

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ СИЛИКАТОВ

Ананьев М.И. – студент гр. ПКМ-01, Новиковский Е.А. – ассистент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из перспективных направлений в науке о полимерах и материаловедении последних лет является получение полимерных материалов, обладающих комплексом улучшенных или новых свойств. К ним относятся новейшие типы функциональных материалов - полимерные наноконпозиты, которые могут быть использованы в самых разнообразных отраслях применения полимерных материалов. Термин «наноконпозит» описывает двухфазный материал, где подходящий наполнитель наноразмеров диспергирован в полимерной матрице. На практике широко распространены материалы, состоящие из неорганических наночастиц - оксидов, нитридов, карбидов, силикатов и т.д. Они входят в состав и наноконпозитов на основе различных глин и полимеров. Несовместимость этих неорганических и органических компонентов – основная проблема, которую приходится преодолевать при создании слоистых наноконпозитов на основе глин.

Эта проблема может быть решена путем модификации глины органическим веществом. Модифицированная глина (органоглина) имеет преимущества над простой глиной:

- Органоглины хорошо диспергируются в полимерной матрице;
- Органоглины взаимодействуют с цепочкой полимера.

Как правило, введение частиц натуральной или синтетической глины преследует цель повышения механических характеристик крупнотоннажных термопластов, поскольку достижение более высоких значений модуля упругости и прочности таких полимеров небольшими добавками достаточно доступных слоистых силикатов представляется весьма привлекательным подходом. В качестве полимерной матрицы наноконпозитов апробированы такие полимеры, как полиамиды, эпоксидные смолы, полипропилен, полиэтилен, смеси полиэтилена с полипропиленом, полиимиды, полиметилметакрилат, поликапролактан, пенополиуретан, эластомеры и другие. При этом необходимо обеспечить равномерное раскрытие слоистых структур и распределение мономера по материалу.

Для создания полимерных наноконпозитов на основе слоистых силикатов используют слоистые природные неорганические структуры, такие как монтмориллонит, гекторит, вермикулит, каолин, сапонит и другие (таблица 1).

Таблица 1 – Структура и химический состав слоистых силикатов

Силикат	Месторасположение изоморфного замещения	Формула
Монтмориллонит	Октаэдр	$M_x[Al_{4-x}Mg_x](Si_8)O_{20}(OH)_4^*$
Гекторит	Октаэдр	$M_x[Mg_{6-x}Li_x](Si_8)O_{20}(OH)_4$
Сапонит	Тетраэдр	$M_x[Mg_6](Si_{8-x}Al_x)O_{20}(OH)_4$

*М – одновалентный катион; X – степень изоморфного замещения (между 0,5 и 1,3)

Наиболее широко в полимерных наноконпозитах в качестве наполнителя применяется силикат – глинистый минерал монтмориллонит (ММТ). Кристаллическая решетка монтмориллонита состоит из тонких элементарных слоев (монослоев) толщиной около 1 нанометра (рисунок 1). В свою очередь эти слои – сложные и состоят из трех субслоев: двух внешних тетраэдрических, построенных из тетраэдров $[SiO_4]$, и одного находящегося между ними внутреннего октаэдрического субслоя $[AlO_6]$.

Элементарные слои, налагаясь друг на друга, образуют слоистые пакеты (параллельные стеки). Регулярные промежутки между слоями, определяемые Ван-дер-ваальсовыми силами, называются межслойным пространством, или галереями.

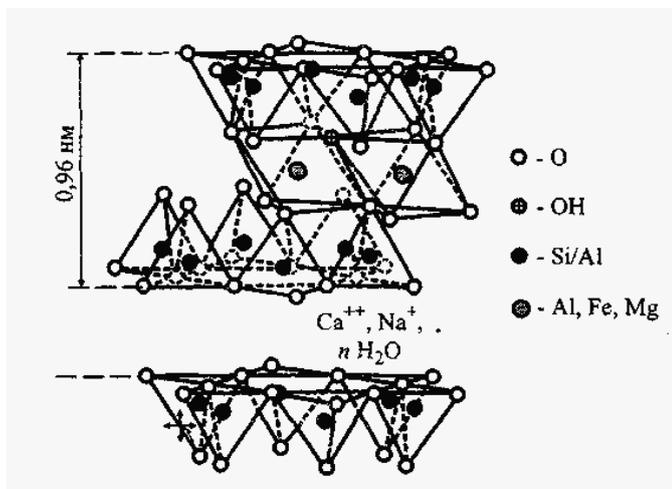


Рисунок 1 – Структура монтмориллонита

Если посмотреть на структуру монтмориллонита, то можно увидеть, что наноразмеры можно уверенно отнести только к межплоскостным расстояниям, тогда как длина и ширина таких слоев может достигать до нескольких микрон.

Процесс формирования нанокompозита протекает через ряд промежуточных стадий (рисунок 2). На первой стадии происходит образование тактоида – полимер окружает агломераты органоглины. Образуется композит с разделенными фазами (рисунок 2.1), свойства которого остаются теми же самыми, что и у традиционных микрокомпозитов. На второй стадии происходят внедрения макромолекул полимера в галереи без нарушения ламинарности пакета, в результате чего элементарные слои в пакете раздвигаются до 2–3 нм. Процесс этот называют интеркалированием, а получаемый материал – интеркалированным нанокompозитом. При этом единичная (а иногда более, чем одна) вытянутая полимерная цепь интеркалируется между слоями силиката, после чего получается упорядоченная многослойная структура, состоящая из чередующихся полимерных и органосиликатных слоев (рисунок 2.2).

Движущими силами интеркаляции являются, во-первых, процесс диффузии, обусловленный разностью концентрации макромолекул в матрице и внутри структуры глины. Во-вторых, освобождение макромолекул из сетки зацеплений, поскольку трудно предположить, что продиффундировавшие в структурные галереи силиката макромолекулы, способны формировать зацепления в столь стесненных условиях. И, наконец, процесс интеркаляции может приводить к выигрышу свободной энергии системы в целом за счет выравнивания состава. При этом следует иметь в виду то обстоятельство, что макромолекулярные конформации в стесненных условиях являются неестественными, потому что межплоскостных размеров может быть недостаточно для реализации, например, конформации гауссова клубка, типичного для гибких макромолекул. Таким образом, в условиях интеркаляции в системе может существовать, как минимум, три конформационных состояния макромолекул: внутри структуры глины, на поверхности твердых частиц и вдали от них. Одно это обстоятельство делает обоснованным тщательное исследование структуры полимер – силикатных нанокompозитов.

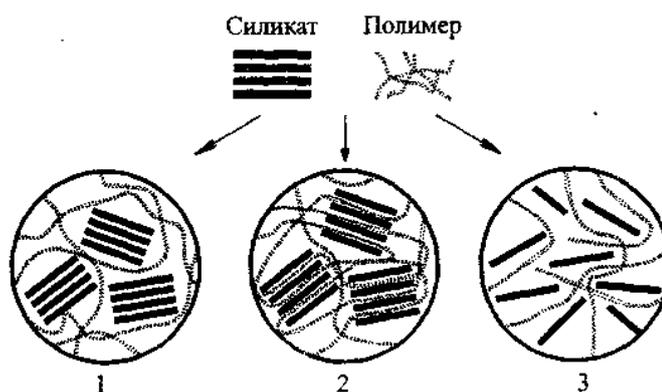


Рисунок 2 – Идеализированные структуры композитов (полимер-слоистый силикат), где 1 – микрокомпозит; 2 – интеркалированный нанокомпозит; 3 – полностью расслоенный (эксфолированный) нанокомпозит

При дальнейшем увеличении расстояния между слоями до 8–10 нм пакеты начинают расслаиваться (третья стадия) и элементарные слои распределяются произвольным или определенным (например, компланарно) образом в полимерной матрице (рисунок 2.3). Такие расслоенные нанокомпозиты называют также эксфолированными, или деляминированными, подчеркивая тем самым, что в них достигнуто полное расшелушивание (дезинтеграция) силикатных пластинчатых пакетов на элементарные слои, которые в истинном смысле являются наночастицами, обладающими колоссальной поверхностной энергией и способностью адсорбировать макромолекулы. Отметим, что в реально получаемых нанокомпозитах могут присутствовать все перечисленные выше структуры, что зависит от способа получения композита и степени распределения органосиликатов в полимерной матрице. Расшелушенная структура является результатом очень хорошей степени распределения нанослоев в объеме полимера.

Таким образом, нанокомпозиты отличаются весьма сложной структурной иерархией. Специфическая структура слоистых силикатов позволяет придавать получаемому композиту такие свойства (и такие сочетания свойств), которые невозможны в случае применения обычных дисперсных наполнителей. Показатели механических свойств полимер – силикатных нанокомпозитов зависят от гораздо большего числа структурных параметров, в том числе на нанодисперсном уровне, по сравнению с традиционно наполненными полимерами. К числу таких параметров относятся следующие: объемная доля наполнителя, соотношение компонентного состава системы, соотношение свойств наполнителя и полимерной матрицы, характеристическое отношение наибольшего линейного размера пластинчатой (дискообразной) частицы наполнителя к ее толщине, ориентация частиц в объеме материала, степень интеркаляции и эксфолиации и ее влияние на эффективные значения объемной доли и характеристического отношения размеров частиц наполнителя и, наконец, огромная (до 700–800 м²/г) удельная поверхность наночастиц и межфазные явления на границе раздела полимер – наполнитель.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ЛОПАТКАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Я.А. Афанасьева – студентка группы ПКМ-81, Е.А. Головина – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Без промышленных вентиляторов не может обойтись ни одно производственное помещение, где вентиляторы необходимы для эффективного охлаждения системы и подачи свежего воздуха. Промышленная вентиляция должна обеспечивать дополнительные требования технологического процесса, сохранения оборудования, материалов или продуктов питания. **Промышленная вентиляция** также выполняет функцию вентиляции и кондиционирования помещений, данные системы фильтруют поступающий воздух, осуществляют его нагрев или охлаждение, выведение вредных паров и газов, а также влаги.

Существуют следующие типы вентиляторов:

- центробежные (радиальные);
- диаметральные (тангенциальные);
- осевые.

Для промышленности характерно применение центробежных вентиляторов с различным направлением вращения лопастей. Центробежные промышленные вентиляторы состоят из электродвигателя, рабочего колеса и корпуса с присоединительными фланцами. Рабочее колесо в свою очередь состоит из сборных лопастей различной формы.

Лопастей вентилятора должны работать при температуре внешней окружающей среды от -40 С до +40 С. В зависимости от агрессивности рабочей среды, лопасти вентилятора производятся из углеродистой или нержавеющей стали. При необходимости, в качестве материалов для их изготовления могут применяться алюминиевые сплавы, которые обеспечивают защиту от взрывов. Защита от коррозии вентиляторов достигается за счет использования титановых сплавов. Нельзя не учитывать, что вентиляторы работают в условия повышенной влажности и в широком диапазоне химически активных сред.

Важнейшими факторами, определяющими выбор материала, из которого выполнены лопасти вентилятора, является удельная прочность и жесткость, аэродинамические характеристики, масса, снижение потребляемой энергии и шума, легкость в обслуживании и т.д. Исходя из этого целесообразно рассмотреть возможность замены традиционной лопасти, выполненной из металла (нержавеющая сталь **12Х18Н10Т**), на стеклопластиковую. Средствами программы SolidWorks производим имитационное нагружение и получаем характер распределения напряженно-деформированного состояния лопасти.

Анализ напряженного состояния и распределения полей деформаций (рисунок 1) показывает, что напряжение в металлическом образце на 15-20 % превышают максимальные напряжения, возникающие в стеклопластике (Рисунок 2). А деформации в 4 раза больше, чем в стеклопластиковой лопасти (рисунок 3,4). Пластиковые лопасти имеют предел прочности по сравнению с металлическими в 2 раза больше. Стеклопластик не подвержен коррозии и инертен к влажности и химически активным средам, в отличие от металлов. Идеально гладкая полированная поверхность стеклопластиковой лопасти обеспечивает ей высокие аэродинамические характеристики, увеличивая тем самым эффективность работы вентилятора, к тому же снижается потребляемая мощность, шум, износ механической части.

Анализ напряженного состояния в лопатках промышленного вентилятора:

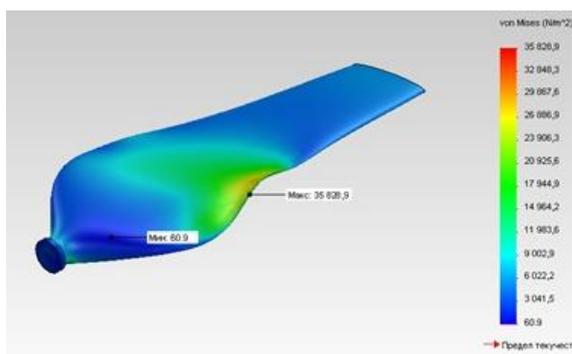


Рисунок 1 – Распределение напряжений лопасти вентилятора, выполненной из нержавеющей стали

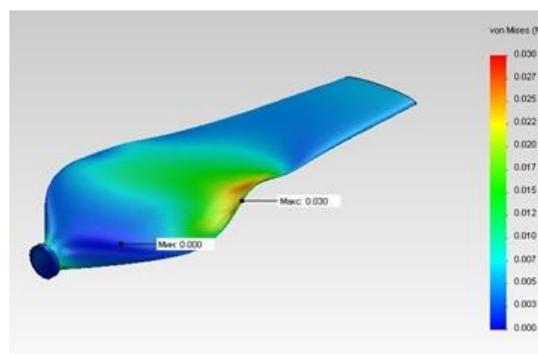


Рисунок 2 – Распределение напряжений лопасти вентилятора, выполненной из стеклопластика

Анализ смещений в лопатках промышленного вентилятора:

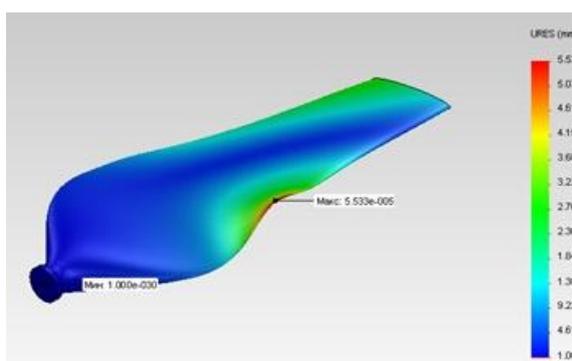


Рисунок 3 – Перемещения в лопасти, выполненной из нержавеющей стали

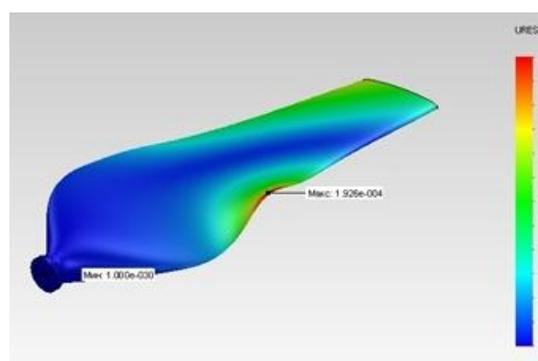


Рисунок 4 – Перемещения лопасти, выполненной из стеклопластика

Таким образом, замена традиционной лопасти на стеклопластиковую будет способствовать повышению срока службы, срок ее службы увеличивается в 4 – 5 раз. Все данные получены в условиях превышающих предельные в 2-3 раза.

Список литературы:

1. http://www.esta-ltd.com.ua/Fan_ru.html
2. <http://ufavent.ru/articles/385/>
3. <http://dinamika-t.ru/files/ventil.html>

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕРВЯЧОГО ВАЛА

Беляев К. С. – студент группы ПКМ-81, Е.А. Головина – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Червяк – это особый винт с трапецеидальной формой профиля резьбы. Изготавливается из прочных материалов. Имеет много разновидностей, но на практике самыми удобными оказываются однозаходные, двухзаходные или четырёхзаходные червяки. Степень заходности зависит от количества индивидуальных каналов резьбы.

Червячное колесо внешним видом похоже на обыкновенное зубчатое колесо, но чаще всего резьба подогнана под форму резьбы сопряжённого с этим колесом червяка. Изготавливаются зубчатые колёса для довольно мощных червячных редукторов чаще всего из двух разных материалов. В качестве материала для зубьев используется высокопрочный антифрикционный металл, а для сердечника подходит любая прочная, но не дорогая сталь или обыкновенный чугун.



Технологический процесс

Типовой технологический процесс изготовления цементируемых и закаливаемых червячных валов состоит из следующих основных операций: центрирование заготовки, предварительная токарная обработка, черновое нарезание витков червяка, чистовая токарная обработка закаливаемых поверхностей с припуском под шлифование, чистовое нарезание витков червяка с припуском под шлифование, зашлифовывание концов витков, цементация, правка центров, снятие слоя цементации с («закаливаемых поверхностей, закалка и отпуск, притирка центров, шлифование наружной поверхности участка нарезки, витков червяка, шеек, полирование витков червяка, проверка на магнитном дефектоскопе. Основными технологическими базами при обработке червяков являются центровые отверстия. Точность обработки посадочных шеек и винтовой нарезки червяка зависит в значительной степени от качества подготовки центровых отверстий



Достоинства и недостатки

Червячная передача в силу своих конструктивных особенностей имеет как достоинства, так и недостатки.

Из достоинств стоит отметить плавность хода, эффект самоторможения, низкий уровень шума, большое передаточное отношение с использованием всего двух деталей.

Из недостатков следует обратить внимание на сравнительно низкий КПД, повышенный износ, заедание, большое тепловыделение вследствие сил трения. Низкий КПД обуславливает применение подобных механизмов при передаче относительно небольших мощностей до 100 кВт. Для предотвращения скорого износа и заедания необходимо соблюдать требования к точности сборки и регулировать механизмы. Высокое тепловыделение требует специальных установок для отвода лишнего тепла

Червяки обрабатывают на токарных, фрезерных, кругло- и резьбошлифовальных станках. Венцы червячных колес изготавливают из оловянистой бронзы и оловянисто-никелевой бронзы. При небольших скоростях скольжения профилей менее 2 м/сек и отсутствии особых требований червячные колеса можно изготавливать из чугуна марок СЧ 21-40, СЧ 24-44, СЧ 28-48 и др

Типовой технологический процесс изготовления цементируемых и закаливаемых червячных валов состоит из следующих основных операций: центрирование заготовки, предварительная токарная обработка, черновое нарезание витков червяка, чистовая токарная обработка закаливаемых поверхностей с припуском под шлифование, чистовое нарезание витков червяка с припуском под шлифование, запиливание концов витков, цементация, правка центров, снятие слоя цементации с («закаливаемых поверхностей, закалка и отпуск, притирка центров, шлифование наружной поверхности участка нарезки, витков червяка, шеек, полирование витков червяка, проверка на магнитном дефектоскопе. Основными технологическими базами при обработке червяков являются центровые отверстия. Точность обработки посадочных шеек и винтовой нарезки червяка зависит в значительной степени от качества подготовки центровых отверстий.

Сравнительная характеристика

	Легированная сталь	Акрил высокой ударопрочности
Модуль упругости	2.1e+011 N/m ²	2.4e+009
Коэффициент Пуассона	0.28 NA	0.35
Массовая плотность	7700 kg/m ³	1200
Предел текучести	6.2042e+008 N/m ²	2.0681e+008

ТРОСТЬ ДЛЯ ХОДЬБЫ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Боженев С. А. – студент ПКМ – 81, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Композиционные материалы в наше время получили широкое применение. Они используются практически везде от изделий военной и космической промышленности до предметов домашнего обихода.

Объектом исследования в моей работе является трость для ходьбы, представленная на рисунке 1.

Трость – это ортопедический инструмент для создания дополнительной опоры при ходьбе. Трость имеет долгую историю. Изначально функцию опоры выполняла палка, затем – посох. Слово «трость» появилось примерно в 16 веке. Кроме медицинской функции, трость также выполняет декоративную функцию аксессуара, дополняющего образ человека. Трость состоит из следующих элементов: ствола (шафта), ручки (или набалдашника), наколенника. Опора на трость позволяет уменьшить нагрузку на ногу до 20% от веса тела.

Рисунок 1 – Трость для ходьбы



В основном трость изготавливают из дерева, пластмассы, алюминия. Я построил и проанализировал модель трости из стекловолокна и сравнил с моделью из алюминия, т.к. в сравнении с другими, изготовленными из традиционных материалов, алюминиевая трость более прочна.

Стеклопластики – достаточно дешевые материалы, их широко используют в строительстве, судостроении, радиоэлектронике, производстве бытовых предметов и спортивного инвентаря.

Стеклопластик обладает низкой теплопроводностью, прочностью стали, долговечностью, биологической и химической стойкостью, является прекрасным диэлектриком, не подвержен гниению.

Ствол трости возможно изготавливать намоткой. Также возможно использование декоративной намотки для подчеркивания индивидуальности изделия, повышения привлекательности для потребителя.

Модель трости полая внутри с толщиной стенки 2 мм, высотой 800 мм, внешним диаметром 25 мм. Я построил и приложил нагрузку к стволу трости. Трости из традиционных материалов в основном выдерживают нагрузку до 100 кг поэтому я прикладывал нагрузку в 1000 Н.

Для оценки характеристик изделия я спроектировал модель ствола трости с помощью программы SolidWorks 2008. Модель представлена на рисунке 2, рисунке 3.

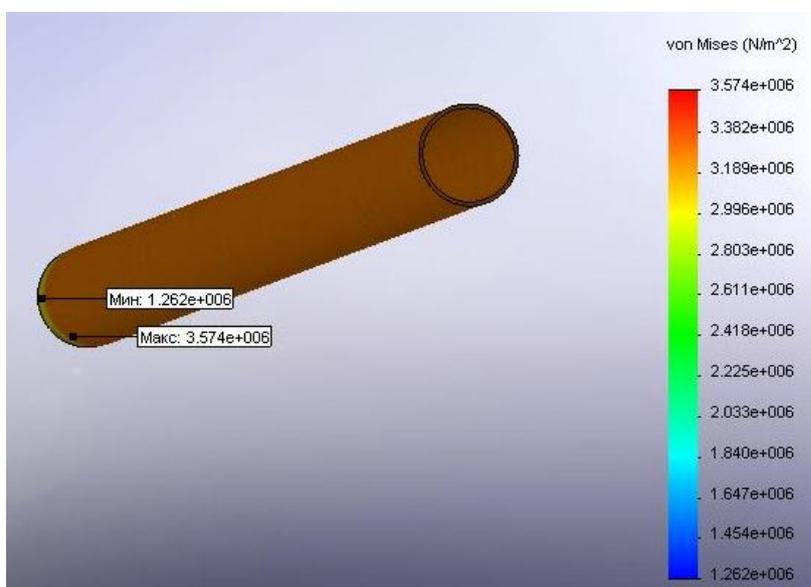


Рисунок 2 – Напряжение модели

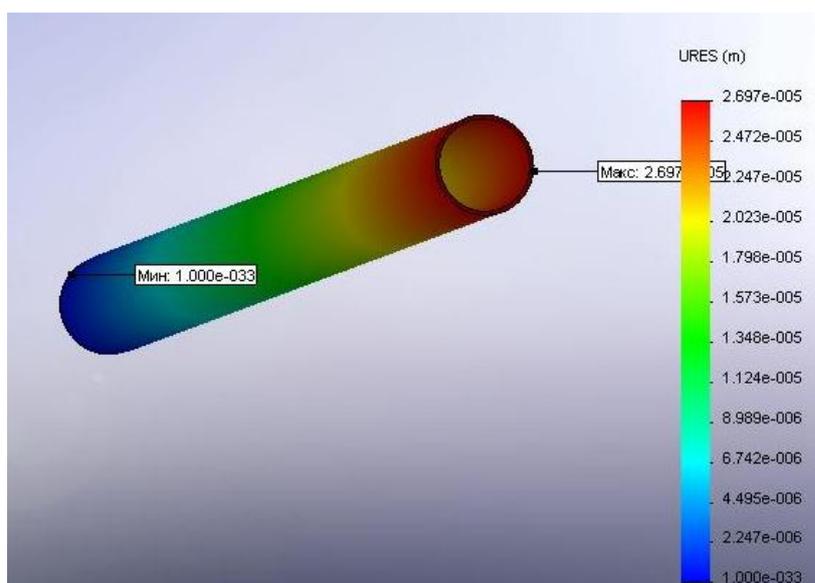


Рисунок 2 – Перемещение

Полученные результаты расчета я вывел в таблице 1 в виде сравнительной характеристики ствола трости из алюминия и стеклопластика.

Таблица 1 – Характеристики материалов

Материал	Масса, гр	Максимальное напряжение, Н/мм ²	Максимальное перемещение, мм	Модуль упругости, Н/мм ²	Массовая плотность, кг/м ³
Алюминий (сплав 7079)	650	3,61	0,036	72000	2700
Стекловолокно	610	3,57	0,027	97000	2540

Анализ алюминиевой и стеклопластиковой моделей показал, что масса стеклопластиковой модели меньше, чем алюминиевой. Напряжения и перемещения в стеклопластиковой модели меньше, чем в алюминиевой.

Таким образом максимальное перемещение в модели из стекловолокна на 25% меньше, чем в модели из алюминия, а масса меньше на 7%. Использование стекловолокна сделает трость высокопрочной, уменьшит ее массу. Кроме того есть возможность уменьшить толщину стенки изделия из стеклопластика, что позволит уменьшить массу на 15 – 20 %. Стеклопластик более прост в использовании, не подвержена коррозии и растрескиванию, менее привередлива при уходе за ней.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕССОРЫ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В КОНСТРУКЦИИ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММЫ "SolidWorks"

Герман М. В. – студентка гр. ПКМ-81, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
 Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Рессора – незаменимый элемент подвески (системы поддресоривания) практически любого автомобиля, играющий роль соединительного звена между кузовом и дорогой. В некоторых подвесках рессора выполняет сразу несколько функций. К примеру, многорыбовая

рессора в классической рессорной подвеске заднего моста является упругим элементом, т.к. одновременно воспринимает и передаёт на несущую систему нормальные, направленные по вертикали силы, возникающие при взаимодействии колёс с дорогой. Кроме этого, рессора обеспечивает требуемый характер перемещения колёс и их связь между собой и с несущей системой, передает продольные и боковые силы и их моменты (является направляющим элементом), а также за счет межлистового трения выступает в качестве несовершенного фрикционного амортизатора, обеспечивающего гашение колебаний несущей системы, а, следовательно, необходимую плавность хода.

В процессе эксплуатации рессора испытывает многократные знакопеременные нагрузки, после снятия которых, она должна полностью восстанавливать свои первоначальные размеры. В связи с такими условиями работы, материал, применяемый для изготовления рессор, должен обладать, кроме необходимой прочности в условиях статического, динамического или циклического нагружения, достаточно хорошей пластичностью, высокими пределами упругости и выносливости и высокой релаксационной стойкостью, а при работе в агрессивных средах должен быть также и коррозионностойким. Традиционно для изготовления автомобильных рессор применяют легированные рессорно-пружинные стали марок 60С2(А), 50ХГ(А), 50ХФА, 50ХГФА.

При изготовлении листовых рессор из легированных сталей, жесткость одной пластины с определенной толщиной, выдерживающей определенную нагрузку, оказывается очень высокой, поэтому до настоящего времени используют рессоры, состоящие из нескольких пластин (в легковых автомобилях – из 2-4 пластин, а в грузовых автомобилях – из 10 и более), а это в свою очередь, ведет к повышению массы конструкции подвески и автомобиля в целом. Исходя из вышесказанного, целесообразно рассмотреть возможность замены традиционных рессор из стали на рессоры из композиционного материала. Наиболее перспективным материалом при изготовлении элементов подвески, в частности рессор, является стеклопластик.

В таком материале стеклянные волокна воспринимают основную долю приходящейся на материал нагрузки, обеспечивая при этом его прочность и жесткость. Полимерная матрица, в свою очередь, обеспечивает передачу напряжений между волокнами и включение их в работу, защищает стеклянные волокна от воздействия внешней среды.

Отличительной особенностью стеклопластика является уникальное сочетание технически необходимых свойств – высокой прочности и демпфирующей способности, коррозионной и химической стойкости, низкой теплопроводности и плотности.

Листовые рессоры из стеклопластика, изготовленные методом горячего прессования позволяют существенно снизить массу конструкции (тем самым снизить расход горючего); повысить значения прочности и жесткости по сравнению с традиционными материалами; снизить вероятность возникновения опасных повреждений.

С помощью программы "SolidWorks" был проведен анализ напряженно-деформированного состояния рессор из традиционного материала (легированная сталь марки 60С2(А),) и из стеклопластика (рисунок 1–4):

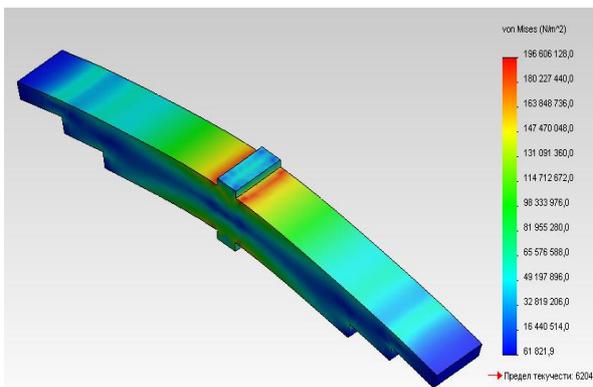


Рисунок 1 – Распределение напряжений в рессоре, выполненной из легированной стали

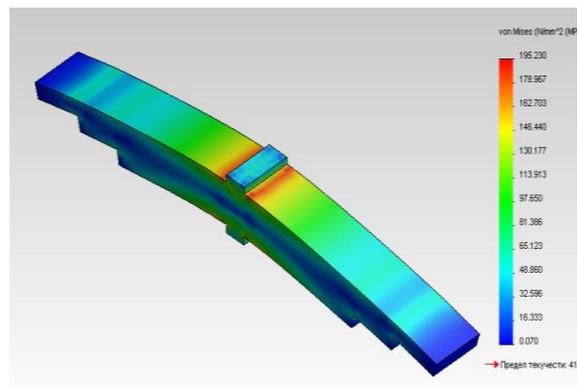


Рисунок 2 – Распределение напряжений в рессоре, выполненной из стеклопластика

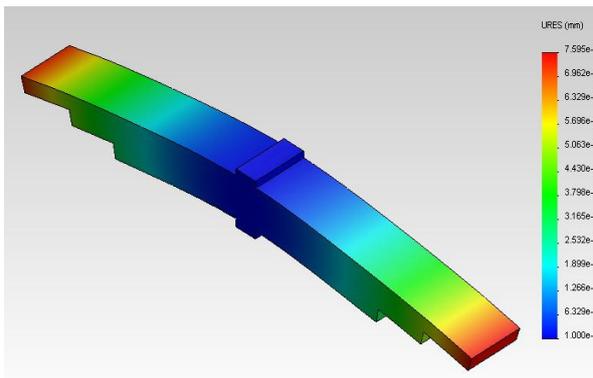


Рисунок 3 – Перемещения в рессоре, выполненной из легированной стали

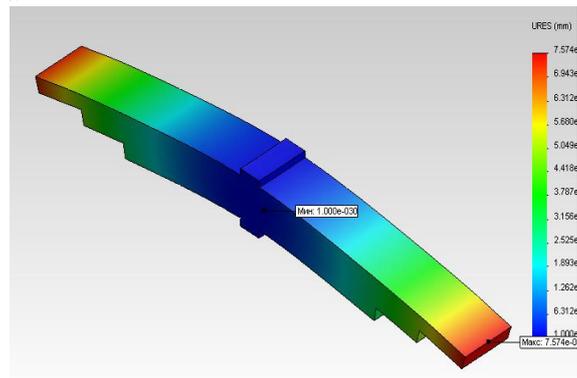


Рисунок 4 – Перемещения в рессоре, выполненной из стеклопластика

Анализ напряженного состояния и распределения полей деформации рессор из стали и стеклопластика показал эффективность замены традиционного материала на композиционный:

- применение стеклопластика позволило снизить напряжения в рессоре на 2%;
- снизились деформации в рессоре;
- рессора из ПКМ снижает массу упругого элемента в 3–5 раз;

Кроме этого:

- повышается долговечность рессоры;
- улучшаются показатели плавности движения;
- снижается шум;
- стеклопластик не подвержен коррозии и инертен к влажности и химически активным средам, в отличие от металлов.
- так как рассеивание энергии колебаний в такой подвеске происходит за счет внутреннего трения в стеклопластике, то можно отказаться от использования амортизатора.

При замене стальной многолистовой рессоры на рессору из ПКМ уменьшается масса неподрессоренных частей автомобиля, уменьшается динамическая нагруженность подвески, что обеспечивает хорошую опорную проходимость.

Таким образом, применение композитов в подвеске легкового автомобиля позволяет значительно снизить массу и уменьшить сопротивление движению, а, следовательно, и энергозатраты на передвижение (снижается расход горючего).

ПРЕПРЕГОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАНЕЛЕЙ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Герман М. В. – студентка группы ПКМ-81, Головина Е.А.– к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Технологический процесс изготовления сотовых конструкций с обшивками из композиционных материалов оказывает определяющее влияние на трудоемкость изготовления оснастки и конструкции, на весовую и прочностную эффективность зоны соединения, и, что очень важно, на область применения сотовых конструкций и на их качество.

Метод растягивания пакетов

Этот метод позволяет механизировать все операции процесса, что обеспечивает стабильность качества и снижение стоимости сотовых панелей. Стеклоткань Т10-80, подаваемая в станок, перематывается из рулона на металлическую пластину. По пути движения ткань проходит через батарею клеенаносящих роликов. Расстояние между смежными роликами определяет размер ячейки. После каждого оборота пластины с наматываемой на нее тканью батарея роликов смещается вдоль ширины ткани на расстояние полушага сот. Таким путем достигают чередование на ткани клеевых полос (рисунок 1). Слои ткани склеиваются между собой по клеевым полосам (обычно под давлением с нагревом).

Склеенные между собой в шахматном порядке 2, 4, 6 или 8 слоев ткани нарезаются на узкие полоски, которые склеиваются между собой в бесконечную ленту.

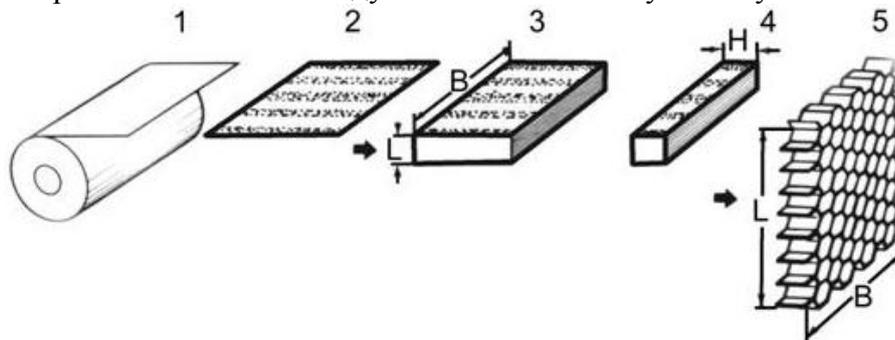


Рисунок 1 – Технологическая схема изготовления сотового наполнителя, где: 1 – ткань; 2 – отрезанный лист ткани с нанесенными клеевыми полосами; 3 – сотовый пакет; 4 – сотовая долька; 5 – сотовая долька в растянутом виде

Метод вакуумного формования

Вакуумное формование применяют для изготовления изделий с различными габаритными размерами

Приложенное внешнее давление, воздействуя на материал заготовки через эластичную диафрагму, должно выполнить следующие функции:

- 1 уплотнить последовательные слои армирующего материала, выложенные на форме;
- 2 обеспечить качественную глубокую пропитку волокна связующим;
- 3 выдавить из пустот летучие побочные продукты реакции и пузырьки воздуха;
- 4 выдавить избыток смолы из слоев материала.

Поэтому в качестве матрицы выбирают связующие холодного или горячего отверждения, при полимеризации не выделяющие побочных газообразных продуктов, которые могут создать в материале значительно большее противодавление, чем давление формования, и вызывать тем самым расслоение материала детали.

Вследствие невысокого давления формования существенно ограничивается выбор армирующих материалов.

В основном это стекловолокнистые материалы, так как их плотность и прочность сравнительно мало зависят от давления прессования. Тем не менее возможно применение любых волокнистых материалов.

Выбор материала для формы обусловлен объемом производства изделий, габаритами и формой изделия, тепловыми характеристиками материала формы.

Перед использованием формы покрывают антиадгезионным покрытием. В качестве антиадгезионных смазок, как и при контактном формовании, используют пастообразный парафин (до температуры 121 °С)

Хорошим разделителем является политетрафторэтилен (тефлон). Частички тефлона, перешедшие в композит, легко удаляются с его поверхности растворителем.

Для создания пониженного давления под формируемым материалом предусмотрена система выпускных отверстий. Применение препрегов при формовании заготовок позволяет отверждать изделие под вакуумом без системы выпускных отверстий, что значительно снижает сложность и стоимость форм.

1 Подготовка армирующих наполнителей. Проверить наличие упаковочного ярлыка на рулоне ткани, ленты, подлежащей пропитке;

2 Изготовление препрегов на основе тканевых наполнителей производить на пропиточной установке типа УПСТ–1000М. Концентрация раствора связующего для пропитки армирующих наполнителей на установке типа УПСТ–1000М должна составлять 55–60%. Подготовку установки УПСТ–1000М к работе и управление ею в процессе изготовления препрегов выполнять согласно требованиям «Руководство по эксплуатации», прилагаемого к установке.

На рисунке 2 представлена схема основных узлов с заправкой ткани по тканепроводу. Перед началом пропитки проверить работоспособность вентиляции, узлов установки и чистоту всех валков на пути прохождения пропитанной ткани. Установить рулоны пропитываемой ткани и разделительной пленки в разматывающие устройства. Протянуть заправочное полотно по тканепроводу установки и соединить пропитываемую ткань с заправочным полотном полиэтиленовой пленкой при помощи механизма соединения. Сварку ткани с заправочным полотном производить строго по линии точной нити, которая должна быть параллельна оси валков. Края заправочного полотна и пропитываемой ткани должны быть соединены без перекаса относительно друг друга. Ширина нахлеста тканей по стыку 100–200 мм. Температура нагревательного устройства механизма соединения ткани 180–200 °С.

Установить на контрольно-регулирующих приборах установки температуру в камере сушки ткани и камерах подсушки препрега по зонам, скорость протягивания ткани и величину натяжения согласно требованиям, представленных в таблице 1. Установить зазор между валками отжимного устройства «в касание». Включить вентиляцию и обогрев сушильных камер.

Включить механизм протягивания ткани и установить скорость движения пропитываемого наполнителя в соответствии с таблицей 1. Протянуть ткань по тканепроводу установки до выхода ее за пропиточную ванну не более чем на 0,5 м. При достижении требуемой температуры по зонам сушильной камеры залить в ванну раствор связующего требуемой концентрации.

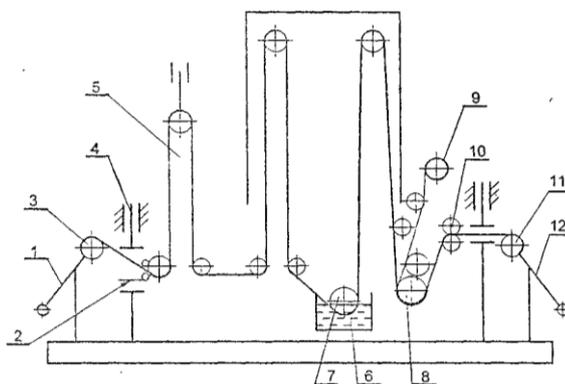


Рисунок 2 – Схема изготовления препрега на установке УПСТ – 1000М, где 1 – разматывающее устройство; 2 – зажимное устройство; 3 – рулон сухой ткани; 4 – механизм соединения ткани; 5 – накопитель; 6 – пропиточный ролик; 7 – пропиточная ванна; 8 – валки тянущие; 9 – разделительная пленка; 10 – валки подающие; 11 – рулон препрега; 12 – приемное устройство

Таблица 1 – Параметры пропитки стеклоткани эпоксидным связующим ЭДТ–69 Н

Марка наполнителя	Температура по зонам, °С				Скорость протягивания ткани, м/мин	Натяжение, Н/м
	Подсушки наполнителя	I	I	III		
T–10-80	110–120	6 5±5	7 5±5	85 ±5	0,8–1,2	350– 400
T–15	110–120	6 5±5	7 5±5	85 ±5	1,0–1,4	350– 400

Установить ванну, заполненную связующим на 2/3 высоты пропиточного вала, в рабочее положение.

В процессе пропитки поддерживать установленный уровень связующего. Включить механизм протягивания. При подходе препрега к приемному устройству заправочное полотно отрезать, соединить препрег с разделительной пленкой и заправить на приемную бобину. При пропитке второго и последующих рулонов ткани произвести соединение его с пропитываемым рулоном при помощи полиэтиленовой пленки и пропитать, соблюдая требования, с обеспечением параметров.

В процессе изготовления препрега контролировать:

- 1 температуру в камерах сушки – по приборам на пульте управления установки и по записи на диаграмме;
- 2 скорость протягивания ткани – по приборам на пульте управления установки;
- 3 уровень связующего в пропиточной ванне – по уровнемеру;
- 4 метраж пропитанной ткани – по счетчику;
- 5 величину натяжения ткани – по приборам на пульте управления;
- 6 суммарный относительный привес связующего – по экспресс-методу.

СТАЛАГМОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Еланцев Е.В. – студент гр. ПКМ-01, Ананьева Е.С. – доцент, к.т.н

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В полимерных композиционных материалах поверхностное натяжение обуславливает хорошее адгезионное взаимодействие между наполнителем и связующим. Его можно измерить сталагмометрическим методом. Это метод расчета поверхностного натяжения, при котором определяют число капель n_0 и n , которые образуют соответственно стандартная жидкость (обычно дистиллированная вода) и исследуемая жидкость (ПАВ).

Сталагмометрическая установка изображена схематически на рисунке 1. Измерения проводят следующим образом: перекрыв кран 1, при открытом кране 2, слегка сжимают резиновую грушу 3, после чего кран 2 закрывают. Приподняв кювету (стаканчик) 4, погружают кончик сталагмометра в исследуемую жидкость (кювета должна быть заполнена на ~ 3/4 объема). Слегка приоткрыв кран 1, медленно засасывают жидкость в сталагмометр. Как только мениск пересечет верхнюю метку, немедленно закрывают кран, но не опускают кювету. Необходимо выждать некоторое время, пока не прекратится повышение уровня жидкости в сталагмометре, иначе в него попадет воздух. Когда мениск остановится, кювету опус-

кают на столик. Жидкость начинает медленно по каплям вытекать из сталагмометра. Прибор сообщается с атмосферой через тончайший капилляр 5, благодаря чему достигается достаточно малая скорость образования капель (одна капля за ~ 10...15 с). Как только мениск достигает верхней метки, начинают счет капель, при достижении нижней метки – заканчивают.

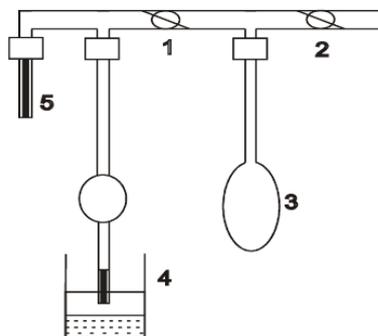


Рисунок 1 – Установка для оценки поверхностного натяжения жидкостей

Поверхностное натяжение измеряют по формуле: —. В данном эксперименте отношение плотностей веществ берется равно 1, так как используют растворы веществ.

В качестве исследуемых веществ используются ПАВ – это такие вещества, которые способны адсорбироваться на поверхности, снижая поверхностное натяжение. В ПКМ они вводятся на поверхность наполнителя для увеличения ее активности. Чем активнее поверхность, тем лучше адгезионное взаимодействие между наполнителем и связующим. К ПАВ относятся вещества с функциональными группами: и т.п. или чаще используют их соли:

Рассмотрим два вещества – уксусную кислоту и этанол, по химическому строению их можно отнести к ПАВ. В ходе проведения эксперимента, были получены данные представленные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Для уксусной кислоты

№	Концентрация С, моль/л	Число капель, n				Поверхностное натяжение, Н/м	G
		70	67	72	69		
1	2	70	67	72	69	51	1 .8
2	3	94	96	90	93	39	
3	4	10	10	10	106	33,5	
4	6	11	11	12	116	30,5	
5	7	13	13	12	131	28	
n ₀ = 50		8	5	7			

Таблица 2 – Для этанола

№	С, моль/л	n				H/м	G
		170	175	168	171		
1	8.6	170	175	168	171	21	

2	6.2	140	135	142	139	25	2,4
3	4.8	124	126	122	124	29	
4	4.3	108	109	106	107	33,7	
5	3.6	92	96	93	93	38	

Примечание: где σ – поверхностное натяжение, G – поверхностная активность, n – число капель и C – молярная концентрация.

Строим графики в координатах:

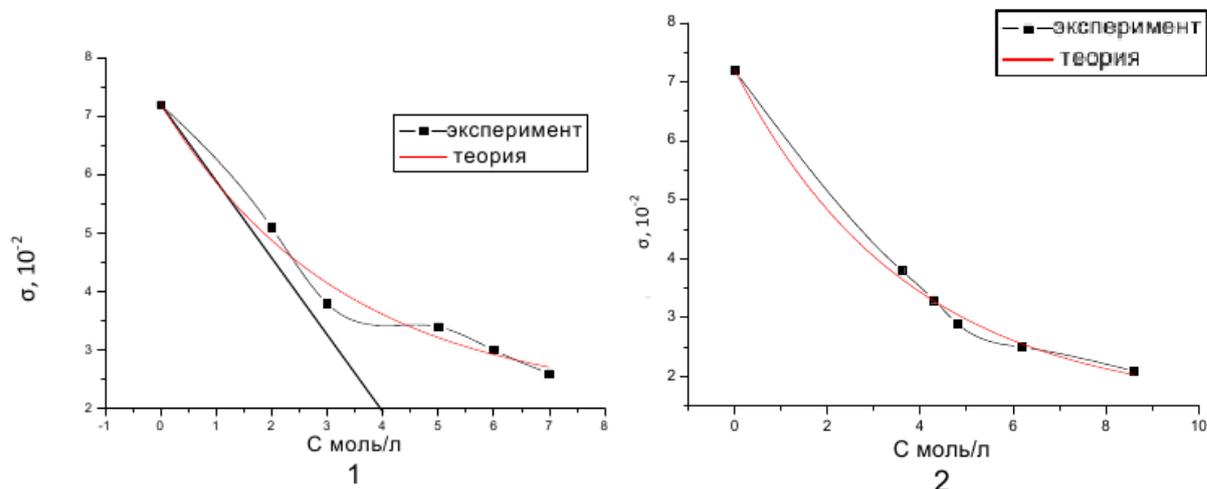


Рисунок 2 – Графики зависимости поверхностного натяжения от концентрации веществ, где 1 – уксусная кислота; 2 – этанол.

По тангенсу угла наклона касательной определяем поверхностную активность:

—

Таким образом, по результатам эксперимента можно сделать следующие выводы о том, что поверхностное натяжение зависит от концентрации вещества в растворе, и его химической структуры при постоянной температуре.

При увеличении концентрации ПАВ поверхностное натяжение уменьшается. Это связано с тем, что чем больше концентрация в растворе, тем больше функциональных групп, которые отвечают за активность ПАВ. Из опыта мы видим, что уксусная кислота менее активна, чем этанол. Потому что карбоксильная группа слабее гидроксильной группы. Карбоксил имеет более сложную структуру группы оказывают взаимное влияние друг на друга. Электронная плотность смещается к карбоксильному кислороду (из-за сильной его электроотрицательности) и вызывает дополнительную поляризацию. Гидроксильный радикал – это высокорекреационный радикал. Атом кислорода обуславливает поляризацию молекулы спиртов, σ – связи обуславливают более устойчивое строение, а относительная подвижность атома водорода дает хорошую реакционную способность.

Таким образом, сталагмометрический метод позволяет оценить активности исследуемых веществ, выявить зависимости поверхностного натяжения от концентрации, температуры и структуры веществ.

УГЛЕПЛАСТИКИ КОМБИНИРОВАННОГО НАПОЛНЕНИЯ: РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ КМ

Зенков П.Ю. – студент гр. ПКМ-91, Ананьев М.И. – студент гр. ПКМ-01,
Новиковский Е.А. – ассистент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Термореактивные матрицы наиболее часто используются при изготовлении полимерных композиционных материалов. Они обладают рядом достоинств: высокой технологичностью,

доступностью, хорошими прочностными характеристиками. Главным недостатком терморективных связующих является невысокая трещиностойкость и ударная вязкость.

Одним из возможных способов борьбы с данными недостатками является модификация материала ультрадисперсными частицами (УДЧ). Такие частицы способны упорядочивать структуру полимера, «залечивать» дефекты, и они, в отличие от более крупных частиц, не являются концентраторами напряжений [1-3]. Высокая удельная поверхность (до $600\text{ м}^2/\text{г}$) и свободная поверхностная энергия (до 2952 кДж/кг) [4] УДЧ приводит к их активному взаимодействию с компонентами матрицы, а также к образованию более или менее крупных агрегатов. Но в то же время образование слишком крупных агрегатов нежелательно. Так, например, агрегация исходных частиц наполнителя приводит к снижению ударной вязкости, росту коэффициента концентрации напряжений [5] в композите.

Понизить степень агрегации можно несколькими способами: модифицировать поверхность УДЧ, оптимизировать технологию совмещения компонентов, подобрать наилучший температурно-временной режим отверждения. Цель данной работы состоит в изучении влияния различных факторов на стадиях совмещения УДЧ с компонентами связующего и отверждения изделия на свойства получаемого материала.

Для достижения максимального положительного эффекта модификации необходимо, прежде всего, обеспечить равномерное распределение частиц в полимерной матрице и разбить образовавшиеся при совмещении компонентов агрегаты частиц. В качестве метода диспергирования частиц было предложено использовать ультразвуковое воздействие (УЗВ) на композицию. На рисунке 1 представлена экспериментально полученная зависимость ударной вязкости от мощности ультразвука.

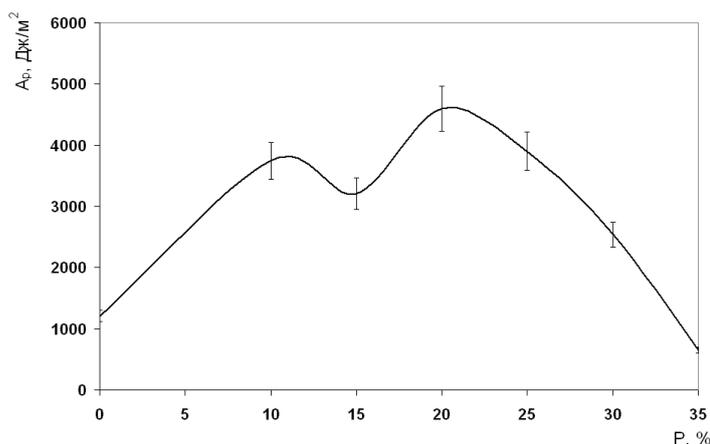


Рисунок 1 – Зависимость ударной вязкости (ЭД-22 + изо-МТГФА + алмаз) от относительной мощности ультразвука

Из графика хорошо видно, что при воздействии ультразвука на композицию необходимо учитывать два противоборствующих фактора: с одной стороны рост мощности ультразвука позволяет более эффективно разбивать агрегаты частиц и равномерно распределять частицы в объеме, что благотворно сказывается на характеристиках материала; с другой стороны сильное УЗВ способно отрицательно влиять на структуру полимерной матрицы. Стоит также отметить, что в ходе исследований была замечена следующая закономерность: ультразвук хорошо разбивает агрегаты, образовавшиеся в процессе совмещения компонентов связующего, но малоэффективен в борьбе с некоторыми агрегатами, содержащимися в исходном порошке. Поэтому крупные агрегаты в порошке необходимо отсеивать.

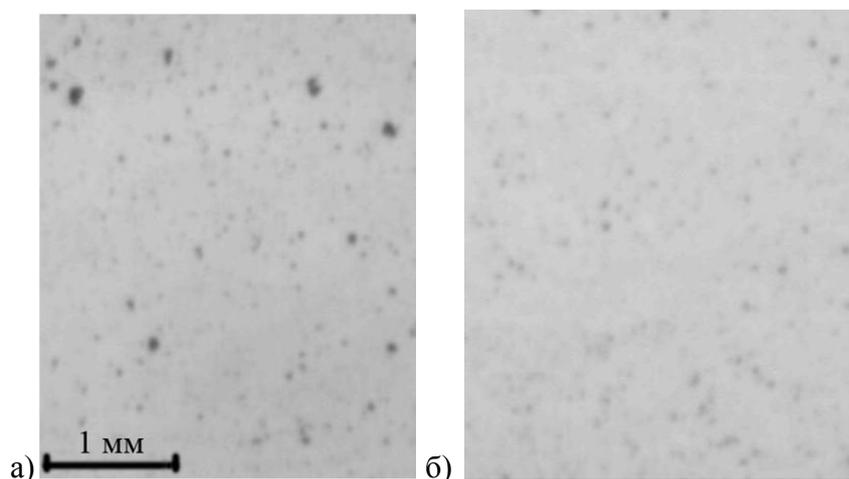


Рисунок 2 – распределение УДЧ в отвержденном материале: а – УДЧ были введены в смолу; б – в отвердитель.

Выбор компонента, в который следует добавлять нанопорошок, также имеет определенное значение. Если рассматривать эпоксидную композицию состава ЭД-22 + изо-МТГФА, то можно составить следующий ряд, в котором вязкость возрастает: изо-МТГФА → композиция → ЭД-22. То есть в данном случае отвердитель обладает наименьшей вязкостью и, следовательно, в такой среде препятствия для дисагрегации частиц должны быть минимальны. Кроме того, крупные агрегаты УДЧ в среде с невысокой вязкостью склонны к быстрому осаждению, что можно использовать для их естественного отсева. Следовательно, внесение частиц в отвердитель (а не в смолу или готовую композицию) представляется наиболее выгодным для достижения равномерного распределения УДЧ. Данное заключение подтверждается рисунком 2. Хорошо заметно, что введение частиц в смолу сопровождается образованием более крупных агрегатов, чем при введении в отвердитель.

Таблица 1 – Характеристики микрообразцов (ЭД-22 + изо-МТГФА + алмаз), отвержденных различными режимами

№ режима	1	2	3
A_p , кДж/м ²	2,7	4,2	4,6
σ_p^+ , МПа	64	52	70
Степень отверждения, %	95	70	95

Отверждение терморезактивных полимеров обычно осуществляется ступенчато, с выдержкой на заданных температурах. Необходимо заметить, что вязкость полимеров резко падает с ростом температуры выше определенного значения. Регулируя количество ступеней, температуру на них и время выдержки, можно влиять на степень агрегации и, соответственно, механические характеристики получаемого материала.

Рассмотрим и сравним 3 варианта режимов отверждения:

- 1) режим с медленным ступенчатым ростом температуры;
- 2) режим с резким нагревом, выдержкой на максимальной температуре и быстрым охлаждением.
- 3) режим с достаточно быстрым нагревом и медленным, с выдержкой на определенных температурах, охлаждением.

Хорошо видно, что образцы, отвержденные по первому режиму обладают низкими значениями ударной вязкости. Это может быть обусловлено следующим. При режиме 1 время выдержки композиции в вязкотекучем состоянии до отверждения максимально, следовательно, возможно образование наиболее крупных агрегатов УДЧ, что негативно сказывается на трещиностойкости и ударной прочности материала.

В режиме 2 сделана попытка максимально ускорить процесс отверждения, что не дало однозначно положительный результат. Хотя значение ударной вязкости существенно возросло, прочность и степень отверждения снизились. То есть, данный режим, обеспечивая максимально быструю фиксацию частиц в пространстве, не дает материалу возможности полностью отвердиться.

Режим 3 представляет собой компромисс между двумя первыми режимами. Достаточно быстрое отверждение не дает образоваться достаточно крупным агрегатам, а последующее длительное ступенчатое охлаждение позволяет снять остаточные напряжения. В целом третий режим обеспечивает получение наиболее оптимальных характеристик материала, модифицированного УДЧ.

Таким образом, в настоящей работе предложены способы снижения агрегации частиц при изготовлении полимерного материала, модифицированного УДЧ, проанализировано влияние технологии совмещения и режима отверждения на свойства получаемого материала. Результаты исследований доказали эффективность предложенных режимов и методов.

Список литературы:

1. Ленг Ф.Ф. Разрушение композитов с дисперсными частицами в хрупкой матрице // Кн. Композиционные материалы. Т. 5. Разрушение и усталость. – М., 1978. – с. 11 – 57.
2. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. – М.: Химия, 1991. – 356 с.
3. Физика полимеров. Г.М. Бартнев, С.Я. Френкель / Под ред. А.М. Ельяшевича. – Л.: Химия, 1990. – 432 с.
4. Верещагин А. Л. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза.– Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2001. – 177 с.
5. Козлов Г.В., Яновский Ю.Г., Липатов Ю.С. Фрактальный анализ агрегации частиц наполнителя в полимерных материалах // Механика композитных материалов и конструкций. – 2003. т.8, №1. – с.144-157.

АНАЛИЗ НДС ЭЛЕМЕНТОВ КАРДАННОГО ВАЛА ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА

Коноплева С. В. - студентка группы ПКМ-81, Головина Е.А.– к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Карданный вал – атрибут практически любого задне- и полноприводного автомобиля. Он входит в число незаменимых узлов трансмиссии, без которых автомобиль просто не поедет. Главная задача карданного вала – передать крутящий момент от одного агрегата к другому, оси валов которых между собой могут не только не совпадать, но и работать при постоянно изменяющихся межосевых расстояниях и к тому же в разных вертикальных и горизонтальных плоскостях.

Кардан состоит из вала, скользящей вилки, двух крестовин (шарниров), двух фланец-вилок, уплотнений и, конечно же, деталей крепления (специальных болтов). Вал изготавливается из сварной или бесшовной трубы. С одной стороны к нему приваривается неподвижная вилка шарнира, а с другой – шлицевая втулка, на которую посажена подвижная скользящая вилка с шарниром. Шлицевое соединение кардана обеспечивает изменение его рабочей длины при работе подвески.

К карданным передачам предъявляют следующие основные требования:

- передача крутящего момента без создания дополнительных нагрузок в трансмиссии (изгибающих, скручивающих, вибрационных, осевых);
- возможность передачи крутящего момента с обеспечением равенства угловых скоростей ведущего и ведомого валов независимо от угла между соединяемыми валами;
- высокий КПД;
- бесшумность;

- общие требования, предъявляемые к составным частям трансмиссии – надежная передача крутящего момента, минимальный момент инерции, хороший отвод теплоты от поверхностей трения.

Исходя из этого, будет целесообразно рассмотреть возможность замены традиционных элементов карданной передачи на углепластиковые.

При использовании углепластиков для изготовления приводных (карданных) валов ожидается:

- 1) снижение их массы на;
- 2) увеличение критической скорости вращения;
- 3) увеличение длины приводного вала (возможность изготавливать не двухступенчатые, а одноступенчатые валы);
- 4) повышение вибрационных и снижение шумовых характеристик валов;
- 5) повышение их коррозионной стойкости.

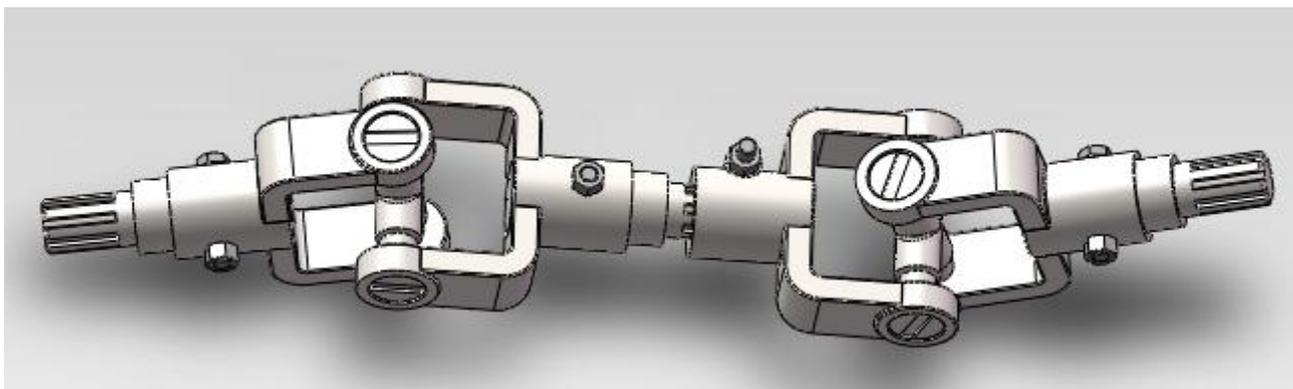


Рисунок 1 – Карданный вал

Проведём анализ напряженно-деформированного состояния элементов кардана при замене традиционного материала на углепластик.

С помощью программы "SolidWorks" мы сравнили следующие элементы из конструкционной углеродистой стали Сталь20 и из углепластика:

Распределение напряжений вала:

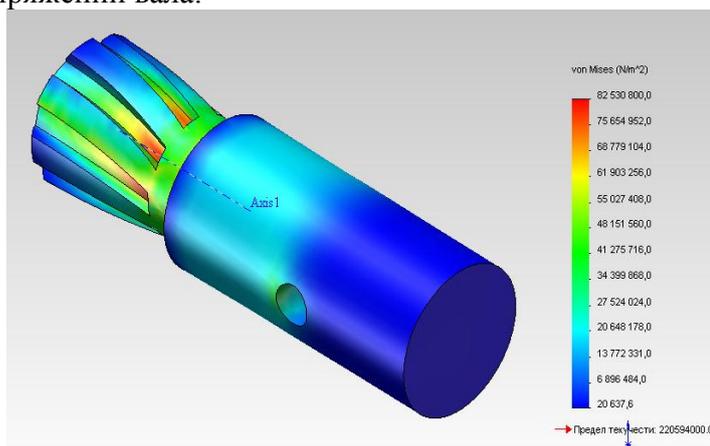


Рисунок 2 – Распределение напряжений вала из материала Сталь 20

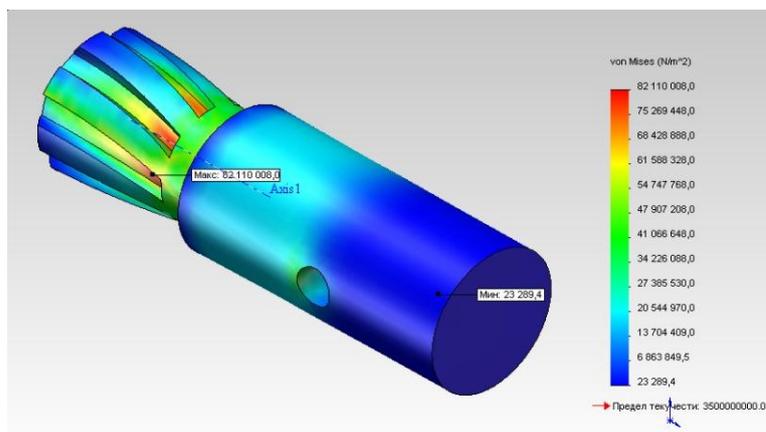


Рисунок 3 – Распределение напряжений вала из углепластика

Анализ напряженного состояния показывает, что максимальные напряжения, возникающие в образце из стали на 1 МПа больше, чем в образце из углепластика.

Деформации вала:

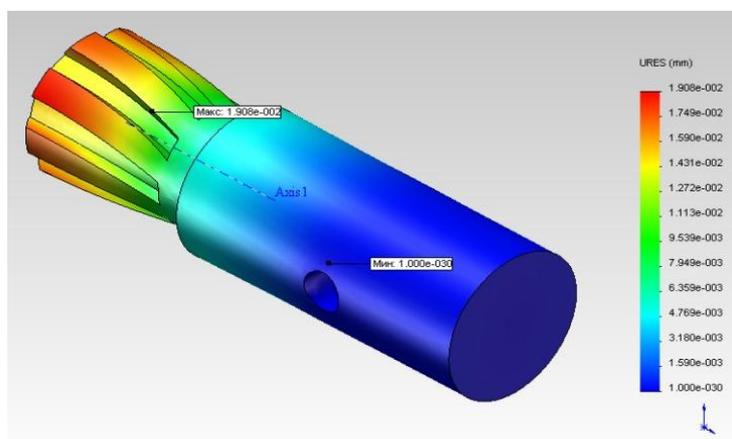


Рисунок 4 – Перемещения вала, выполненного из стали

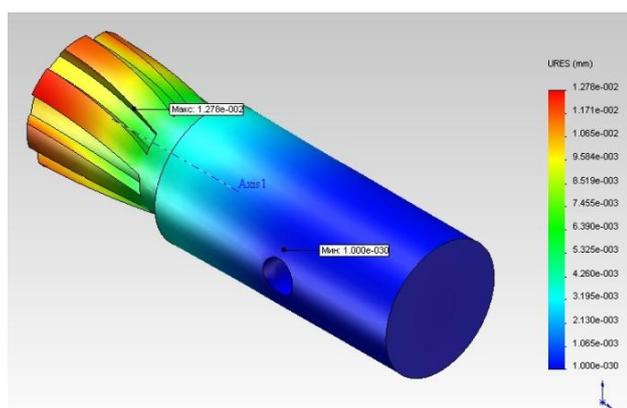


Рисунок 5 – Перемещения вала, выполненного из углепластика

Анализ распределения полей деформаций показывает, что деформации в образце из стали почти в 2 раза больше, чем в образце из углепластика.

Сравним характеристики другого элемента карданной передачи – крестовины.

Распределение напряжений крестовины:

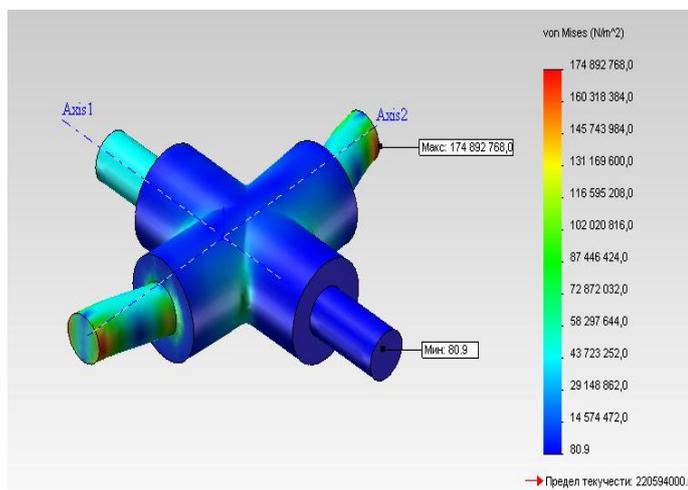


Рисунок 6 – Распределение напряжений крестовины, выполненной из материала Сталь
20

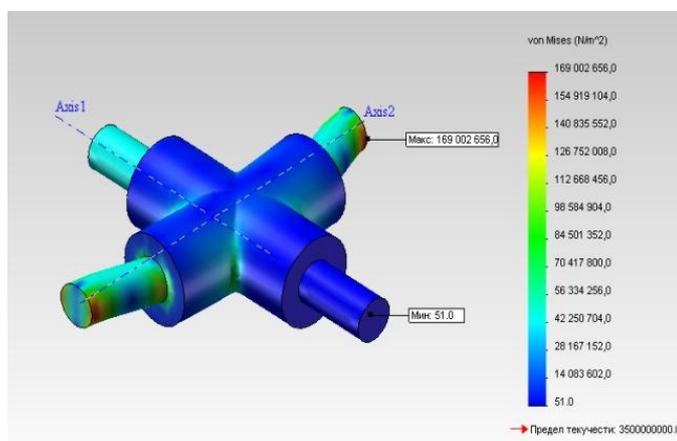


Рисунок 7 – Распределение напряжений крестовины, выполненной из углепластика

Анализ напряженного состояния показывает, что максимальные напряжения, возникающие в образце из стали на 600000 Па больше, чем в образце из углепластика.

Деформации крестовины:

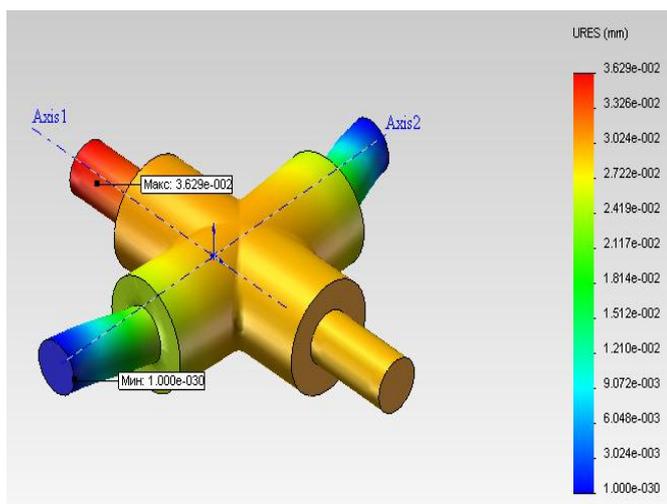


Рисунок 8 – Перемещения крестовины, выполненной из стали

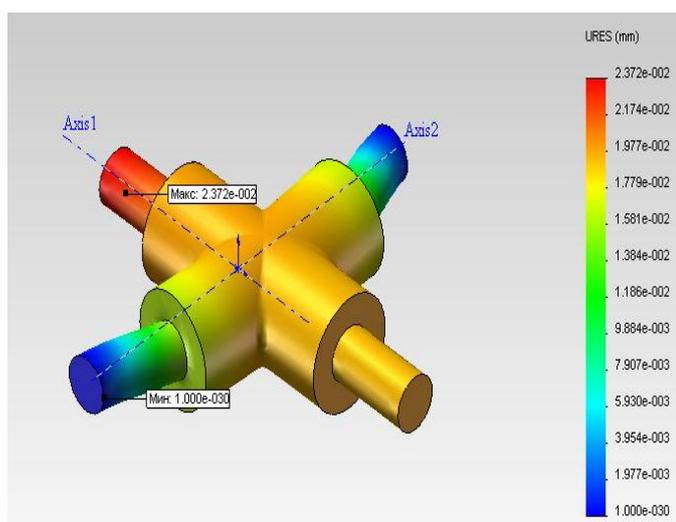


Рисунок 9 – Перемещения крестовины, выполненной из углепластика

Анализ распределения полей деформаций показывает, что деформации в образце из стали в 1,5 раза больше, чем в образце из углепластика.

Вывод: таким образом, замена стальных элементов карданной передачи на углепластиковые является целесообразной, так как позволяет снизить массу элементов на 20%, повышает коррозионную стойкость, приводит к увеличению критической скорости вращения и снижению деформаций.

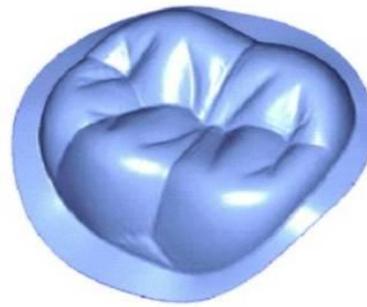
ЗУБНЫЕ КОРОНКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Красикова Н. И. - студентка группы ПКМ-81, Головина Е.А.– к.т.н., доцент
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, (г. Барнаул)

Основным преимуществом композиционных материалов (КМ) являются их прочность и хорошие косметические свойства: по внешнему виду и цвету они способны имитировать коронки натуральных зубов. Композиты могут обеспечить широкий спектр оттенков, так что подчас невозможно отличить композитную пломбу от настоящего зуба.

Проблема, связанная с использованием композиционных материалов для зубов, – их высокая стоимость и сложность методики изготовления. Изготовление большой пломбы из композитов (особенно светоотверждаемых) занимает много времени, так как эти материалы требуют очень тщательной обработки с применением специальных инструментов.

Многолетние исследования стоматологов и материаловедов, направленные на решение проблемы надежности и долговечности соединения "пломба–зуб", привели к созданию целых систем для восстановления утраченных тканей зубов. Методика применения предусматривает предварительное протравливание твердых тканей зуба, нанесение адгезивной системы для моноконтинентного соединения композитной пломбы с твердыми тканями зубов. Такая многоэтапная система получила новое название "восстановительные материалы". В ее комплект входят материал для пломбирования, травящие средства, адгезивная система, вспомогательные инструменты и приспособления для их нанесения, комплекты для окончательной обработки, шлифовки и полировки пломбы.



Наиболее высокими эстетическими свойствами обладают микрофильные, а также микрогибридные композиты. Наиболее высокие показатели поверхностного блеска (отношение зеркального отражения к рассеянному отражению) достигаются при использовании боров, алюмооксидных, силиконовых, карбидных тонких дисков и резиновых абразивных кругов для полировки пломб из КМ с разной величиной зерен наполнителя.

Микронаполненные композиты подвергаются стиранию больше, чем макронаполненные материалы или гибридные композиты. В среднем стираемость композиционных материалов по ISO (международный стандарт качества физико-механических свойств данных материалов) не должна превышать 15 мк за год.

Стойкость к окрашиванию гибридного композита значительно выше, чем стойкость микронаполненных КМ [Воропаева и др., 1992]. Микронаполненный КМ имеет большую проницаемость, чем обычный КМ. Эти данные согласуются с показателями термического расширения материала.

На окрашивание пломб из композитных материалов оказывает влияние тип органической матрицы, размеры частиц наполнителя, их процентное содержание, степень полимеризации, длительность промежутка времени между шлифовкой и полировкой, степень полировки поверхности пломб, адсорбция воды, тип окрашивающего вещества и длительность контакта с ним. Поэтому при постановке пломб из композиционных материалов также нужно учитывать привычку больного к употреблению окрашивающей пищи.

Свойства композитных материалов

- Высокая химическая и механическая прочность, достигающая 300-370 МПа при сжатии и 150-170 МПа на изгиб;
- Образуют химическую связь с тканями зуба (эмалью, дентином, цементом);
- Обладают способностью склеивать материалы фрагментами (композит-композит, композит-компомер, композит – стеклоиономерный цемент и т. д.);
- Низкое водопоглощение материала, материал не растворяется под действием ротовой жидкости;
- Высокие эстетические свойства – хорошая полируемость материала обеспечивает прозрачность, блеск, цветоустойчивость;
- Идентичны твердым тканям зуба (прочность, термическое расширение, цвет, непрозрачность, стойкость к стиранию, водопоглощение);
- Наличие различных световых оттенков позволяет полностью имитировать ткани зуба;
- Обладают биологической толерантностью;
- При работе с современными композитами светового отверждения нет необходимости в классическом препарировании по Блеку, есть возможность восстанавливать дефекты различной формы и происхождения.
- Коэффициент теплового расширения близок к тканям зуба.

Задача адгезии композита с эмалью решена посредством кислотного травления эмали. Протравливание эмали 30-40% ортофосфорной кислотой в течение 15-20 секунд приводит к образованию в ней микропор, что увеличивает поверхность соприкосновения материала с эмалью. Эмалевый адгезив или бонд затекает в микропоры, полимеризуется и образуется

прочная связь эмаль-композит, достигающая 20 МПа. Для улучшения адгезии материалы используют праймер-адгезивные системы.

Праймер или дентиновый адгезив глубоко проникает в дентинные канальцы и образует прочную связь с тканями зуба, так называемую гибридную зону.

Праймер представляет собой ненаполненные смолы, растворенные в летучем веществе-носителе –ацетоне. Является гидрофильным веществом, что позволяет ему глубоко проникать в дентинные трубочки. Образующаяся гибридная зона может достигать 100-150 мк по толщине.

Эмалевые адгезивы или бонды легко проникают в микропоры протравленной эмали образуя прочную механическую и химическую связь.

Компомеры –однокомпонентные пастообразные материалы, не отвердевающие самостоятельно без инициации системы полимеризации метакриловых групп.

Представители –Exraliner, Ionosit Baseline, Direct.

Свойства компомеров:

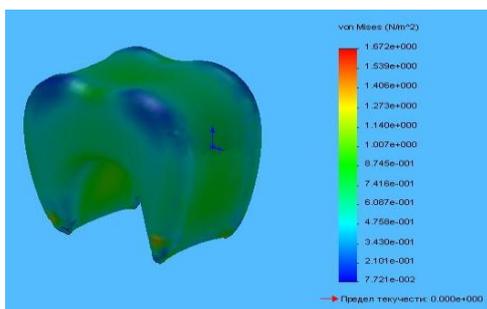
- Менее, чем стеклоиономеры, чувствительны к влаге;
- Более прочные;
- Хорошие эстетические свойства;
- Выделяют фтор;
- Хорошая биосовместимость;

Сочетание с адгезивными системами, не требующими протравливания, но нельзя применять в участках повышенной жевательной нагрузки;

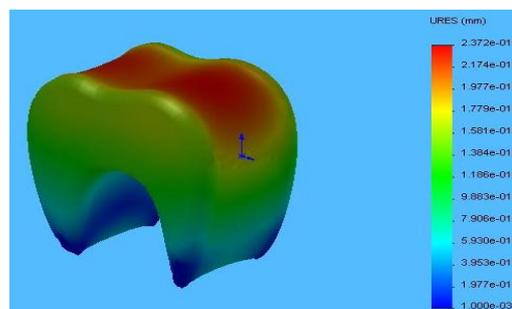
- Недостаточная полируемость;
- Возможность окрашивания линии краевого прилегания пломбы ввиду гигроскопического расширения материала;
- Недостаточно высокий кариеспрофилактический эффект. Показание к применению. Пломбирование кариозных полостей III и V классов в постоянных зубах;
- Реставрация временных зубов (при всех классах);
- Пломбирование пришеечных дефектов твердых тканей зуба некариозного происхождения;
- Пломбирование небольших полостей I и II классов в постоянных зубах (после минимального инвазивного препарирования);
- Временное пломбирование полостей I и II классов в постоянных зубах;
- Герметизация фиссур (специальными компомерными герметиками);
- Пломбирование небольших полостей всех классов перед протезированием (кроме керамических коронок);
- Замещение дентина при использовании открытого варианта «сэндвич» техники;
- Применение в качестве подкладочного материала под амальгаму;
- Ретроградное пломбирование корневых каналов при резекции верхушки корня;
- Оперативное и неоперативное закрытие перфораций стенки корня и дна полости зуба;
- Фиксация ортопедических и ортодонтических конструкций (с применением фиксирующих компомеров химического отверждения);
- Ветеринарная стоматология.

Обработка твердых тканей зуба праймер-адгезивной системой.

При работе с композитами светового отверждения протравленные ткани –эмаль и дентин обрабатываются праймер-адгезивными системами.



Распределение напряжений в зубе из композита



Распределение смещений в зубе из композита

Первую порцию двухкомпонентной адгезивной системы в качестве праймера вносят специальной кисточкой (пинном) и тщательно смазывают дно и стенки кариозной полости. Поверхность дентина должна выглядеть слегка увлажненной, но без избытка, избыток удаляется отраженной струей воздуха, время обработки праймером составляет 30 сек. Результат – создание гибридной зоны. Вторую порцию двухкомпонентной адгезивной системы в качестве бонда распределяют с помощью пина по поверхности кариозной полости без избытка и через 30 сек. отсвечивают полимеризационной лампой в течении 20 сек.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОВОЛОЧНЫХ СЕТОК КАК ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЩИТЫ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ

Кухарикова М.А. – студентка гр. ПКМ-01, Ананьева Е.С. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Масса самолета без топлива и коммерческой нагрузки примерно в два раза меньше массы снаряженного самолета, в том числе около 30 % приходится на различные конструкции планера. Изготовление Снижение веса этих конструкций благодаря использованию современных материалов позволяет уменьшить габариты двигателя, размеры оперения и приводит к снижению расхода горючего. Благодаря высокой удельной прочности и удельной жесткости композиционные материалы, армированные углеродными волокнами, широко применяются в качестве основных конструкционных материалов в самолетостроении.

Одной из проблем, связанных с использованием в конструкции самолетов углепластиков, является защита от поражения молниями. Которая имеет два аспекта. Первый аспект – диссипация электрического разряда молнии внутри конструкции, поскольку его воздействие вызывает физические повреждения, а второй аспект – защита радиоэлектронного оборудования от действия тока очень высоко напряжения при разряде. Поэтому прежде чем разработать материал молниезащиты, необходимо понять свойства молнии и механизм ее действия на самолет.

В процессе полета самолета наблюдается ориентирование разрядов молнии на углепластиковые конструкции летательных аппаратов, подобное ориентированию на конструкции из металлов. Поскольку углепластики являются диэлектриками (их сопротивление на 3–4 порядка выше, чем у металлов), незащищенные углепластиковые конструкции внешнего контура получают повреждения, недопустимые по эксплуатационным и ресурсным требованиям. При воздействии молниевым разрядом углепластик получает повреждения в виде сквозного пробоя, расщепления на десятки сантиметров от канала разряда, расслоения материала и, как следствие, отрыва слоев в потоке воздуха при полете. Такой характер разрушения объясняется термической природой процесса, обуславливающей взрыв материала продуктами деструкции связующего.

Так как распределение заряда при прохождении через углепластик происходит недостаточно быстро, существующие системы молниезащиты заключаются в обеспечении близких к металлическим конструкциям величин поверхностной электро- и теплопроводности. Достигается это путем нанесения на поверхность углепластиковых конструкций, выходящих на внешний контур, например, обшивок, специальных покрытий, обладающих высокими значе-

ниями проводящих характеристик (электро- и теплопроводности), например, в виде сплошных или дискретных металлических слоев. Такие высокопроводящие слои, функциональное назначение которых определяется как молниезащитное, принимают на себя основную нагрузку молниевых зарядов, отделены от материала несущей конструкции слоем диэлектрика, обладающего высокой электрической прочностью. При воздействии молниевых разрядов на углепластиковую конструкцию разрушения происходят в молниезащитном покрытии с сохранением эксплуатационных характеристик несущей конструкции. Для молниезащиты ПКМ в них вводят различные слои в виде фольги, сетки из металлов-токоприемников (алюминий, латунь, сталь, бронза). Физические свойства материалов, применяемых для изготовления сеток молниезащиты приведены в таблице 1.

Петли сетки могут быть образованы одной, двумя и большим количеством проволок, однако острая необходимость снижения веса в авиационных конструкциях ограничивает количество проволок в петле и соответственно поверхностную плотность, т.е. массу 1 м^2 сетчатого полотна. Поверхностную плотность можно регулировать также и количеством петельных ячеек, расположенных на единице площади сетки, что задается классом трикотажной машины. Для повышения электропроводности проволочных сеток предложено осуществить пайку петель в местах пересечения проволок. Сетку изготавливают поперечно-вязанным двухлицевым переплетением ластик 1+1 из одной проволоки диаметром 0,12 мм, ТУ 16.505.805-75. Рекомендуемая структура сетки приведена на рисунке 1.

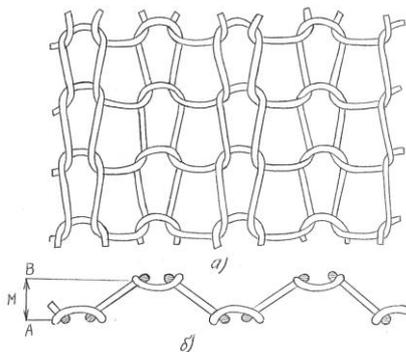


Рисунок 1 – Структура вязаной сетки, где а) фронтальный вид; б) поперечный вид; М – толщина сетки

Таблица 1- Физические свойства материалов применяемых для изготовления сеток молниезащиты

Материал	Плотность, кг/м^3	КЛТ Р, $\times 10^{-6}$ 1/град.	Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	Удельное электросопротивление, $\text{нОм}\cdot\text{м}$
Алюминий	2700	23,5	660	26,5
Никель	8900	13,3	1435	68,4
Бронза	8890	18,0	1050	66,0
Медь	8900	18,0	1083	16,8

Поскольку обшивка самолета испытывает растягивающие нагрузки, молниезащитные сетки необходимо тестировать испытаниями на растяжение. Приведем примеры растяжения молниезащитных медных вязаных, вязано-паяных и сеток Astrostrike®. На рисунке 2 изображены диаграммы растяжения образцов применяемых в настоящее время молниезащитных сеток.

Сетка Astrostrike® представляет собой перфорированную медную фольгу, которая применяется, как молниезащитная в авиационной технике мировых компаний. В диаграмме можно заметить существенную разницу в поведении образцов этих сеток. Так вязаная сетка (без пайки петельных ячеек) в начальный момент проявляет упругие свойства до уровня относительной деформации примерно 5–10 %, далее сетка пластично деформируется с упрочнением до усилия примерно 38 Н – для сетки вдоль направления полотна (кривая 1) и усилия 25 Н – для сетки поперек направления полотна (кривая 2). Накопив достаточно большую деформацию до 80 % (для сетки вдоль направления полотна) и 150 % (для сетки поперек направления полотна), сетки разрушаются с разрывами проволок.

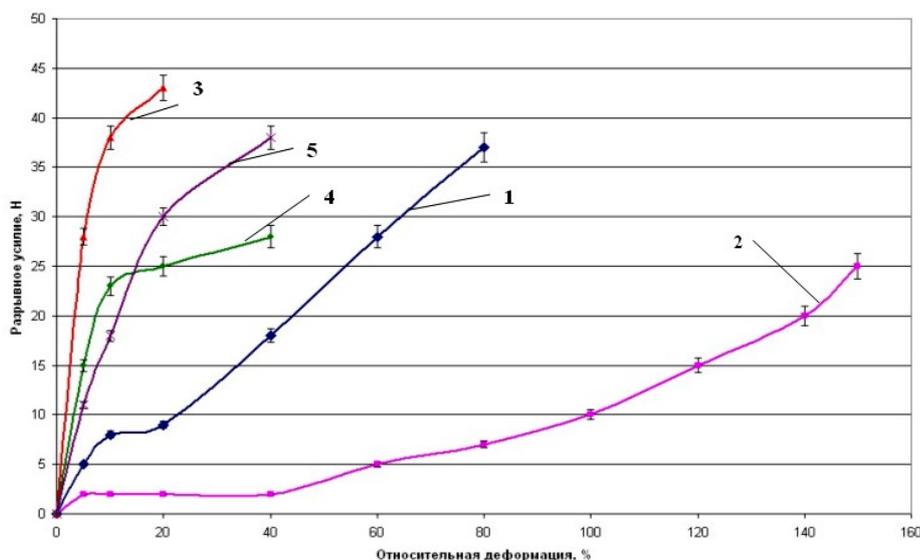


Рисунок 2 – Диаграмма растяжения образцов молниезащитных сеток, где 1, 2 – вязаная сетка (из проволоки диаметром 0,12 мм); 3, 4 – вязано-паяная сетка SM-0,12 (из проволоки диаметром 0,12 мм); 5 – сетка Astrostrike® Cu 029; 1, 3, 5 – вдоль направления полотна; 2, 4 – поперек направления полотна (погрешность не превышает 5 %)

Сетки после пропайки петельных ячеек оловянно-свинцовым припоем ПОС-61 приобретают более высокие упругие характеристики. Для сетки, растягиваемой вдоль направления полотна, характерно упрочнение до уровня 43 Н. Для сетки, растягиваемой поперек направления полотна, увеличение нагрузки приводит к разрыву связей между петлями, когда нарушается целостность пайки, и сетка деформируется с площадкой текучести около 30 Н. При деформации более 50 % происходит замедленное разрушение сетки. Сравнивая диаграммы разрушения вязано-паяной сетки и сетки типа Astrostrike®, можно отметить, что они имеют приблизительно одинаковые прочностные характеристики. Однако сетка Astrostrike® после достижения площадки текучести при относительном удлинении около 40 % разрушается практически мгновенно. В то же время в сетке SM-0,12 разрушение происходит постепенно, что дает возможность релаксировать возникающим механическим напряжениям в армированных ею углепластике.

Отмеченные особенности поведения при растяжении вязано-паяных сеток объясняют возможность их полезного использования для молниезащиты углепластиковых деталей авиационных конструкций. Чтобы снизить влияние механической составляющей удара молнии, когда усилие разрушения сетки превышает прочность на сдвиг материала припоя, неразъемные (пропаянные) контакты между петлями сетки ослабляются и разрываются, а освобожденные петли, деформируясь, берут часть нагрузки на себя. В результате возникающей макроподвижности структуры сеток в композите снижается повреждаемость углепластика, а расслоение материала в месте попадания молнии существенно уменьшается.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ШПАЛЫ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММЫ "SolidWorks"

Морозова Л.А. – студентка гр. ПКМ-81, Головина Е.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Шпалы – это опоры для рельсов в виде брусьев, укладываемых на балластный слой верхнего строения пути, и обеспечивают неизменность взаимного расположения рельсовых нитей. Шпалы воспринимают давление непосредственно от рельсов или от промежуточных скреплений и передают его на подшпальное основание (обычно – балластный слой, в метрополитене бетонное основание). По своей структуре шпалы бывают деревянные, железобетонные, металлические. Деревянные шпалы, являясь более упругим материалом, считаются предпочтительным элементом в конструкции пути. Древесину для изготовления шпал используют разную, в некоторых странах предпочтение отдается дубу, в остальных - древесину хвойных пород, в основном сосну, но такие шпалы подвержены износу. Для предотвращения процесса гниения шпалы пропитывают антисептиками, в частности - креозотом.

В соответствии со своим назначением шпалы должны:

- обладать хорошей прочностью и упругостью;
- сопротивляться износу и перемещениям;
- обладать большим сроком службы;
- иметь хорошие электроизолирующие свойства;
- сопротивляться коррозии.

Не смотря на наибольшую предпочтительность деревянных шпал, они обладают рядом недостатков. С учетом высокого уровня гниения в областях с жарким и влажным климатом, срок жизни деревянных шпал колеблется от 5 до 15 лет. Кроме того, все деревянные шпалы обрабатываются креозотом, и их использование и утилизация требуют больших затрат и наносят вред окружающей среде. Отслужившие свой срок шпалы должны быть захоронены на специальных полигонах для промышленных отходов. Но с каждым годом места на полигонах все меньше и меньше, и в настоящее время в связи с переполненностью данных полигонов использованные деревянные шпалы зачастую складывают в местах, не предназначенных для этого. Ужесточившиеся за последние 25 лет требования по охране окружающей среды могут в будущем ограничить применение деревянных шпал, пропитанных креозотом, что вынуждает железные дороги искать новые, экологически безвредные решения. Таким образом, целесообразно рассмотреть возможность замены традиционных деревянных шпал на шпалы из композиционных материалов, например из стеклопластика.

По сравнению с деревянными шпалами полимерные изделия гораздо более долговечны и экологически безопасны, так как не требуют обработки специальной нефтехимической пропиткой для защиты от насекомых и влаги, которая при попадании в железнодорожную насыпь приводит к отравлению почвы, а при высоких температурах выделяет ядовитые испарения. Кроме того, композитный состав пластмассовых шпал не проводит электричество и не впитывает воду, а также помогает избежать преждевременной коррозии рельсов. При установке полимерных шпал применяется тот же путьный инструмент и крепеж, что и для деревянных шпал.

С помощью программы "SolidWorks" был проведен анализ напряженно-деформированного состояния шпал из традиционного материала (древесины, в данном примере сосны) и из стеклопластика (рисунок 1–4):

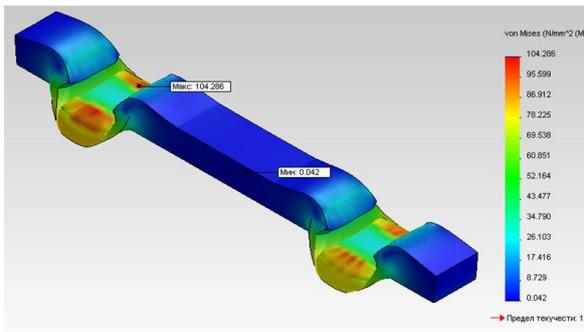


Рисунок 1 – Распределение напряжений в железнодорожной шпале, выполненной из древесной породы

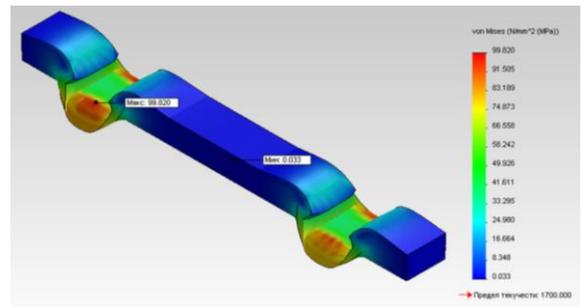


Рисунок 2 – Распределение напряжений в железнодорожной шпале, выполненной из стеклопластика

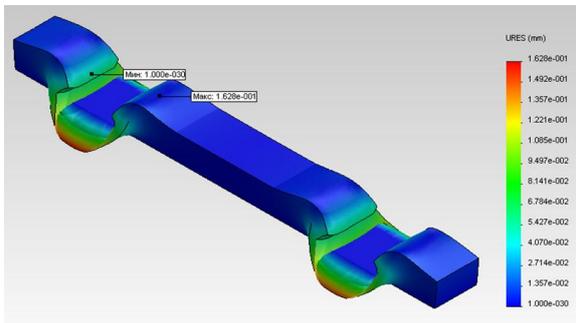


Рисунок 3 – Перемещения в железнодорожной шпале, выполненной из древесной породы

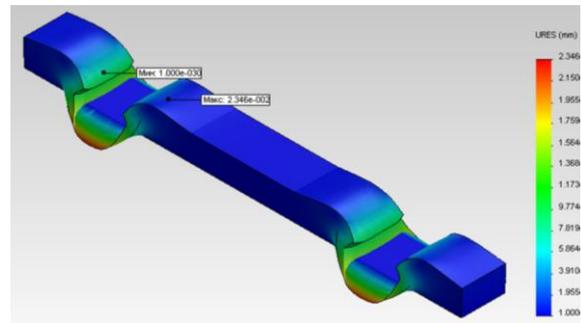


Рисунок 4 – Перемещения в железнодорожной шпале, выполненной из стеклопластика

Пластиковые шпалы по сравнению с деревянными имеют лучшие механические свойства. Применение композитных шпал позволяет уменьшить вибрацию, вследствие чего уменьшается разрушение железнодорожного полотна, минимизирует текущее обслуживание, сокращает количество ремонтов. Так же шпалы из композиционных материалов обладают большими преимуществами в части шумопоглощения в сравнении с бетонными и деревянными шпалами, имеют высокую коррозионностойкость и электроизолирующие свойства. Однако не смотря на преимущества применения композитных шпал, применение их в России экономически не выгодно.

НАНЕСЕНИЕ ДИФфуЗИОННОГО ПОДСЛОЯ НИКЕЛЯ НА СТАЛЬНЫЕ ПЛАСТИНЫ МЕТОДОМ ДЕТОНАЦИОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Назаров И. В. – аспирант, Яковлев В. И. – к.т.н., с.н.с., Мадисон В. Р. – инженер
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Железнодорожный транспорт занимает ведущее место в транспортной системе России, и на его долю по данным на 2011 год приходится 85 % внутреннего грузооборота в стране [1]. Узлом, непосредственно влияющим на безопасность эксплуатации вагонов и сохранность груза, является автосцепное устройство с поглощающим аппаратом. Поглощающий аппарат ПМКП 110 был разработан научно – производственным предприятием «Дипром». Одной из важных деталей в конструкции узла инновационного поглощающего аппарата ПМКП 110 является порошковое основание, представляющее собой стальную пластину с припеченным слоем металлокерамики. Для обеспечения высокой ударной вязкости при работе в условиях трения клина о металлокерамику по запатентованной технологии [2] необходимо выполнить технологию спекания стальной пластины с металлокерамикой. Для этого на основание пластины наносят диффузионный подслоя из никеля толщиной 30–100 мкм.

В настоящее время нанесение никеля на поверхности детали в качестве диффузионного подслоя для спекания с металлокерамикой проводится методом химического осаждения. Процесс химического никелирования представляет собой реакцию восстановления никеля из водных растворов его солей с помощью гипофосфита натрия. Затем с помощью гальванического процесса восстановленный никель осаждается на деталь. Данный метод имеет ряд недостатков:

- длительное время осаждения никеля на подложку изделия 6-7 мкм/ч,
 - плохое сцепление никелевой плёнки с основным металлом,
 - неравномерное осаждение никелевого слоя покрытия на изделии,
 - необходимость защиты поверхностей детали, на которые не нужно осаждаь никель,
 - сквозная пористость до основного металла (изделие не имеет высокой коррозионной стойкости).
- технология гальванического нанесения подслоя и использование химических реактивов несёт большой вред окружающей среде.

Недостатки технологии гальванического нанесения покрытий можно устранить, используя прогрессивные методы создания покрытий, например, детонационный. Физико-механические и эксплуатационные свойства детонационных покрытий существенно превосходят показатели для покрытий, полученных другими геотермическими методами, а тем более гальванические покрытия. Этот метод позволяет создавать покрытия толщиной от нескольких микрометров до сотен микрометров.

В связи с этим целью работы является апробация технологии детонационно - газового напыления для создания никелевого покрытия в качестве эффективного диффузионного подслоя стальных пластин поглощающего аппарата.

Для напыления покрытий использовалась установка детонационного напыления «Катунь-М», схема приведена на рис. 1.

В качестве напыляемого порошка применили никелевый порошок марки ПТ-НА-01 с содержанием никеля 95% (остальное - алюминий) и средним размером частиц 60-100 мкм.

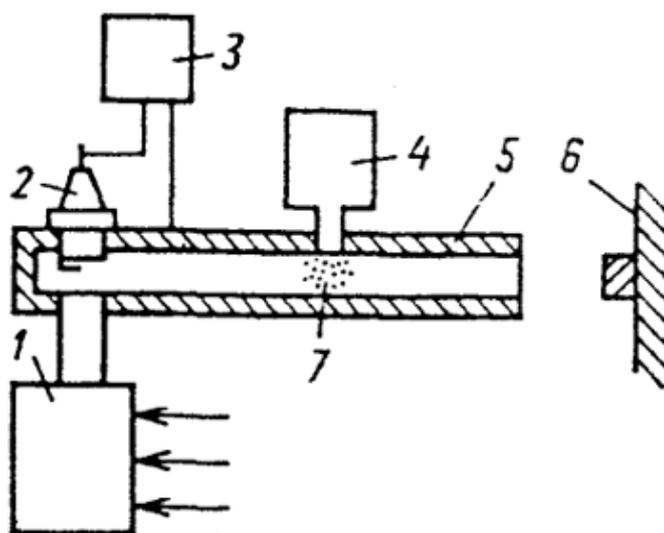


Рисунок 1 – Схема детонационного устройства «Катунь-М»

1- газораспределительный блок; 2-свеча воспламенитель; 3- импульсный электронный блок зажигания; 4- порошковый дозатор; 5- ствол; 6- напыляемая поверхность детали; 7- частицы никелевого порошка.

Напыляемая деталь представляет собой пластину из стали 09Г2С прямоугольной формы с размерами 110x172x2 мм и крепёжными технологическими отверстиями (рис. 2).

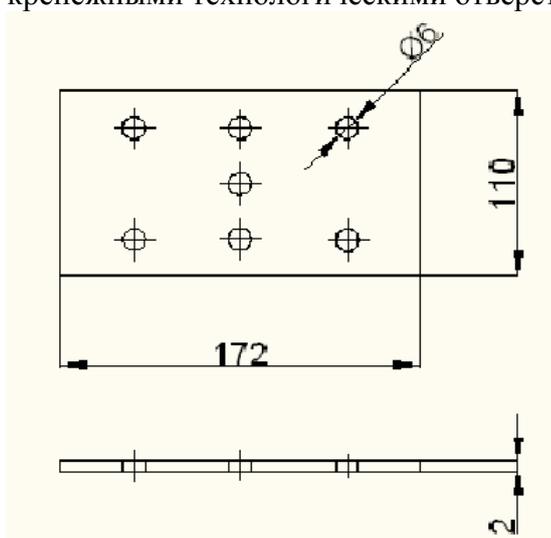


Рисунок 2 – Стальная пластина

Технология нанесения покрытий включает предварительную подготовку стальной пластины. В нашем случае проводилась пескоструйная обработка поверхности детали с целью очищения от загрязнения, коррозии, влаги, а также активации поверхности. Применяли обдувку сжатым воздухом под давлением 6 МПа с абразивными частицами карбида кремния крупностью 500 мкм до достижения на поверхности однородного матового цвета.

Непосредственно перед напылением производится настройка дозирующего устройства с целью обеспечения равномерности дозирования в процессе детонационно - газового напыления. Для получения необходимой толщины покрытия 100 мкм необходимо настроить дозирующее устройство так, что масса навески порошка составит 100 мг за 1 цикл по технологическим требованиям.

В ствол установки подается взрывчатая смесь, состоящая из пропан-бутана и кислорода. Одновременно с этим транспортирующим сжатым воздухом в канал ствола подаётся никелевый порошок из игольчатого дозатора. Газо-порошковая смесь поджигается искрой свечи

воспламенителя. Никелевый порошок в стволе разгоняется продуктами детонации и наносится на подложку напыляемой стальной пластины. Процесс осуществляется циклически до тех пор, пока на детали не образуется покрытие толщиной 50-100 мкм (рис.3).



Рисунок 3 – Фотография никелевого покрытия нанесённого на стальную пластину.

В результате применения технологии детонационно – газового напыления было получено никелевое покрытие на 12 стальных пластинах. Пластины были отправлены на предприятие ООО «НовТех», занимающимся серийным производством поглощающих устройств, для проведения спекания этих пластин с металлокерамикой.

Список литературы:

1. Железнодорожный транспорт в транспортной системе Российской Федерации URL:<http://www.vagoni-jd.ru/> (Дата обращения 18.10.2011 г.)
2. Пат. 2034086 Российская Федерация, МПК С22С33/02 Порошковый фрикционный сплав на основе железа/ Кеглин Б. Г., Мигунов В. П., Добрострой Н. И., Прилепо Т. Н., Иванов В. В., Болдырев А.П. ;Заявл. 09.06.1992; Опубликовано. 30.04.1995

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ДЕТОНАЦИОННЫХ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ГИДРОКСИАПАТИТА КАЛЬЦИЯ

Попова А.А. - аспирант, Яковлев В.И. – к.т.н. доцент,
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)
Легостаева Е.В. – к.ф.-м.н., с.н.с., Шаркеев Ю.П. – д.ф.-м.н., профессор
ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (г. Томск)

Костная система живого организма формируется и поддерживается в результате сложных биохимических реакций. При потере или разрушения кости для ее замены применяют имплантаты. Имплантаты состоят, как правило, из металлических материалов на основе сплавов, нержавеющей стали или титана.

Применение имплантатов, когда физико-химические и механические свойства металлической основы и костной ткани существенно различаются, может приводить к активному отторжению имплантата. Для уменьшения отрицательного влияния этих факторов необходимо создать между костью и имплантатом переходную зону, которая наряду с прочной

связью с поверхностью имплантата и костной тканью должна иметь приемлемую для организма макро и микроструктуру [1]. Такая зона может быть получена в виде покрытия с определенной пористостью и она может иметь композитное строение.

При создании биосовместимых покрытий особое внимание уделяется фазовому составу на поверхности имплантата. Идет поиск новых технологических решений создания поверхности на дентальных имплантатах, обеспечивающей надежную интеграцию имплантата в костной ткани, так как существующие технологии не удовлетворяют в полной мере современным медицинским требованиям. Наиболее перспективным решением этой проблемы является нанесение биоактивных кальций-фосфатных покрытий, приближающих создаваемые имплантаты к классу биомиметических материалов для костной ткани. Как уже отмечалось, на рост костной ткани при остеоинтеграции имплантатов существенное влияние оказывает фазовый состав покрытий. Из всех фосфатов кальция особое значение имеет гидроксиапатит кальция (ГА), поскольку он является основной минеральной фазой костной ткани [1].

Целью данной работы являлось исследование влияния размеров порошка гидроксиапатита на фазовый состав покрытий.

В качестве материала использован биологический порошок ГА различных фракций (1-10 мкм, 10-20 мкм, 50-300 мкм. Для формирования покрытий применялась установка детонационно-газового напыления порошковых материалов «Катунь-М» [2]. Напыление ГА производилось на пластины из титана марки ВТ-1.0 размером 20*20*3мм³. Перед нанесением покрытий проводилась пескоструйная обработка титановой основы с использованием порошка окиси алюминия Al₂O₃ фракции 250-380 мкм, а затем химическое травление путем протравливания поверхности в кислотном травителе, нагретом до температуры кипения, на основе 30% раствора соляной кислоты и 60% раствора серной кислоты следующего состава: 0,1 HCl + 0,8 H₂SO₄ + 0,1 H₂O. Покрытие на поверхность титановой подложки наносилось с частотой выстрелов 4 Гц, количество выстрелов составляло 250-400. Для каждой размерной фракции использовали новую пластину.

Исследование фазового состава исходного порошка гидроксиапатита и покрытия было выполнено с помощью дифрактометра ДРОН-6 в излучении Cu. Рентгеновская съёмка осуществлялась с фокусировкой по Бреггу-Брентано. Для фазового анализа использовалась стандартная картотека ASTM.

На рис. 1 приведены рентгенограммы кальций фосфатных покрытий, нанесенных методом детонационно-газового напыления порошка гидроксиапатита для фракций 1-10 мкм (а) и фракций 10-20 мкм (б). Видно, что в покрытии помимо основной фазы гидроксиапатита также идентифицируются линии подложки титана, что указывает на его неоднородность.

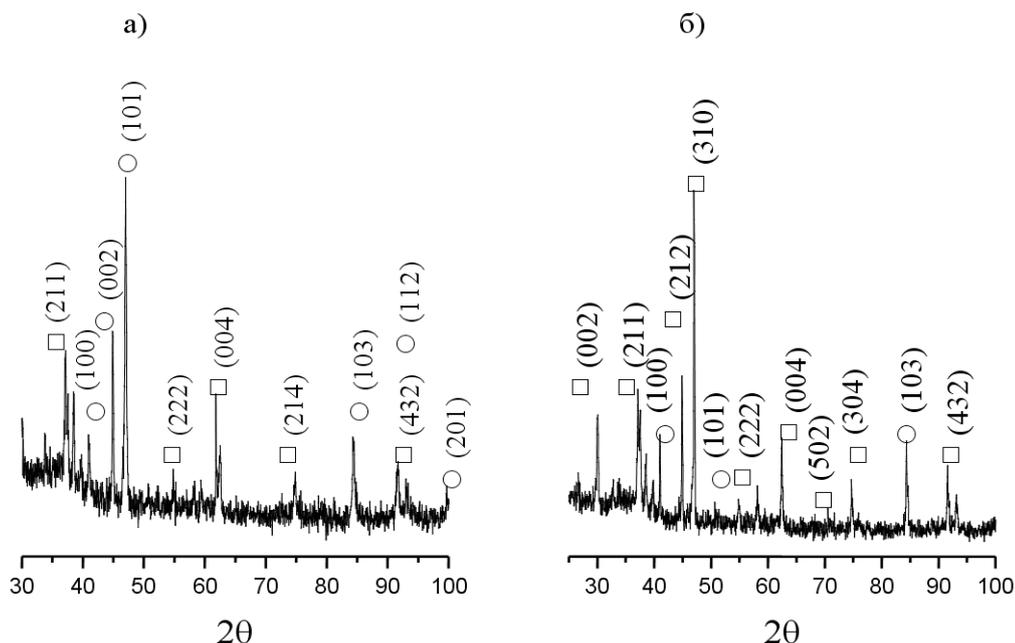


Рисунок 1 - Рентгенограммы покрытий, нанесенных методом детонационно-газового напыления порошка гидроксиапатита: а- фракция 1-10 мкм, б- фракция 10-20мкм

На рис. 2 представлена рентгенограмма покрытия, нанесенного методом детонационно-газового напыления порошка гидроксиапатита для фракции 50-300 мкм. Видно, что в покрытии не выявлено других линий помимо основной фазы гидроксиапатита, что указывает на его однородность.

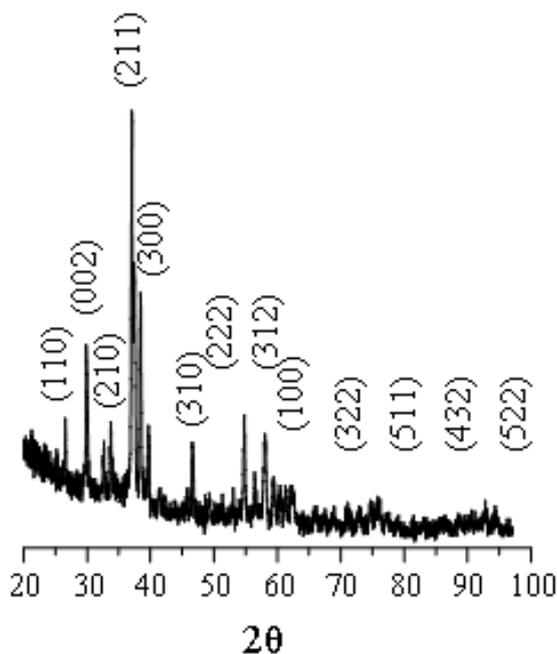


Рисунок 2 - Рентгенограмма покрытия, нанесенных методом детонационно-газового напыления порошка гидроксиапатита размером 50-300 мкм

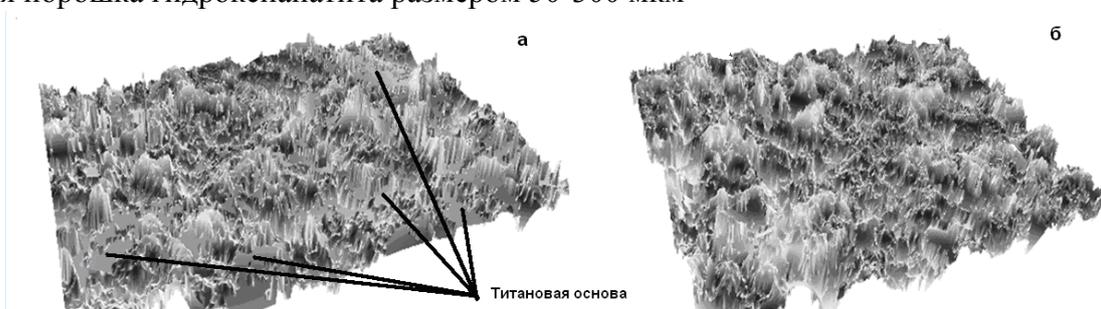


Рисунок 3 - 3D-изображения поверхности покрытия для размерных фракций: где а - 10-20 мкм; б - 50-300 мкм

Выводы

Рентгенофазовый анализ показал, что при напылении частиц в диапазоне 1 до 20 мкм покрытия формируются неоднородно, обнаруживаются участки с оголенной титановой подложкой. А при напылении частиц гидроксиапатита (размерной группы 50-300 мкм) формируются качественные покрытия однородного фазового состава.

Имеется возможность регулирования фазовым составом поверхности покрытия изменением исходного гранулометрического состава порошковых смесей гидроксиапатита кальция.

Полученные покрытия представляют интерес для использования в медицинской практике в качестве биопокрытий на титановых имплантатах.

Список литературы:

1. Белецкий Б.И. Биокпозиционные кальцийфосфатные материалы в костно-пластической хирургии [Текст]/ Белецкий Б.И., Шумский В.И., Никитин А.А., Власова Е.Б - Стекло и керамика. 2000, - №9, - с.35-37.

2. Яковлев, В.И. Экспериментально – диагностический комплекс для физических исследований порошковых СВС-материалов при детонационном напылении [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Барнаул, АлтГТУ, 2003. – 19 с.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ТИТАНОВОЙ ОСНОВЫ НА АДГЕЗИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Попова А.А. - аспирант, Яковлев В.И. – к.т.н. доцент,
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)
Легостаева Е.В. – к.ф.-м.н., с.н.с., Шаркеев Ю.П. – д.ф.-м.н., профессор
ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (г. Томск)

Бурное развитие нанотехнологий не обошло стороной и медицинские имплантаты. Формирование однородной ультрамелкозернистой структуры и наноструктуры в титане позволило получить материал с высокими механическими свойствами, соответствующими титановым сплавам медицинского назначения. Чистый титан не содержит легирующих вредных для организма элементов. При этом не меняется элементный и фазовый состав и наноструктурный титан может быть успешно применен в медицинской практике. Для остеоинтеграции биологических тканей на поверхность изделий из титана наносят кальцийфосфатные покрытия (аморфные, нанокристаллические и кристаллические), что позволяет придать изделию (имплантату) необходимые эксплуатационные свойства без изменения его природы и структуры.

Основные требования, предъявляемые к биопокрытиям – улучшенная биосовместимость, пористость, шероховатость, способствующая интеграции с костной тканью, химическая и фазовая стабильность [1, 2], адгезионная прочность.

Однако, предлагаемые технологии создания биосовместимых покрытий дентальных имплантатов не всегда удовлетворяют в полной мере современным медицинским требованиям, в связи с чем идет поиск новых технологических решений формирования биосовместимой шероховатой поверхности на имплантатах, обеспечивающей надежную интеграцию имплантата с костной тканью.

Целью данной работы является исследование влияния предварительной обработки титановой подложки на адгезионную прочность кальций-фосфатных покрытий из гидроксипатита кальция.

В качестве материала для напыления использовался биологический гидроксипатит кальция размером 150-300 мкм. Для нанесения кальций-фосфатных покрытий использовалась установка детонационно-газового напыления порошковых материалов «Катунь-М». В качестве подложек использовались титановые пластины (ВТ 1.0) размером 20×20×3 мм.

Для очистки поверхности титана от различных загрязнений, и создания шероховатой поверхности на первом этапе применялась пескоструйная воздушно-абразивная обработка с использованием пескоструйного аппарата пневматического действия АПС-22. В качестве абразивного материала использовался порошок окиси алюминия Al_2O_3 мелкой (80-125 мкм) и крупной (200-800 мкм) фракций.

Исследования морфологии поверхности после пескоструйной обработки методом растровой электронной микроскопии показали, что поверхность имеет ярковыраженный рельеф (рис 1 а). Глубина впадин рельефа зависит от вида абразивного материала и размера его зерна. При этом в случае использования корундового шлифпорошка шероховатость поверхности титана оказывается следующей: $Ra < 1$ мкм (7 класс по ГОСТ 2789-73) и $1,6$ мкм $< Ra < 2,5$ мкм (6 класс) соответственно.

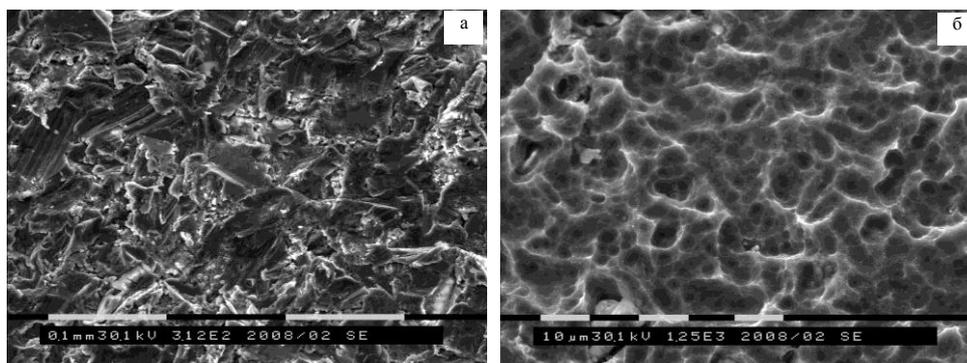


Рисунок 1 - РЭМ- изображения поверхности титана а – после пескоструйной обработки абразивным материалом (корунд), б - после последующего кислотного травления

Следующим этапом обработки поверхности было химическое протравливание в кислотном травителе на основе соляной и серной кислоты, которое позволило очистить поверхность и сформировать высокопористую структуру (30-50%) с размерами пор 2-5 мкм (рис 1 б). После пескоструйной обработки и химического протравливания для очистки поверхности образцы помещались в ультразвуковую мойку Elmasonic 515H.

На рис. 2 приведены типичные РЭМ-изображение покрытия на основе гидроксиапатита, нанесенного детонационно-газовым методом. Видно, что покрытия, имеют ярковыраженный рельеф. Покрытия состоят из частиц гидроксиапатита (рис.2 в), наблюдаются поры, которые формируются при оплавлении частиц (рис. 2г).

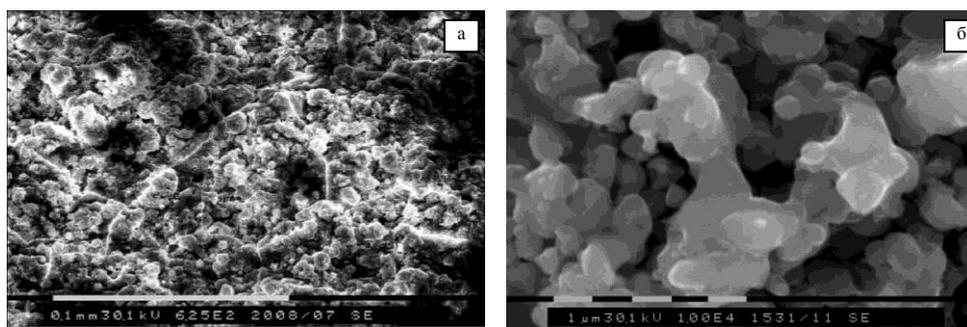


Рисунок 2 - РЭМ-изображение покрытия на основе гидроксиапатита, нанесенного детонационно-газовым методом: а, б – после пескоструйной обработки

Для оценки адгезионной прочности покрытия к подложке из титана использовался метод отрыва [3]. При исследовании адгезионной прочности методом отрыва была отработана специальная методика, которая заключалась в следующем. К противоположным поверхностям плоского образца с покрытиями с помощью высокопрочного клея Loctite Hysol приклеивали цилиндры, основания которых располагались строго параллельно к исследуемой поверхности (рис.3). Испытания на отрыв проводили на машине Instron. При этом измеряли величину усилия, необходимого

Рисунок 3 - Схема установки образца для испытания на адгезии методом отрыва

для отделения покрытия от основы одновременно по всей площади контакта. Усилие при этом прикладывается перпендикулярно плоскости клеевого шва, а величина адгезии характеризуется силой, отнесенной к единице площади контакта (H/m^2).

$$P=F/S$$

Результаты исследования адгезионной прочности покрытий, нанесенных детонационно-газовым методом без предварительной пескоструйной обработки, показали, что она не пре-

вышает 5 МПа, что недостаточно для их эксплуатации. А при предварительной обработке поверхности титана, включающую пескоструйную обработку и химическое травление, адгезионная прочность покрытий к подложке составляла 20 МПа

Выводы

Предварительная обработка поверхности титановой подложки, включающая пескоструйную обработку и химическое травление, позволяет повысить адгезионную прочность покрытия до 20 МПа, что соответствует требованиям медиков.

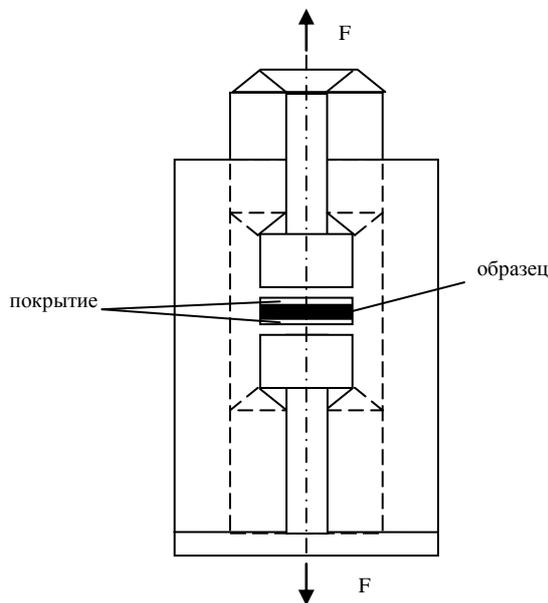
Список литературы:

1. Tsui Y. C., Doyle C et al. Plasma sprayed hydroxyapatite coating on titanium substrates // *Biomaterials*. – 1998. – № 19 – p. 2015-2029.
2. Matsuura T., Hosokawa R. et al. Diverse mechanisms of osteoblast spreading on hydroxyapatite and titanium // *Biomaterials*. – 2000. – № 21 – p. 1121-1127.
3. Тушинский Л.И. Методы исследования материалов: Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий. – М.: Мир, 2004. – 384 с.

ПОКРЫТИЕ МЕТАЛЛА ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Просяник В.С. – студентка гр. ПКМ-01, Ананьева Е.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В наше время проблема гальванопластики очень актуальна, и она может заинтересовать многих людей, т.к. в настоящее время идёт очень быстрое развитие различных технологий по созданию покрытий для металлов. Это самый распространенный способ защиты металла от различных влияний окружающей среды. Во время работы над изучением материала я планирую познакомиться и наглядно изучить историю создания, принцип действия гальванопластики, о различных видах, и разных учёных, которые в своё время использовали в повседневной и культурной жизни гальванопластику.



Для защиты и окраски алюминия применяют анодирование (анодное оксидирование) - создание на поверхности алюминия тонкого и прочного поверхностного пассивного слоя, препятствующего дальнейшей коррозии металла. Анодированный алюминий имеет ровный светло-серый цвет. Эта же пленка легко окрашивается в любой цвет при помощи обычных анилиновых красителей. (Анилиновые красители применяются для окраски тканей).

Наиболее применимые варианты восстановления наплавки, плазменного и вакуумного напыления, гальванических методов. На мой взгляд, технология восстановления

изношенных деталей должна обладать следующим минимальным набором свойств:

1. не требовать применения дорогостоящих оборудования и материалов;
2. не оказывать существенного влияния на физико-химические свойства материала детали;
3. обеспечивать надежное сцепление покрытия с основой;
4. обеспечивать высокую твердость и износостойкость покрытия;
5. работать при невысокой (в идеале - комнатной) температуре;
6. допускать возможность хотя бы частичной автоматизации процесса.

Существуют различные виды гальванических покрытий такие как: гальваническое, металлопокрытия, никелирование, меднение, серебрение, золочение (позолота)

Технологический цикл



Предварительная подготовка

Состоит в следующем. Используемую алюминиевую пластинку обтираю ветошью от грязи. Затем снимаю размеры. Это необходимо для установления толщины необходимого покрытия и определения времени.

Затем для сернистого пассивирования пластину помещают в сернистый 20-30% раствор и подключают его к источнику тока. Затем включается ток плотностью до 5А/дм.см. Время – 1-2 мин. За это время поверхность детали приобретает ровный матово-темно-серый оттенок. Далее пластину промывают в холодной, затем в горячей воде, и высушивают.

Приготавливаем электролит для матового меднения:

Сернистая медь (медный купорос) . . . 160–230 г

Серная кислота концентрированная 60–75 г

Вода до 1 л

Рабочая температура электролита 18–20°C, рекомендуется перемешивание. Плотность тока 2–6 А/дм².

Электролит для никелирования (твердое покрытие)

Сернистый никель 150 г

Хлористый аммоний 20 г

Борная кислота 25 г

Вода до 1 л

Рабочая температура ванны 50–60°C, плотность тока 2,5–5 А/дм², рН=5,6–5,9.

Электролит для окрашивания металлических деталей в любой цвет

Медного купороса 60 г

Сахара-рафинада 90 г

Едкого натра 45 г

Температура, электролита 35-40 °С. Плотность тока примерно 0,5(1-2) А/дм².

Все будет зависеть от времени: 2 мин – коричневый цвет, 3–5 мин–синий, 8–12 мин–желтый, 12–13 мин–оранжевый, 13–15 мин–красный, 17–21 мин–зеленый цвет.

После того, как деталь вынимается из электролита, ее необходимо очень тщательно промыть проточной водой.

В итоге получаем окрашенную деталь нужного нам цвета.

Далее, для придания детали блеска шлифуем её аккуратно тряпочкой с пастой ГОИ или мелким мелом (зубным порошком). Опять промываем (смываем остатки мела и пасты ГОИ) и получаем конечный результат.

Список литературы:

1. Электротехнический справочник. В 3-х томах.
2. Электричество. 1888. № 21-22. С. 197.
3. Журнал Министерства народного просвещения (ЖМНП). 1839. № 5. Отд. 3. С. 54.
4. Биографические сведения о А.Ф. Грекове см. в "Формулярных списках о службе и достоинстве чиновников типографии Московского университета"
5. Кобель Ф. Гальваногрфия, или способ производить гальванические медные доски для печатания кистью обработанных рисунков. СПб., 1843. С. 54.
6. Е.Э.Боровский «Специальная литература для научных и исследовательских работ»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА

Пунина М.А. – студентка группы ПКМ-91, Ананьева Е.С. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Углеродные волокна – это органические материалы, подвергшиеся термическому воздействию при температурах 1000–3000°C и содержащие 92–99,99 % углерода.

Впервые получение и применение углеродных волокон было предложено и запатентовано известным американским изобретателем Томасом Алва Эдисоном в 1880 г. в качестве нитей накаливания в электрических лампах.

Однако в полной мере интерес к углеродным волокнам проявился лишь в конце 1950-х годов.



Они оказались наиболее подходящим армирующим материалам композитов для изготовления ракетных двигателей поскольку обладают высокой термостойкостью, хорошими теплоизоляционными свойствами, коррозионной стойкостью к воздействию газовых и жидких сред, высокими удельными прочностью, сопротивлением усталости и жесткостью.

Углеродное волокно и углепластик – области применения



- Ракетостроение и авиастроения (самолетостроение, вертолетостроение, малая авиация)
- Судостроение (военные корабли, спортивное судостроение)
- Автомобилестроение (спортивные автомобили, мотоциклы, тюнинг)
- Средства спортивного инвентаря (велосипеды, теннисные ракетки, удочки)
- Специальные изделия (лопасти ветряных электрогенераторов и т.п.)

Свойства углеродных волокон

По сравнению с обычными конструкционными материалами, например, алюминием или сталью, композиты с углеродными волокнами обладают некоторыми весьма полезными свойствами:

Они имеют исключительно высокую термостойкость

– в инертных средах или в вакууме до 3000°C

(температура плавления стали 1500°C)

– на воздухе до 450°C

Удельное электрическое сопротивление можно задать:

– от 0,02 Ом*м*10⁻⁶ (сопротивление меди)

– до 1,0 Ом*м*10⁹ (сопротивление полупроводника)

Благодаря своим характеристикам:

– большой активной поверхности до 2500 м²/гр (2 гр. имеют площадь футбольного поля!)

– невероятной прочности (3,6 Гн/м²) в 2 раза выше прочности стали (1,8 Гн/м²) и при этом в 4 миллиона раз легче стали (плотность 1,9 г/м³, а плотность стали 7,82 т/м³)

– и являющиеся прекрасными сорбентами (1 гр. поглощает до 50 гр. нефтепродуктов) – углеродные волокна превосходят все известные жаростойкие волокнистые материалы!

Это предопределяет возможность применения углеродных волокон в качестве тепловых экранов и теплоизоляционного материала в высокотемпературной технике.

Применение углеродных волокон

Благодаря высокой химической стойкости углеродные волокна применяют для фильтрации агрессивных сред, очистки газов, изготовления защитных костюмов и др. и использовать их в качестве разнообразных по назначению электронагревательных элементов, для изготовления терморпар и др.

Электропроводность углеродных волокон позволяет бороться и с доставляющим немало хлопот статическим электричеством (кстати, далеко не безвредным для здоровья человека): достаточно ввести в материал (ткань, бумагу) всего 0,02–1% углеродного волокна, чтобы электрические заряды полностью «стекали» с этого материала, как после обработки антистатиком.

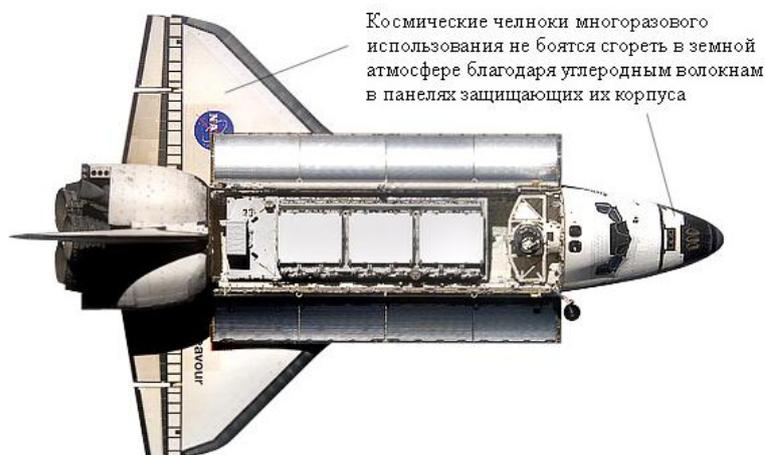
Углеродные материалы имеют и медицинские области применения: живой организм их не отторгает. Поэтому если скрепить сломанную кость штифтом на основе углепластика, а

поврежденное сухожилие заменить легкой и прочной углеродной лентой, то организм не воспримет этот материал как чужеродный.

А углеродные материалы, обладающие высокой адсорбционной активностью, с успехом применяют в виде повязок, тампонов и дренажей при лечении открытых ран и ожогов – в том числе и химических. для очистки крови и других биологических жидкостей, как лекарственное средство при отравлениях (благодаря их высокой способности сорбировать яды), как носители лекарственных и биологически активных веществ.

Углеродные волокна применяют для армирования композиционных, теплозащитных, химостойких в качестве наполнителей в различных видах углепластиков. Из модернезированных углеволокон изготавливают электроды, термопары, экраны, поглощающие электромагнитное излучение, изделия для электро- и радиотехники. На основе углеродных волокон получают жесткие и гибкие электронагреватели, обогреваемую одежду и обувь. Нетканые углеродные материалы служат высокотемпературной изоляцией технологических установок и трубопроводов. Благодаря химической инертности углеволокнистые материалы используют в качестве фильтрующих слоев для очистки агрессивных жидкостей и газов от дисперсных примесей, а также в качестве уплотнителей и сальниковых набивок. УВА и углеволокнистые ионообменники служат для очистки воздуха, а также технологических газов и жидкостей, выделения из последних ценных компонентов, изготовления средств индивидуальной защиты органов дыхания.

В настоящее время углеродные волокна используют для термозащиты космических кораблей, самолетов, ракет, изготовления их носовых частей, деталей двигателей, теплопроводящих устройств, для энергетических установок и производства активированных углеродных волокон (например, в накопителях электроэнергии, аккумуляторах, батареях, устройствах-модулях по очистке газов, где требуются новые, в частности, токопроводящие углеродные волокна-сорбенты).



Углеродное волокно и ткани из углеродных волокон

Помимо высоких прочностных свойств и малого веса, углеродное волокно и композиты на его основе (углепластик) имеют черный цвет и хорошо проводят электричество, что определяет и ограничивает области, где применяется углепластик и углеродное волокно. Кроме того, углеродное волокно и углепластик имеют очень низкий, практически нулевой коэффициент линейного расширения, что делает углеродное волокно незаменимым в некоторых специальных областях применения.

Производителям тканых материалов углеродное волокно поставляется в виде нитей, которые представляют собой группу элементарных углеродных волокон. Количество углеродного волокна в нити оценивается числом «К» – число тысяч элементарных углеродных волокон. Самое меньшее и самое дорогое углеродное волокно – 1К, наиболее распространенное углеродное волокно 3К, существуют также нити из углеродного волокна с К = 6, 12, 24, 48.

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ЭПОКСИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

Пунина М.А. – студентка группы ПКМ-91, Головина Е.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова (г. Барнаул)

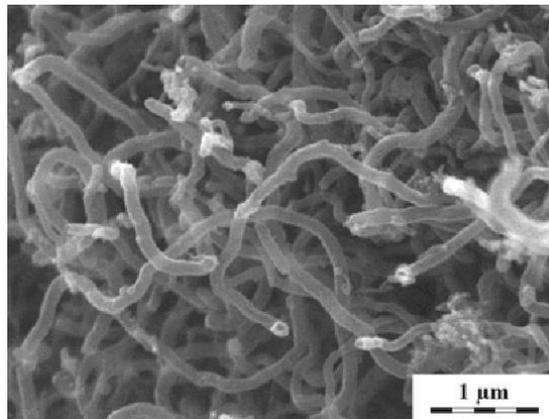
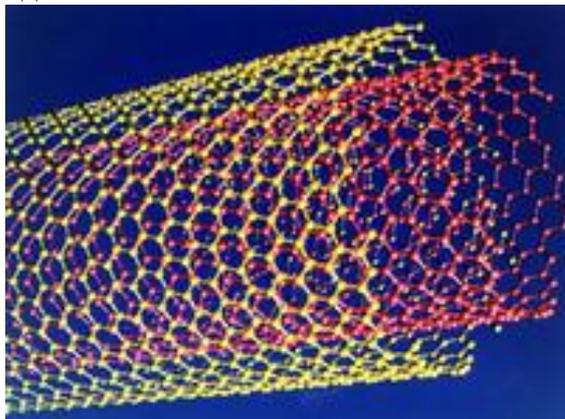
Полимерные композиционные материалы уверенно занимают свою нишу в авиационном машиностроении, демонстрируя выдающиеся удельные показатели статической прочности и жесткости, вибростойкость, выносливость при циклических нагрузках, размеростабильность в широком диапазоне температур.

Основную часть конструкционных полимерных композиционных материалов составляют композиты на основе эпоксидных связующих, обладающих высокой адгезией к армирующим волокнам, малой усадкой и когезионной прочностью в отвержденном состоянии. Путем применения мономеров и олигомеров с разветвленными функциональными группами удается обеспечить развитую сшивку эпоксидных связующих при отверждении и тем самым поднять теплостойкость полимерных композиционных материалов.

Однако отрицательным следствием густой сшивки является хрупкость матрицы, вследствие чего в композитах наблюдается пониженное сопротивление развитию трещин в направлении ориентации слоев и между ними. Эти повреждения всегда предшествуют расслаиванию композита и его разрушению вследствие разрыва армирующих углеродных наполнителей.

В связи с этим возникла необходимость искать технические решения, направленные на повышение уровня пластической деформации эпоксидной матрицы, увеличение адгезионной прочности на границе раздела «армирующее волокно-полимерная матрица», удельной энергии, вязкости разрушения полимерных композиционных материалов.

Одним из методов, позволяющим решать поставленные задачи является модификация эпоксидной матрицы углеродными нанотрубками. Углеродные нанотрубки оказались весьма перспективными структурными элементами для новых материалов. Благодаря своей особой топологии углеродные нанотрубки не имеют свободных химических связей, и поэтому несмотря на малые размеры они не проявляют «поверхностных эффектов» и обладают близкими к идеальным оптическими и механическими свойствами.



Одним из важнейших факторов является тот, что даже небольшие добавки углеродных нанотрубок (1-2 %, а иногда и на уровне 0,1-0,3 %) увеличивают модуль упругости и разрывную прочность полимера в разы [2]. При этом одновременно резко увеличивается теплопроводность и электропроводность материала. Добавки углеродных нанотрубок позволяют расширить диапазон рабочих температур композитов на основе некоторых полимеров благодаря повышению температуры перехода в стеклообразное состояние.

Отличием углеродных нанотрубок от других нанонаполнителей является их гладкая в атомном масштабе поверхность, что приводит к растяжению макромолекул матричного полимера на этой поверхности и образованию плотноупакованного межфазного слоя полимерная матрица - углеродные нанотрубки. Наблюдаемый для нанокомпозитов полимер - угле-

родные нанотрубки эффект увеличения пластичности обусловлен формированием плотно-упакованных межфазных областей на поверхности нанотрубок и, как следствие, изменением молекулярных и структурных характеристик полимерной матрицы.

Однако использование углеродных наноматериалов связано со специфическими затруднениями. Дело в том, что углеродные наномолекулы склонны образовывать конгломераты, препятствующие их равномерному распределению в матрице и тем самым не позволяющие достичь желаемой эффективности при модификации полимера. В частности, углеродные нанотрубки упаковываются в плотные жгуты, состоящие из большого числа параллельно расположенных одиночных трубок, а фуллерены обладают крайне низкой растворимостью в связующих. С целью лучшего диспергирования модифицирующей добавки в матрице, а также для формирования ковалентных связей между матрицей и наночастицей, проводится функционализация наночастиц.

В подавляющем большинстве случаев механические свойства композиционных материалов тем выше, чем меньше размер частиц дисперсной фазы. Диспергирование заключается в разрушении агломератов наполнителя. Агломерат – это образование, состоящее из нескольких первичных частиц наполнителя, соединенных физическими связями. Количество частиц в агломерате может колебаться от нескольких десятков до десятков тысяч. В порошкообразном состоянии наполнитель состоит из агломератов. При их смешении с полимером происходит разделение крупных агломератов на более мелкие. Одновременно происходит смачивание вновь образующейся поверхности наполнителя полимером. При всей тщательности смешения разрушение агломератов до первичных частиц во многих случаях не происходит.

Покрyтия на основе эпоксидно-диановых смол характеризуются следующими свойствами: хорошая адгезия к металлу, стеклу, керамике, высокая твердость, эластичность, ценные диэлектрические свойства, стойкость в агрессивных средах.

Вместе с тем создание эпоксидных компонентов, модифицированных углеродных нанотрубок, вызывает существенные трудности, связанные с достижением их однородного распределения в матрице из-за высокой энергетической активности, склонности к агрегированию и седиментации в менее плотной олигомерной среде. Неоднородный характер заполнения полимерной матрицы нанотрубками приводит к повышенной хрупкости композиционного материала, которая проявляется в разрушении индивидуальных нанотрубок при относительно невысоких нагрузках. Такое явление наблюдалось в работе, в которой объектом исследования служили многостенные углеродные нанотрубки, полученные стандартным электродуговым методом.

Степень однородности композиционного материала, содержащего углеродных нанотрубок, существенно зависит от их концентрации. При малых концентрациях легче достигается высокая степень однородности материала, поскольку при этом удается диспергировать жгуты, содержащие нанотрубки. С ростом концентрации углеродных нанотрубок начинает негативно проявляться их жгутовая структура, в силу которой между различными жгутами, по-разному ориентированными в полимерной матрице, образуется свободное пространство, заполняемое полимерным материалом.

Эффективным способом преодоления указанных проблем является использование ультразвуковой обработки.

Из литературных данных известно, что наилучшее распределение углеродных нанотрубок достигается в смеси растворителей ацетон:спирт = 9:1 при температуре ≈ 50 °C и времени воздействия УЗ – 10 мин.

Механизм упрочнения нового композита еще не достаточно изучен. Важная особенность данного нанокompозита заключается в том, что статическая нагрузка не меняет его свойств; только динамическое воздействие приводит к росту жёсткости.

Изучив в деталях взаимодействие полимера и углеродных нанотрубок, можно будет создавать не только самоупрочняющиеся конструкционные материалы, но и искусственные имплантаты костей и хрящей, обладающие некоторым сходством с природными аналогами.

ПОДГОТОВКА ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

Собачкин А. В. – аспирант, Ситников А. А. – д.т.н., профессор, Яковлев В. И. – к.т.н., с.н.с.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Наплавка является самым распространенным способом восстановления деталей на предприятиях различных отраслей машиностроения. Её широкое применение объясняется высокими технико-экономическими показателями. Наплавку применяют для восстановления изношенных деталей, а также при изготовлении новых деталей с целью получения поверхностных слоев, обладающих повышенными твердостью, износостойкостью, жаропрочностью, кислотостойкостью или другими свойствами. Она позволяет значительно увеличить срок службы деталей и намного сократить расход дефицитных материалов при их изготовлении [1].

Наиболее распространенным способом дуговой наплавки является ручная наплавка покрытыми электродами. Несмотря на расширение областей и объемов применения таких механизированных способов наплавки, как под флюсом и в углекислом газе, ручная наплавка покрытыми электродами, на долю которой приходится больше половины всего объема сварочных работ, еще долго сохранит свое преобладающее положение. Это объясняется простотой и маневренностью способа, что достигается возможностью подачи в зону сварки вместе с расплавляемой проволокой и защитных материалов покрытия.

Перспективным способом является наплавка порошковыми электродами [2]. Порошковый электрод – это электрод, состоящий из металлической оболочки и порошкового сердечника (шихты).

Использование в качестве компонентов шихты порошков различных материалов дает широкую возможность применять составы порошковых сердечников и создавать такие смеси электродного материала, которые чрезвычайно трудно, а иногда и просто невозможно получить другими техническими способами. Так, введение в сердечник порошкового электрода значительных количеств хрома, никеля и других элементов обеспечивает такой химический состав наплавленного металла, который чрезвычайно трудно получить обычным металлургическим путем. Кроме того, наиболее эффективными на сегодняшний день порошками электродной шихты для наплавки деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, являются композиционные материалы, например полученные методом саморапространяющегося высокотемпературного синтеза [3].

Этап подготовки компонентов электродной шихты и условия проведения этой подготовки во многом определяют свойства наплавленного покрытия: равномерность наплавленного слоя, однородность его структуры и отсутствие дефектов наплавки.

В связи с этим, целью работы является выработка рекомендаций по подготовке порошковой смеси для ее дальнейшего использования в порошковых электродах при наплавке износостойких покрытий, например, рабочих органов сельскохозяйственных машин.

В качестве материалов для изготовления порошкового электрода использовались порошки титана, углерода и наплавочного порошка на основе никель-хрома [4].

Приведенные выше компоненты электродной шихты должны отвечать определенным требованиям. Определяющими из них являются степень насыщения порошка влагой и грануляция исходного порошкового состава. Так, крупность частиц порошков, входящих в состав шихты, определяет сыпучесть последней и, как следствие, – качество дозирования при заполнении электрода и наплавке им изделия. Поэтому в порошках, используемых для изготовления порошковой электродной смеси, нежелательно наличие пылевидной фракции с размером частиц менее 0,05 мм и крупных частиц с размером, превышающим 0,3 мм [5]. Кроме того, на сыпучесть электродной шихты оказывает влияние и степень насыщенности порошков парами влаги. В зависимости от гигроскопичности определенного компонента шихты должно варьироваться время и температура сушки. Поэтому, для установления наиболее рациональных режимов подготовки электродной шихты были проведены исследования

сыпучести порошков по ГОСТ 20899-98 «Порошки металлические. Определение текучести с помощью калиброванной воронки (прибора Холла)».

Первой операцией методики подготовки порошковой электродной шихты является сушка (прокалка). По данным литературных источников [6] сушку металлических порошков следует выполнять при температуре от 120 до 150 °С, оксидные порошки прокаливают при температуре от 400 до 600 °С. Порошки засыпают в противни толщиной засыпки от 10 до 15 мм, время сушки составляет от 2 до 5 ч при периодическом перемешивании. Исследования сыпучести порошков электродной шихты по ГОСТ 20899-98 показали, что рекомендуемым временем просушки порошка углерода следует считать 15-20 часов при температуре 130-150 °С, а режимы просушки порошков титана и никель-хрома с целью уменьшения потребления электроэнергии можно снизить до 10 часов при температуре 100-110 °С, что объясняется большей гигроскопичностью порошка углерода.

Следующей операцией методики подготовки электродной шихты является проведение классификации каждого из ее компонентов. Для этого использовался набор сит, применяемый для определения гранулометрического состава по ГОСТ 18318-94. Исходя из вышеприведенных рекомендаций, нижней границей размера ячейки сита является 50 мкм. Верхняя граница снижена от рекомендованного значения до 200 мкм в связи с необходимостью дальнейшего проведения реакции синтеза в электродной смеси. На основании изучения сыпучести порошков электродной шихты по ГОСТ 20899-98 установлено, что порошки дисперсностью 50-63 мкм обладают неудовлетворительной текучестью, поэтому следует отказаться от использования порошков данной фракции в составе электродной шихты.

В таблице в качестве примера приведены результаты исследования по ГОСТ 20899-98 порошка одного из компонентов применяемой электродной шихты.

Таким образом, использование описанной методики подготовки порошковой электродной шихты позволит изготавливать качественные электроды из СВС-материалов и проводить ими износостойкую наплавку деталей, обеспечивать оптимальную структуру наплавленного слоя, а также его высокую микротвердость и износостойкость [7].

Таблица – Среднее время истечения (в секундах) порошка углерода дисперсностью от 100 до 200 мкм

Температура сушки, °С	Время сушки, ч	Температура		
		100	120	140
5		294,9	182,6	108,7
10		235,1	167,3	94,3
15		193,1	114,8	76,5

Список литературы:

1. Буклагина, Г. В. Приоритетные направления восстановления и упрочнения деталей тракторов и сельскохозяйственных машин / Г. В. Буклагина // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2003. - № 3. – С. 896.
2. Сухарев, А. С. Сравнительная оценка получения покрытий методами наплавки / А. С. Сухарев, А. А. Зябрев // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2006. – № 2. – С. 125-126.
3. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / В. В. Евстигнеев, Б. М. Вольпе, И. В. Милюкова, Г. В. Сайгутин. – М. : Высшая школа, 1996. – 284 с.
4. Покрытия из механоактивированных СВС-материалов для рабочих органов сельскохозяйственных машин, наплавленные ручным дуговым способом / А. А. Ситников, В. И.

Яковлев, А. В. Собачкин, М. Н. Сейдуров, М. Е. Татаркин // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1/1. – С. 273-277.

5. Якушин, Б. Ф. Новая технология формирования подслоя при износостойкой дуговой наплавке / Б. Ф. Якушин, А. В. Сударев, В. Н. Куценко // Сварка и диагностика. – 2010. – № 5. – С. 32-37.

6. Людаговский, А. В. Газотермическое напыление покрытий : учебное пособие / А. В. Людаговский. – М. : РГОТУПС, 2006. – 43 с.

7. Структура и свойства наплавленных электродуговых покрытий из порошков механоактивированных СВС-композитов / А. А. Ситников, В. И. Яковлев, М. Н. Сейдуров, М. Е. Татаркин, А. В. Собачкин, Н. В. Степанова, И. Ю. Резанов // Обработка металлов. – 2011. – № 3. – С. 51-55.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ СВС-МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫЕ ГАЗОДЕТОНАЦИОННЫМ И ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ СПОСОБАМИ

Собачкин А. В. – аспирант, Татаркин М. Е. – аспирант, Яковлев В. И. – к.т.н., с.н.с.
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Возможность использования разнообразных покрытий на деталях машин является значительным качественным скачком в дальнейшем развитии всех отраслей промышленности. В настоящее время имеют огромное значение ресурсосберегающие технологии, придающие путем поверхностной обработки новые свойства материалам, так как во многих случаях целесообразно упрочнять и модифицировать всю деталь, а достаточно нанести на нее слой покрытия с необходимыми свойствами. Использование покрытий позволяет увеличить срок эксплуатации машин путем повышения их износо-, термо- и коррозионной стойкости, возможности восстановления отработавших деталей, упрочнения поверхностного слоя, замене дорогостоящих материалов более дешевыми [1].

В особую группу выделяют покрытия, получаемые напылением металлов, сплавов, соединений металлов, керамики и других материалов посредством использования теплоты сжигания горючей смеси или теплоты дугового разряда в газовых средах. Среди способов газотермического напыления покрытий, предназначенных для работы в наиболее тяжелых условиях при действии экстремальных нагрузок и температур, наиболее перспективным является детонационный. Этот метод нанесения покрытий позволяет получать покрытия при меньшем нагреве напыляемой детали, что позволяет избежать деформации последней в процессе напыления, а также исключить неблагоприятные явления, сопутствующие процессу при нагреве детали, такие как насыщение поверхности детали газами. Физико-механические и эксплуатационные свойства детонационных покрытий существенно превышают показатели для покрытий, полученных другими газотермическими методами. Этот метод позволяет создавать покрытия толщиной от нескольких микрометров до сотен микрометров.

Одним из наиболее эффективных способов создания покрытий более значительных толщин (до нескольких миллиметров) является электродуговая наплавка. Это недорогой метод продления срока службы металлических изделий.

Однако, используемые до настоящего времени материалы для повышения износостойкости как детонационным, так и электродуговым методом, не удовлетворяют современным потребностям наукоемких предприятий по своим физическим, механическим свойствам либо по их стоимости [2]. Выход следует искать в создании новых материалов или композитов, отвечающих требованиям работы изделий на их основе.

Одним из возможных путей в решении задач управления структурой и свойствами таких новых композитов является применение новых методов в синтезе композиционных материалов, например методов высокотемпературного синтеза (СВС). Проведение реакций высокотемпературного синтеза с использованием механоактивационной обработки реагентов совместно с металлической матрицей обеспечивает возможность получения нового класса по-

рошковых композитов, состоящих из субмелкодисперсных частиц синтезированного продукта при равномерном распределении их в объеме стальной матрицы.

В связи с этим, целью работы является исследование износостойкости покрытий из механоактивированных СВС-композитов, полученных методом детонационного напыления и электродуговой наплавкой порошковыми электродами.

Напыление осуществлялось на образец из стали 40 с помощью установки газодетонационного напыления «Катунь-М». Дистанция напыления составляла 100 мм. В качестве материала для напыления использовалась смесь TiC+ПР-Н70Х17С4Р4-3 (X % масс.) – СВС-механокомпозит. Степень разбавления металлом матрицы составляла от 60 % до 20 % с шагом 20 %.

Дуговая наплавка в три прохода осуществлялась на подложку из стали 45 трубчатым порошковым электродом, содержащим TiC+ПР-Н70Х17С4Р4-3 (X % масс.) – СВС-механокомпозит. Степень разбавления металлом матрицы составляла от 80 % до 50 % с шагом 10 % [3, 4].

Износостойкость детонационных и наплавленных покрытий оценивалась по величине весового износа.

Определение износостойкости детонационных покрытий производилось в соответствии с ГОСТ 23.204-78 «Обеспечение износостойкости изделий. Методы определения истирающей способности поверхностей при трении». Триботехнические свойства материалов определялись на триботехническом комплексе. В основе комплекса лежит машина для испытания материалов на трение 2168 УМТ, оснащенная компьютером с программным обеспечением, позволяющим управлять машиной трения. Испытания производились по схеме «диск-колодка» – при вращательном движении в режиме сухого трения.

Величина износа определялась путем непосредственного замера массы до и после испытаний на трение. Взвешивание производилось на аналитических весах ВЛР-200 второго класса с точностью измерения 0,05 мг. Расчет весового износа (Δm) детонационного покрытия проводился в зависимости от химического состава покрытия (процентного содержания NiCr в напыленном материале) и нагрузки (P) при постоянной окружной скорости вращения ($V=0,2$ м/с). Результаты определения износостойкости представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исследование износостойкости детонационных покрытий

	Нагрузка P, Н	Степень разбавления металлом матрицы, % масс.		
		20	40	60
Весовой износ m, г	190	0,003	0,004	0,009
	380	0,004	0,006	0,014
	570	0,007	0,009	0,021
	760	0,012	0,014	0,029
	950	0,014	0,018	0,032
Относительный весовой износ Δm , г/Н	190	$1,578 \cdot 10^{-5}$	$2,105 \cdot 10^{-5}$	$4,736 \cdot 10^{-5}$
	380	$1,052 \cdot 10^{-5}$	$1,578 \cdot 10^{-5}$	$3,684 \cdot 10^{-5}$
	570	$1,228 \cdot 10^{-5}$	$1,578 \cdot 10^{-5}$	$3,684 \cdot 10^{-5}$
	760	$1,578 \cdot 10^{-5}$	$1,842 \cdot 10^{-5}$	$3,815 \cdot 10^{-5}$
	950	$1,473 \cdot 10^{-5}$	$1,894 \cdot 10^{-5}$	$3,368 \cdot 10^{-5}$

Износостойкость наплавленного металла оценивали весовому износу покрытий в результате взаимодействия трущихся поверхностей по ГОСТ 17367-71. Исследования проводились на гладких цилиндрических образцах диаметром 10 мм и высотой 15 мм. В качестве испытательного оборудования использовалась машина трения, предназначенная для испытаний различных фрикционных и смазочных материалов на трение и износ с максимальным моментом трения 40 Н·м и максимальной частотой вращения шпинделя 3000 мин⁻¹.

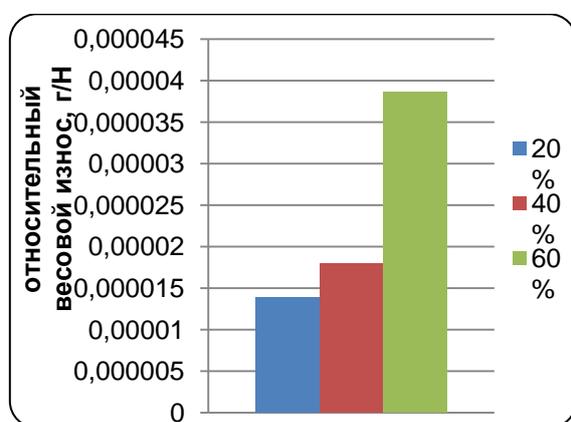
Для определения весового износа использовались аналитические весы ВЛР-200 второго класса с точностью измерения до 0,05 мг. При испытаниях задавались следующие парамет-

ры: 1) длина пути для каждого образца – 49 м; 2) нагрузка, создаваемая на образце – 2 кг; 3) скорость вращения диска с абразивной шкуркой – 120 об/мин; 4) время одного испытания образца – 60 с. Диск диаметром 200 мм применялся с использованием абразивной листовой шкурки марки Л2Э620×50С115А25-ВМА ГОСТ 6456-82. В качестве абразивного материала был использован электрокорунд нормальный А15 зернистостью 25 по ГОСТ 3647-71. Результаты определения износостойкости представлены в таблице 2.

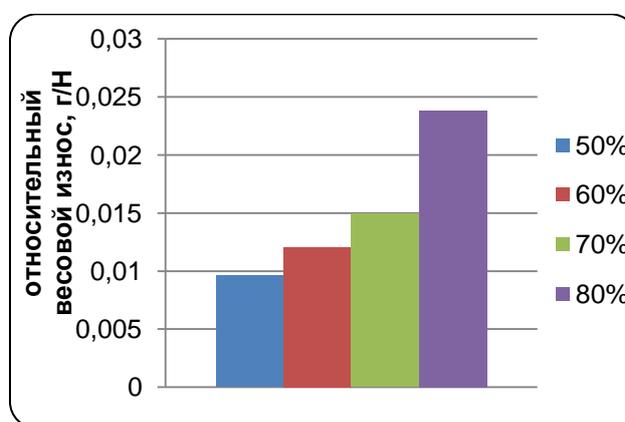
По результатам исследования износостойкости детонационных и наплавленных покрытий были построены гистограммы распределения относительного весового износа, представленные на рисунке 1.

Таблица 2 – Исследование износостойкости наплавленных покрытий

	№ испытания	Степень разбавления металлом матрицы, % масс.			
		80	70	60	50
Весовой износ m , г	1	0,618	0,281	0,233	0,184
	2	0,416	0,237	0,222	0,206
	3	0,448	0,372	0,269	0,165
	4	0,385	0,279	0,241	0,229
	5	–	0,295	0,219	0,158
Относительный весовой износ Δm , г/Н	1	0,0315306	0,014336	0,011887	0,009387
	2	0,0212244	0,012091	0,011326	0,010510
	3	0,0228571	0,018979	0,013724	0,008418
	4	0,0196428	0,014234	0,012295	0,011683
	5	–	0,015051	0,011173	0,008061



а) детонационное покрытие



б) наплавленное покрытие

Рисунок 1 – Относительный весовой износ покрытий в зависимости от степени разбавления композита металлом матрицы

По итогам работы можно сделать вывод, что характер износа детонационных и наплавленных покрытий имеет сходный характер и определяется содержанием карбидной фазы в матрице. Напыление и наплавка механоактивированными СВС-композитами позволит существенно повысить износостойкость деталей и изделий с подобными покрытиями.

Список литературы:

1. Сухарев, А. С. Сравнительная оценка получения покрытий методами наплавки / А. С. Сухарев, А. А. Зябрев // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2006. – № 2. – С. 125-126.

2. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / В. В. Евстигнеев, Б. М. Вольпе, И. В. Милюкова, Г. В. Сайгутин. – М. : Высшая школа, 1996. – 284 с.

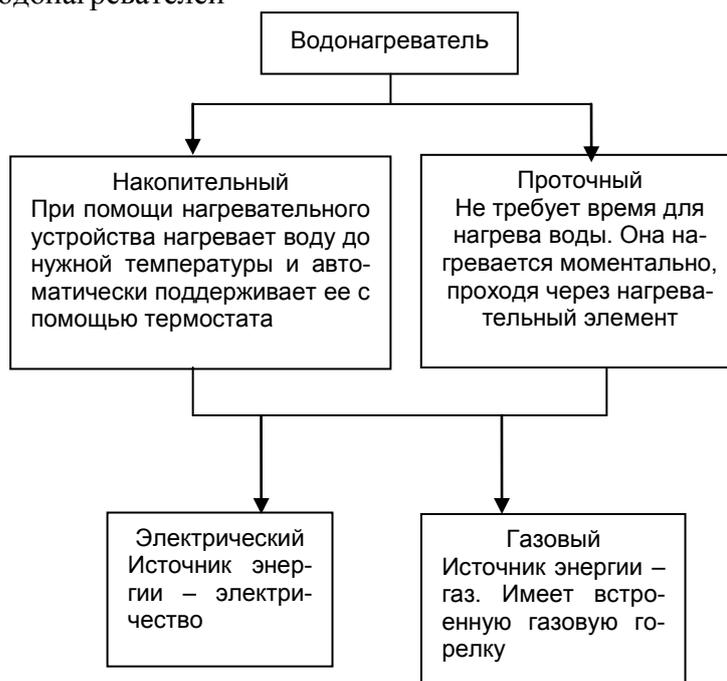
3. Покрытия из механоактивированных СВС-материалов для рабочих органов сельскохозяйственных машин, наплавленные ручным дуговым способом / А. А. Ситников, В. И. Яковлев, А. В. Собачкин, М. Н. Сейдуров, М. Е. Татаркин // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1/1. – С. 273-277.

4. Структура и свойства наплавленных электродуговых покрытий из порошков механоактивированных СВС-композитов / А. А. Ситников, В. И. Яковлев, М. Н. Сейдуров, М. Е. Татаркин, А. В. Собачкин, Н. В. Степанова, И. Ю. Резанов // Обработка металлов. – 2011. – № 3. – С. 51-55.

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ВНУТРЕННЕГО БАКА ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Сопыряева Е.А. – студентка группы ПКМ-81, Головина Е.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время существует большой сортамент различных видов водонагревателей.
Классификация водонагревателей



Работа накопительного водонагревателя (бойлера) построена на возможности использовать горячую воду в верхней части бака, в то время как в нижнюю его часть по мере расхода воды поступает холодная и постепенно нагревается. В проточном водонагревателе вода нагревается практически моментально, и поэтому он расходует энергии больше, чем накопительный. Общий вид накопительного и проточного водонагревателя приведен на рисунке 1.

Газовые накопительные водонагреватели экономичнее электрических, что связано с более низкими тарифами на данный вид энергии. Один и тот же объем воды в газовом бойлере нагревается быстрее. Его установка потребует дополнительно сооружения дымохода, и его стоимость и стоимость монтажа обходятся дороже по сравнению с электрическим водонагревателем.

Конструктивно бойлеры или накопители представляют собой теплоизолированную емкость, слой теплоизоляции (пенополиуретан или стекловата), облицовку, термостат (Рисунок 2). В теплоизолированной емкости имеется нагревательный элемент (ТЭН). На облицовке расположены элементы управления мощностью и температурой нагрева.



Рисунок 1 – Общий вид проточного и накопительного водонагревателя



Рисунок 2 – Конструкция электрического накопительного водонагревателя

Вода нагревается до заданной температуры, при расходовании или охлаждении температура автоматически поддерживается в определенном диапазоне с помощью термостата, который включает и выключает ТЭНы. Теплая вода вытекает из прибора автоматически при открывании крана, а взамен поступает порция холодной воды. Для того, чтобы уже нагретая вода не замещалась холодной, предусматривается система равномерного подмешивания воды.

Облицовку выполняют обычно из пластика. Для нагревателей с большим объемом бака ее делают из металла. Важное значение имеет материал, из которого выполнен внутренний бак водонагревателя. Это может быть эмалированная сталь или стеклокерамическое покрытие, нержавеющая сталь, медь. Бак должен быть прочным, так как он подвержен внутреннему давлению воды. Давление в водопроводной сети 2 – 10 бар, а масса водонагревателя с водой около 120 кг.

Существует ряд проблем возникающих в процессе эксплуатации водонагревателя. В него входят коррозия внутреннего бака, образование течи (в редких случаях небольшой потоп). Самой распространенной из них является коррозия. Обычно, если бак выполняют из металла, его покрывают антикоррозионным покрытием. Со временем эти материалы окисляются и изнашиваются. Так же есть вероятность механического повреждения покрытия при произ-

водстве бойлеров, и при соприкосновении с водой начинается процесс образования коррозии. Внутри бойлера копятся отложения, и эффективность работы прибора снижается. Срок службы таких нагревателей ограничен – от восьми до пятнадцати лет. Некоторым потребителям водонагревательные котлы служат пятнадцать и даже двадцать лет при условии бережного ухода и строгого соблюдения правил эксплуатации.

Чтобы предотвратить коррозию бака, его протекание и увеличить срок эксплуатации, целесообразно изготовить внутреннюю емкость из нержавеющей стали, не уступающей по прочности металлу. Если выполнить емкость из стеклопластика, то можно получить отличный аналог металлическому баку. Стеклопластик обладает высокими физико-механическими характеристиками (Таблица 1).

Стеклопластики на основе полиэфирных смол можно эксплуатировать до 60-150 °С, эпоксидных – до 80-200 °С, феноло-формальдегидных – до 150-250 °С, полиимидов – до 200-400 °С.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики стеклопластика

Характеристика	Значение
Плотность, кг/м ³	1600-2000
Предел прочности при растяжении, МПа	227
Предел прочности при сжатии, МПа	227
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	690-1240
Модуль упругости при растяжении, ГПа	21-41
Модуль упругости при изгибе, ГПа	21-47
Коэффициент линейного термического расширения, × 10 ⁻⁶ м/град	5-14
Коэффициент теплопроводности, Вт/мК	0,3-0,5

Исходя из анализа свойств стеклопластика и факторов, влияющих на нагреватель при его эксплуатации, можно сделать вывод. Внутренний бак водонагревателя, изготовленный из стеклопластика отлично справится с условиями работы нагревателя, не подвержен коррозии, в нем нет сварных швов, которые являются концентраторами напряжения, и он по прочности не уступает стальному баку.

Список литературы:

1. http://nagrevaem.ru/auxpage_opisanie_vodonagrevatelya/
2. <http://www.klimat-pro.ru/catalog/water-heater/timberk/fc6.aspx>
3. <http://www.klimat-pro.ru/catalog/water-heater/timberk/wttimberk.aspx>
4. http://www.sstroy.com.ua/ru/otopitelnaya_tehnika/nagrevateli_vody/vodonagrevateli/

ЗАМЕНА ТРАДИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ НА КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Чугунцов Д. А. - студент группы ПКМ-81, Головина Е.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Автомобиль является неотъемлемой частью жизни людей, поэтому совершенствование конструкции, снижение массы, повышение надёжности, безопасности и экологичности автомобилей являются приоритетными задачами для автомобилестроения.

Неотъемлемой частью автомобиля является кузов. Он определяет не только внешний вид авто, а создаёт защиту пассажиров и груза от воздействия внешней среды, также задаёт форму автомобиля, которая непосредственно влияет на аэродинамические характеристики. Если в первых автомобилях кузов представлял собой коробку, в которой скрывался двигатель, то с течением времени кузов стал покрывать весь автомобиль, а его форма приобретала плавный обтекаемый силуэт. Гонка за снижением массы и повышением аэродинамических

характеристик автомобиля повлекла за собой поиск новых технологических приёмов, разработку и применение новых материалов, поэтому в наше время кузов представляет собой высоко технологичную конструкцию.

Обычно детали кузова крепятся к раме автомобиля, кузов такой конструкции называется рамным, но бывают и безрамные – кузов одновременно исполняет функции рамы и к нему крепятся остальные узлы и агрегаты автомобиля. Возможность реализации замены традиционного материала кузова на полимерный композиционный материал предоставляется при рамном исполнении кузова. То есть автомобиль должен состоять из шасси с жесткой рамой, к которой будут крепиться детали кузова, изготовленные из композита. Такой метод установки кузова позволяет обеспечить лёгкость замены сломанных деталей, обеспечить высокую прочность и жесткость конструкции, также простоту формы отдельных деталей кузова.

Форма и конструкция рамы автомобиля очень разнообразны, основное влияние на это оказывают такие факторы как: расположение и устройство узлов и механизмов автомобиля, дизайнерские и инженерные решения. На рисунках 1 и 2 представлены примеры исполнения рамы автомобиля. Назначение автомобиля оказывает большое влияние на выбор материалов для изготовления рамы. В дорогостоящих спортивных автомобилях используют высокопрочные лёгкие сплавы и композиционные материалы (в основном углепластики), а в более дешевых гражданских авто в основном используют дешевые сорта углеродистых сталей и различные сплавы алюминия.

Для достижения высокой прочности, надёжности и низкой массы, материал кузова автомобиля должен обладать специфическими свойствами, именно композиционные материалы позволят одновременно достичь повышения прочности и снижения массы кузова. Композиционный материал – это материал состоящий минимум из трёх фаз с ярко выраженной границей раздела фаз. Композиты состоят из двух и более компонентов, обычно армирующего волокна и полимерной матрицы.



Рисунок 1 – пример исполнения рамы

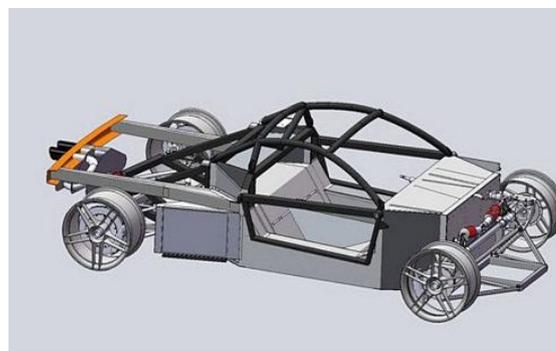


Рисунок 2 – пример исполнения рамы

Компоненты композита работают совместно, волокно воспринимает нагрузку, а матрица равномерно перераспределяет эту нагрузку на волокна. Важной особенностью композитов является высокая анизотропия свойств, что позволяет получать уникальные материалы с заранее заданными свойствами для работы в определённых условиях. Использование композитов способствует уменьшению количества производственных циклов изготовления деталей, ведь материал и изделие формируется одновременно, что позволяет отказаться от значительной части механической обработки изделий, уменьшить затраты материала и снизить трудоёмкость изготовления.

Для исследования замены традиционного материала кузова автомобиля был выбран композиционный материал на основе базальтовых волокон, так называемый базальтопластик. Именно базальтопластик является наиболее перспективным материалом для использования в автомобилестроении, поскольку по своим механическим характеристикам непрерыв-

ное базальтовое волокно занимает промежуточное положение между стекловолокном и углеродными волокнами при относительно невысокой цене.

Базальтовое волокно производят из различных горных пород близких по химическому составу – базальта, базанитов, амфиболитов, габродиабазов или их смесей. Химический состав базальтовых волокон определяется составом природного минерала базальта, используемого в качестве исходного материала при их получении. Технологии получения стеклянных и базальтовых волокон практически аналогичны. Главными отличиями являются: температурный режим получения и исходное сырьё. Базальтовые волокна производятся при более высоких температурах, чем стеклянные, что влечёт за собой увеличение энергозатрат на поддержание необходимой температуры в печи. Но исходное сырьё для производства базальтовых волокон во много раз дешевле, чем сырьё для стеклянных. Ведь наша страна богата практически неисчерпаемым запасом горных пород габбро-базальтовой группы. Месторождения данных пород разбросаны по всей стране, что значительно сокращает затраты производства на добычу и транспортировку сырья.

Базальтовые волокна имеют практически все положительные свойства стеклянных волокон, но отличаются при этом еще рядом преимуществ:

1. Высокие механические свойства (повышенные прочность и модуль упругости)

Прочность базальтовых волокон выше, чем стекловолокна из E-стекла и приближается к прочности специального высокопрочного стекловолокна из S-стекла (Таблица 1). За счёт более прочного адгезионного соединения на границе волокно – связующее, ПКМ армированные базальтовым волокном демонстрируют более высокие прочностные характеристики.

Таблица 1 – Прочность базальтовых и стеклянных волокон

Волокно	Прочность, МПа	Модуль упругости, ГПа
Стекло (E-стекло)	1400-2400	72-76
Базальтовое	2700-3200	85-95
Стекло (S-стекло)	3100-4300	87-90

Анализ механических характеристик базальтового волокна взят из рекламных материалов одного из ведущих производителей - компании "Каменный Век", Россия, чьим приоритетом является производство высококачественных базальтовых волокон с высокими механическими характеристиками. Анализ свойств проводился в ламинатах. Данный вид измерений является более корректным способом по сравнению с анализом монофиламента или сухого пучка волокон, поскольку интересна не столько теоретическая прочность волокна, но и то, насколько хорошую адгезию оно имеет с матрицей, а также учет влияния разнородности на свойства волокна. Все анализы проводились в уважаемых европейских лабораториях и являются не рекламной информацией, а реальными свойствами волокна. Данные анализов показывают 25% увеличение прочности и 15% увеличение модуля упругости базальтового волокна по сравнению с E-стеклом.

2. Термостойкость

Базальтовые волокна и изделия на их основе обладают более высокими теплозвукоизоляционными и конструкционными свойствами. Базальтовые волокна превосходят стеклянные по температуростойкости. Так температурный интервал применения базальтовых волокон составляет от -260 °С до +700 °С, в то время как для стеклянных волокон от -60 °С до +450 °С. Термические характеристики базальтовых и стеклянных волокон представлены в таблице 2.

Материалы на основе базальтового волокна не горят при высоких температурах. При воздействии огня базальтовые волокна остаются неповрежденными, связанными между собой, сохраняя свою прочность и создавая защиту от огня. Изделия сохраняют свои свойства

и геометрическую форму. При воздействии огня не выделяют в атмосферу вредных и опасных веществ.

Таблица 2 – Термические характеристики базальтовых и стеклянных волокон

Термические характеристики	Базальтовое волокно	Е - стекло
Рабочая температура, °С	от -260 до +560	от -60 до +460
Краткосрочная максимальная рабочая температура, °С	до +700	до +550
Теплопроводность, Вт/(м·°К)	0.031-0.038	0.034-0.04

3. Высокая коррозионная и химическая стойкость

Базальтовое непрерывное волокно имеет высокую коррозионную и химическую стойкость к воздействию агрессивных сред: растворов солей, кислот, щелочей. По сравнению с металлом не поддается коррозии, а по сравнению со стекловолокном является щелочестойким и стойким по отношению к морской воде материалом. В таблице 3 представлены данные по химической стойкости базальтовых волокон.

Таблица 3 – Химическая устойчивость базальтовых и стеклянных волокон

Вещество	Потеря веса в % после 3-х часового кипячения	
	Базальтовое волокно	Е-стекло
H ₂ O	1,6	6,2
2NaOH	2,8	6,0
2NHCl	2,2	38,9

4. Экологичность

По сравнению с другими базальтовое волокно является более экологичным продуктом по ряду причин:

- Сырьем для производства базальтовых продуктов является природный камень - базальт;
- Во время загрузки щебня в печь не используются какие-либо химические добавки в виде подшихтовки; Во время производства не используются растворители, красители или иные вредные материалы;
- Для нагрева печей и питателей используется природный газ или электричество;
- Установки для производства базальтовых волокон являются экологически чистыми, компактными и в процессе работы не выделяют никаких промышленных отходов; в атмосферу уходят только продукты полного сгорания природного газа, прошедшие предварительное охлаждение в рекуператорах и очистку в фильтрах.
- Готовый продукт не содержит вредных веществ и полностью соответствует протоколу REACH и всем гигиеническим стандартам;
- Базальтовые волокна экологичны, не выделяют опасных для здоровья людей веществ в воздушной и водной средах, негорючи, взрывобезопасны;
- Продукты из базальта не являются канцерогенноопасными, поскольку для их производства используется волокно с диаметром монофиламентов более 5 мкм;
- Во время процесса утилизации базальт, в отличие от Е-стекла, превращается в порошок, который легко удаляется из печи и затем может быть использован как наполнитель для различных матриц.

Для исследования свойств традиционного материала и базальтопластика, средствами программы SolidWorks была построена модель крыши автомобиля. Для большей наглядности эксперимента толщина модели была слегка завышена и принята равной 10 мм. Произведено закрепление модели по нижним граням стоек и приложена нормальная распределённая нагрузка в 10000 Н на верхнюю плоскость крыши (рисунок 3).

Для первого образца был выбран традиционный материал со следующими характеристиками:

- Материал – оцинкованная сталь;
- Модуль упругости – 200 ГПа;
- Предел прочности – 356 МПа;
- Плотность – 7870 кг/м³;

В ходе исследования были получены следующие результаты:

- Максимальное напряжение, воспринятое материалом, составило 607 МПа. Распределение напряжений представлено на рисунке 5;

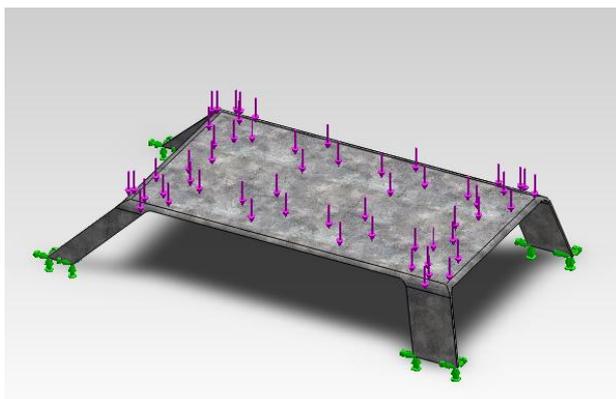


Рисунок 3 – закрепление и нагружение модели

- Максимальная деформация составила 14 мм. Распределение деформаций представлено на рисунке 6;
- Масса образца составила 109 кг (столь высокая масса обуславливается нестандартностью размеров образца, о которых говорилось ранее);
- Так же было установлено, что материал не выдержал нагрузок и разрушился, коэффициент запаса был принят равным 1. Области разрушения представлены на рисунке 7.

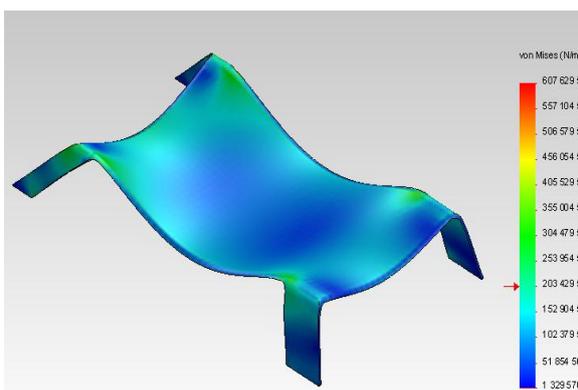


Рисунок 5 – распределение напряжений

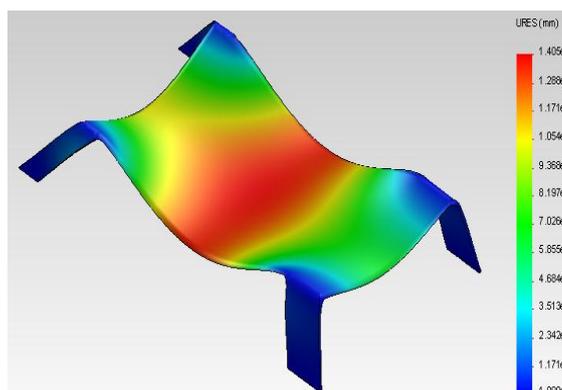


Рисунок 6 – распределение деформаций

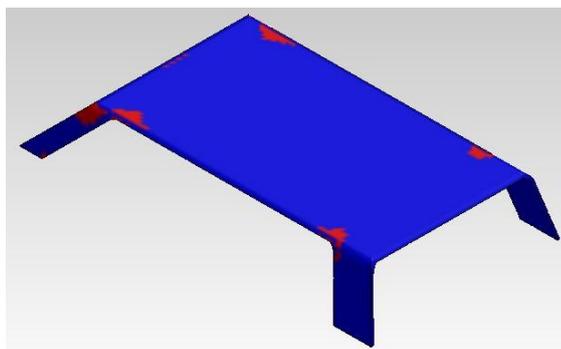


Рисунок 7 – Области разрушения

В качестве материала второго образца был выбран базальтопластик, со следующими характеристиками:

- Материал – базальтопластик;
- Модуль упругости – 90 ГПа;
- Предел прочности – 2900 МПа;
- Плотность – 2000 кг/м³;

В ходе исследования были получены следующие результаты:

• Максимальное напряжение составило 586 МПа. Распределение напряжений представлено на рисунке 8;

• Масса образца составила 28 кг, что на 75% ниже, чем масса образца из традиционного материала;

• Максимальная деформация составила 31 мм, но это обуславливается более низким, чем у традиционного материала, модулем упругости базальтопластика. Тем более образец из базальтопластика не разрушился, а коэффициент запаса был принят равным 5, что является немаловажным фактором и свидетельствует о высокой прочности изделий из базальтопластика. Распределение деформаций представлено на рисунке 9.

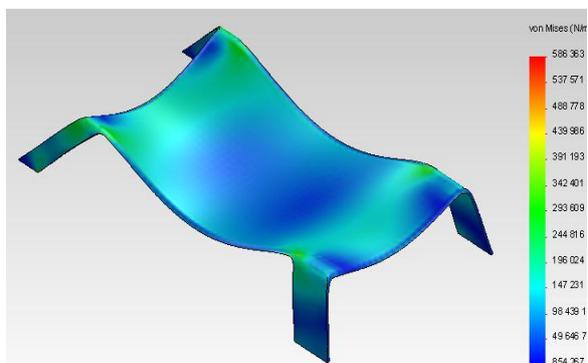


Рисунок 8 – Распределение напряжений

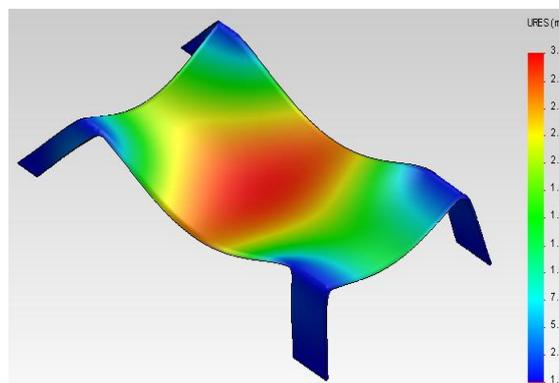


Рисунок 9 – распределение деформаций

Проанализировав результаты исследований можно сделать выводы:

• Применение базальтопластика позволит снизить массу отдельных частей кузова автомобиля вплоть до 75%, что благоприятно повлияет на снижение расхода топлива. Также снижение массы позволит устанавливать в автомобили более слабые экономичные двигатели, без потери динамических характеристик автомобилей;

- Базальтопластики позволяют достичь высокой прочности и надёжности кузова;
- Высокая коррозионная стойкость базальтопластика увеличит долговечность кузова;
- Уникальные теплозвукоизоляционные свойства базальтопластика благоприятно повлияют на комфортабельность автомобилей;

- Дешевизна базальтопластиков и простота изготовления деталей, не повлияет на стоимость автомобилей в значительной мере;
- Также базальтопластик очень экологичен и абсолютно безопасен для человека и окружающей среды, что является не маловажным фактором в наше время.

Список литературы:

1. Артеменко С.Е. Научно-техническая технология полимерных композиционных материалов, армированных базальтовыми, углеродными и стеклянными нитями / С.Е.Артеменко // Пластические массы. 2003 . №2.
2. Наполнители для полимерных композиционных материалов // Пер. с англ. под ред. П.Г.Бабаевского. - М.: Химия. 1981. 736 с.
3. Берлин Ал. Ал. Современные полимерные композиционные материалы/ Ал. Ал Берлин //Соросовский Образовательный Журнал, №1,М: ХИМИЯ 1995.
4. Черняк М.Г. Непрерывное стеклянное волокно. Основы технологии и свойства/ М.Г. Черняк // М.: Химия. 1965. 320 с.
5. Гутников С.И. Стеклянные волокна/ С.И. Гутников и др.// Учебное пособие. М. 2010. 153с.
6. Васильев В. В. Композиционные материалы. Справочник/ В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин и др. // М.: Машиностроение, 1990.–512 с.
7. Зак А.Ф. Физико-химические свойства стеклянного волокна/ А.Ф. Зак// М.: Ростехиздат. 1962. 224 с.
8. Колесов Ю.И., Кудрявцев М.Ю., Михайленко Н. Ю. Типы и составы стекол для производства непрерывного стеклянного волокна // Стекло и керамика. 2001. № 6
9. <http://www.ugfm.ru>
10. <http://www.glassinfo.ru/>
11. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых изделий/ Д. Д. Джигирис// М.: Теплоэнергетика. 2002. 412с.
12. <http://www.b-composites.net>
13. <http://basfiber.com>
14. <http://technobasalt.com>
15. Ходаковский М.Д. Производство стеклянных волокон и тканей// М.: Химия. 1973. 302 с
16. Пашенко А.А., Сербин В.П., Паславская А.П. Армирование вяжущих веществ минеральными волокнами// М.: Стройиздат, 1988. 197 с.
17. Лесков С.П. Мини-заводы для производства базальтовых волокон / С.П.Лесков // Строительные материалы .-2001.-№ 4.
18. Горбаткина Ю.А. Адгезионная прочность в системах полимер – волокна// М.: Химия, 1987.
19. Брацыхин Е.А. Технология пластических масс / Е.А.Брацыхин// Л: Химия. – 1974. – 352с.
20. Л.М. Аникеева, В.Б. Маркин. Композиционные материалы. Учебное пособие Часть I.
21. Андреевская Г.Д. Высокопрочные ориентированные стеклопластики.
22. Буров А.К., Андреевская Г.Д. Синтетические волокнистые анизотропные структуры// М.: Изд-во АН СССР, 1952.
23. <http://www.cars-new.ru>
24. <http://www.autoreview.ru>
25. <http://www.ccardesign.ru>

Содержание работы

Совершенствование конструкции летательных аппаратов одна из главных целей авиационной промышленности. От поколения к поколению усложняется конструкция деталей самолета, уменьшается вес, увеличивается прочность, за счет применения новых композиционных материалов.

Одной из ответственных силовых элементов самолета является лонжерон, так как он составляет скелет самолета и воспринимает изгибающие, крутящие и поперечные силы. У самолетов лонжероны совместно со стрингерами образуют продольный набор каркаса крыльев, фюзеляжа, оперения, рулей и элеронов.

В современном самолете, в подавляющем большинстве случаев, имеется от трех до пяти лонжеронов, служащих, в том числе, и для классификации конструкций авиационных планеров: различают трех-, четырех- и пяти- лонжеронные планеры. Использование менее чем трех лонжеронов затрудняет нахождение симметричной развесовки планера; шесть и более лонжеронов очень трудно разместить так, чтобы они не мешали посадке пассажиров или погрузке.

Анализ условий, в которых работают лонжероны и изучение нагрузок, которые они испытывают при полете, посадке и движении самолета по земле позволили выявить следующие требования к материалу лонжерона:

- масса лонжерона составляет от 20 до 50% от массы крыла;
- высота лонжеронов от 150 до 1200 мм;
- высокая прочность при растяжении ($2,1 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$);
- стабильность структуры, обеспечивающая неизменность механических свойств во время эксплуатации;

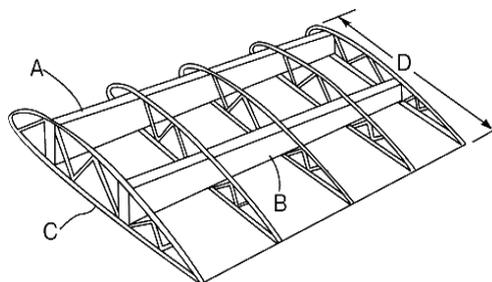


Рисунок 1 – Крыло самолета; где А - главный лонжерон; В - задний лонжерон; С - нервюра; D – хорда

Анализ особенностей конструкции лонжеронов самолетов показал, что основные силовые элементы части лонжеронов – выполняются из алюминиевых сплавов. Эти сплавы имеют меньший предел прочности при растяжении, в то же время они обладают лучшими усталостными характеристиками по сравнению с материалами, такими как сосновый брус, сталь и титановые сплавы.

Эксперимент

Целью работы является изучение напряженно – деформированного состояния лонжерона из традиционного материала и нового композиционного материала. В программе **SolidWorks** была спроектирована конструкция лонжерона и алюминиевого сплава:

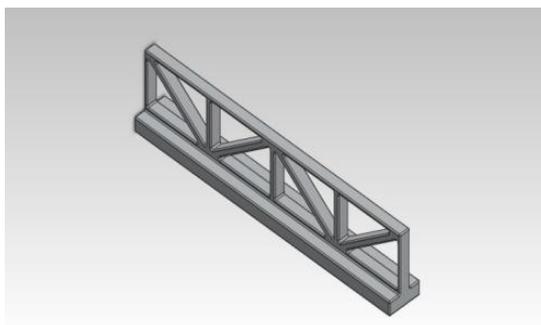


Рисунок 2 – Конструкция лонжерона

Для того чтобы проверить как работает лонжерон из алюминиевого сплава, необходимо закрепить и нагрузить конструкцию силой в 10000 Н:

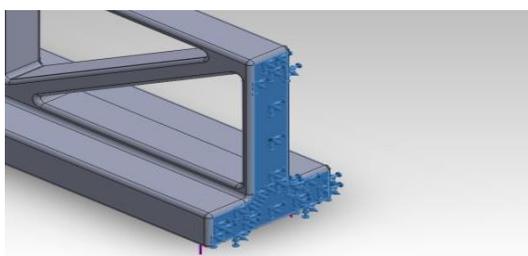


Рисунок 3 – Закрепление образца №1

Для образца была выбрана плоскость, имитирующая плоскость нервюры, по которой было произведено закрепление.

Сила была приложена на плоскость, имитирующая плоскость крыла. Когда самолет летит, форма его крыла спроектирована так, что когда крыло разрезает воздух, то нижняя часть крыла как бы лежит на воздушной подушке. Поэтому основные силы действуют снизу, но остальные прижимные силы были опущены, т.к. они меньше влияют.

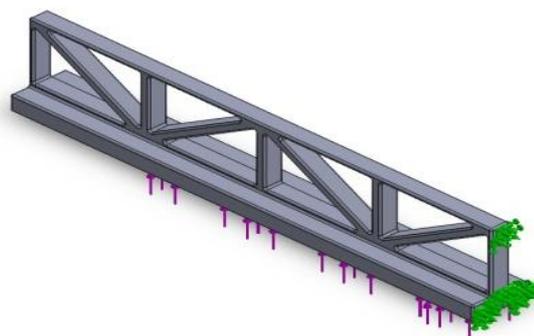


Рисунок 4 – Нагружение образца №1

Полученные данные:

- Масса: 1882 кг;
- Предел текучести: $3 \cdot 10^9$ Н/м²;
- Предел прочности при растяжении: $3,5 \cdot 10^9$ Н/м²;
- Плотность $1,93 \cdot 10^3$ кг/м³.

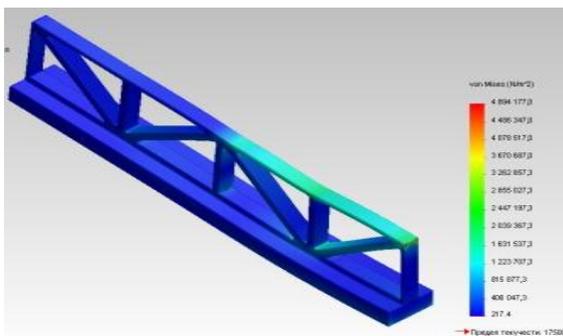


Рисунок 5 – Статическое напряжение образца №1

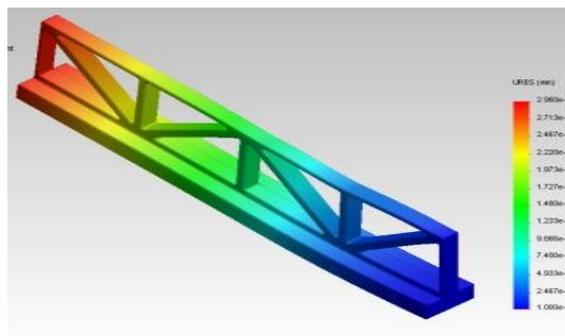


Рисунок 6 – Статическое перемещение образца №1

Анализ образца показал, что максимальное напряжение, которое выдержит образец $4,9 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$.

Результатирующее перемещение образца 1: $0,239013 \text{ мм}$. Коэффициент запаса прочности 2.

Исследование образца №2

Замена традиционного материала на композиционный материал позволит увеличить прочность, уменьшить вес конструкции, воспринимать больше нагрузок, а также увеличит долговечность крыла самолета. Для лонжерона был выбран гибридный КМ – стеклоорганопластик. Он образует гибридный материал, в котором стеклопластик имеет больший модуль упругости, что говорит о том, что стеклопластик как менее деформируемое волокно будет разрушаться первым, а органопластик, как более деформируемое волокно позволит некоторое время сохранять прочность. Углы армировки стекло и органопластика разные, поэтому органопластик будет работать как сшивка для стеклопластика.

Технология изготовления

В качестве армирующего материала при производстве изделия используется стеклоорганопластик. Пропитка ведется связующим 5-211БН, в котором присутствует добавка уменьшающее горение.

Формообразование изделия производят ручной выкладкой, вследствие ограничения по геометрическим размерам. Для обеспечения заданного объемного содержания армирующего материала, формование производится вакуумно-автоклавным способом.

Закрепление и нагружение образца производиться также как в первом случае.

Характеристики образца №2:

- Масса: 1882 кг;
- Предел текучести: $3,5 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$;
- Предел прочности при растяжении: $3,5 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$;
- Плотность $1,93 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;
- Приложенная сила: 10000 Н.

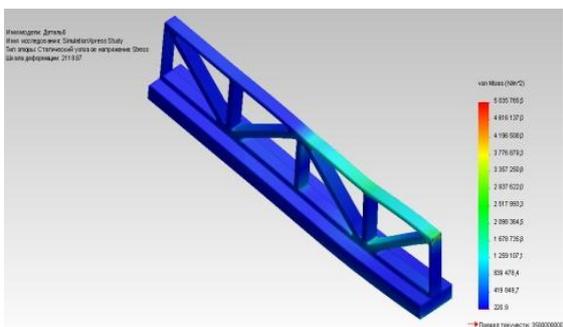


Рисунок 7 – Статическое напряжение образца №2

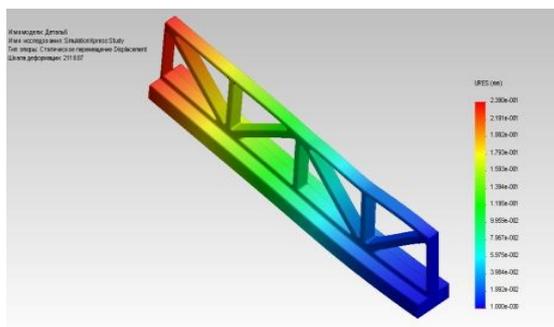


Рисунок 8 – Статическое перемещение образца №2

Анализ образца показал, что максимальное напряжение, которое выдержит лонжерон $5,03577 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$.

Результирующее перемещение: 0,239013 мм. Коэффициент запаса прочности 4.

По результатам работы была составлена таблица 2 материалов для лонжерона:

Таблица 1 – Сравнительные характеристики

Материал/Свойства	ρ , 10^3 , кг/м ³	E , ГПа	m , кг	Предел прочности при растяжении: Н/м ²	Результирующее перемещение, мм	Статическое напряжение, Н/м ²
Алюминиевый сплав	2,5	70	2493	$2,1 \cdot 10^8$	0,29	$4,89 \cdot 10^6$
Стеклоорганопластик	1,93	88	1882	$2,1 \cdot 10^8$	0,23	$5,04 \cdot 10^6$

Из этой таблицы видно, что стеклоорганопластик выигрывает у сплава по свойствам, плотность пластика меньше на 22%, чем у сплава, модуль упругости у пластика больше на 25%, чем у сплава, также пластик выдерживает большие нагрузки, чем сплав.

Вывод: В ходе исследований было определено, что замена традиционного материала лонжерона на композиционный, позволяет значительно достичь облегчения конструкции и повышения прочности. Что является весьма важными факторами в авиастроении.

Список литературы

1. Метод интегрированного проектирования и компьютерного моделирования крыла пассажирского самолета с помощью интегрированных систем CAD/CAM/CAE/PLM / А.М. Гуменный,

В.Н. Николаенко, В.А. Гребеников, А.Н.

Петров // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 27. – Х., 2005 – С. 8-30.

2. Проектирование лонжеронов крыла самолета: учеб. пособие для студентов специальности «Самолеты и вертолеты». / Л.В. Капитанова, В.Н. Николаенко, А.А. Редько, и др. – Х.: Нац. Аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 72 с.

3. Гребеников А.Г. Технология исследования усталостной долговечности отсеков сборных лонжеронов с отверстиями и вырезами в стенках А.Г. Гребеников, А.М. Тимченко, С.В. Трубаев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 4. – Х., 1999 – С. 253 – 265.