

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Алиева М.А. – студент, Головина Е.А. – к.т.н., доцент

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

Пенополиуретаны – это выполненные на основе полиуретанов, газонаполненные пластмассы. Могут быть жесткими или эластичными в зависимости от исходного полиуретана. Жесткие пенополиуретаны используются в качестве тепло – и звукоизоляции, а эластичные в качестве мягких покрытий и набивки в промышленности.

Пенополиуретаны являются самым распространенным материалом, который применяют при работе по утеплению различных помещений, таких как дома, цеха и другие.

Этот материал обладает уникальными свойствами, и с уверенностью можно сказать, что пенополиуретан является самым эффективным теплоизоляционным материалом. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим его некоторые характеристики:

1 Напыление пенополиуретана позволяет создать бесшовный теплоизоляционный слой, благодаря этому отсутствуют мостики холода.

2 Коэффициент теплопроводности материала составляет лишь 0,022 – 0,028 Вт/мК – такие показатели возможны за счет наполненной воздухом ячеистой структуры утеплителя.

3 При нанесении более тонкого слоя пенополиуретана, возможно, сохранение аналогичных другим утеплителям показателей.

4 Материал производится на строительной площадке – за счет этого происходит финансовая экономия на транспортных расходах.

5 Пенополиуретан характеризуется повышенной устойчивостью к температурному режиму эксплуатации. Материал используется в режиме температур от – 150°С до + 220 °С.

6 Также особенностью материала является отсутствие сопутствующих расходов – поверхности для напыления пенополиуретана не нуждаются в какой – либо предварительной подготовке.

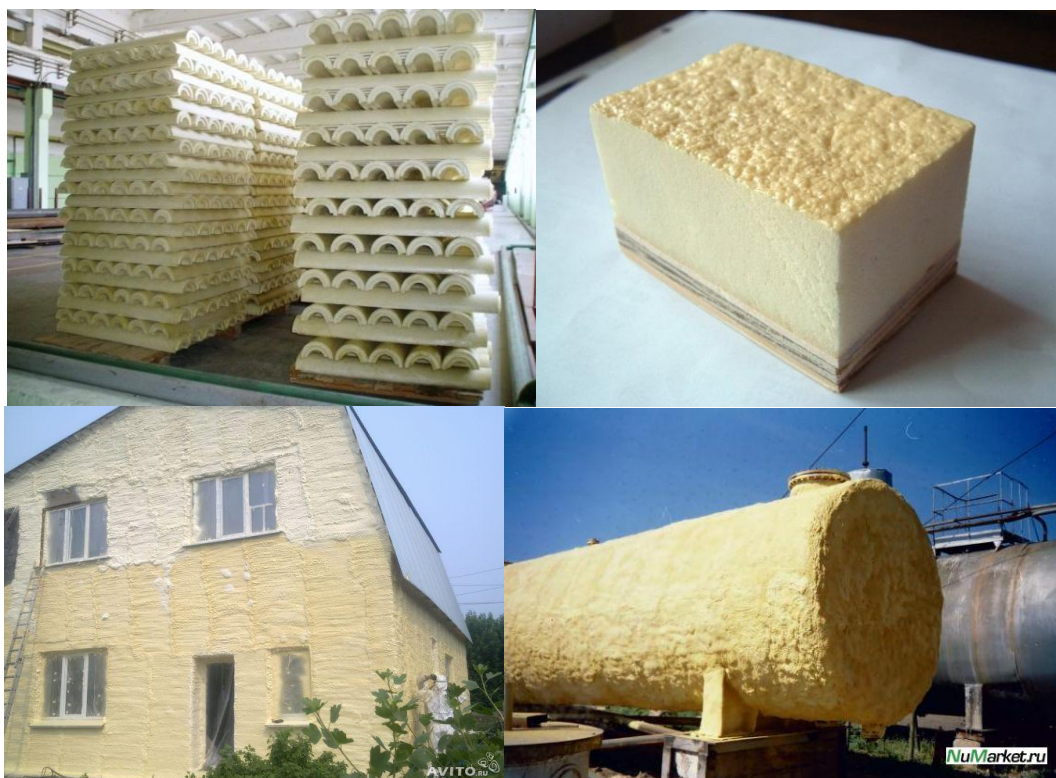


Рисунок 1 – Виды пенополиуретана

Теплоизоляционные характеристики пенополиуретанов зависят от герметических

размеров ячеек, а коэффициент теплопроводности колеблется от 0,019 до 0,035 Вт/(м °С).

Пенополиуретан не теряет своих теплоизоляционных и прочностных свойств в процессе эксплуатации при температурах от минус 100 ° С до плюс 100 ° С. Некоторые марки пенополиуретана выдерживают без ухудшения эксплуатационных свойств повышенную температуру до плюс 150° С, а другие марки - пониженную до минус 250 ° С. Наиболее применяемая марка пенополиуретана имеет коэффициент теплопроводности 0,0253 Вт/(м °С).

Попробуем сравнить характеристики пенополиуретана с другими традиционными строительными и теплоизоляционными материалами:

Таблица 1 – Характеристики материалов

Вид материала	Плотность (кг/м <sup>3</sup> )	Теплопроводность (Вт/м*К)	Срок службы (лет)	Диапазон температур
Кирпич (обыкн.)	1000	0,45	-	-
Керамзит	-	0,14-0,18	20	-
Пенобетон	250-400	0,145-0,16	10	-30...+120
Мин. вата	15-150	0,052-0,058	15	-40...+120
Пенополистирол	15-35	0,043-0,064	15	-80...+80
Пенополиуретан	36-85	0,018-0,034	50	-200...+150

Данные показатели говорят сами за себя – теплопроводность пенополиуретанов в 25 раз ниже кирпича. Это значит что применяя перспективные виды теплоизоляционных материалов уже на стадии постройки можно экономить на прочих строительных материалах. В качестве наглядного сравнения попробуем проанализировать пенополиуретан с другими материалами взяв за базис всего лишь 50 мм утеплителя:

Таблица 2 – Сравнение с другими материалами

Пенополиуретан	50 мм
Минеральная вата	125 мм
Цемент	150 мм
Дерево	340 мм
Кирпич	1224 мм
Бетон	2132 мм

По этим данным можно сделать вывод о перспективности повсеместного применения современных утеплителей – как материалов позволяющих экономить значительные финансовые средства как на стадии строительства так и на этапе эксплуатации.

Также из пенополиуретанов делают различные виды изделий для теплоизоляции.

Одним из таких видов являются изоляция труб пенополиуретаном. Эффективным видом изоляционных материалов для труб являются скорлупы пенополиуретана – готовые элементы теплоизоляции, выполненные из пенополиуретана в виде 2-х полуцилиндров с диаметральными и продольными стыками. Элементы теплоизоляции труб из пенополиуретана могут быть прикреплены к корпусу трубы различными видами материалов. Такой способ изоляции на трубопроводах с холодной водой способен уберечь их в холодное

время года от размораживания.

Вторым видом являются пенополиуретановые плиты для теплоизоляции. Теплоизоляционные плиты из пенополиуретана самый выгодный материал для утепления зданий и сооружений в целом и для утепления отдельных элементов конструкций: стен, полов, перекрытий, а так же для утепления рефрижераторов и различных промышленных холодильников.

Из жесткого пенополиуретана изготавливают пенополиуретановые сэндвич - панели для быстрого возведения теплых домов. Сэндвич-панели выпускаются на производственном высокопроизводительном оборудовании в заводских условиях и обладают высокими качественными показателями, легкостью, гигиеничностью, долговечностью. Несущим элементом таких панелей является каркас из деревянного бруса, который находится внутри панели и совсем не виден. Такие панели весят не более 60 килограмм, что позволяет обойтись при монтаже без грузоподъемных механизмов. Это значительно снижает трудоёмкость работ и уменьшает итоговую стоимость объекта.

И фасадные пенополиуретановые панели – готовые элементы для отделки фасадной части здания.

В настоящее время пенополиуретан является самым востребованным материалом, благодаря своим уникальным свойствам. С каждым годом применение этого материала становится только шире.

Список использованной литературы:

1. <http://poliuretan-ppu.ru/harakteristiki-ppu.html>
2. <http://www.ayno.ru/ovidy.htm>
3. [http://ppu61.ru/index.php?id=48&Itemid=55&option=com\\_content&view=article](http://ppu61.ru/index.php?id=48&Itemid=55&option=com_content&view=article)
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%CF%E5%ED%E6%EF%E8%F3%F0%E5%F2%E0%ED>

## ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Блинов И.В. – студент, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

### Введение

Огнеупорные материалы (огнеупоры) – это материалы, изготавливаемые на основе минерального сырья и отличающиеся способностью сохранять без существенных нарушений свои функциональные свойства в разнообразных условиях службы при высоких температурах. Применяются для проведения металлургических процессов (плавка, отжиг, обжиг, испарение и дистилляция), конструирования печей, высокотемпературных агрегатов (реакторы, двигатели, конструкционные элементы и др). Огнеупоры бывшие в употреблении называются огнеупорным ломом и используются в переработке.

Большинство огнеупорных изделий выпускают в виде простых изделий типа прямоугольного параллелепипеда массой в несколько килограмм. Это универсальная форма для выполнения футеровки различной конфигурации. На сегодня в огнеупорной промышленности происходит уменьшение выпуска огнеупоров в виде простых изделий и соответствующее увеличение производства огнеупорных бетонов и масс.

Огнеупорные материалы отличаются повышенной прочностью при высоких температурах, химической инертностью. По составу огнеупорные материалы это керамические смеси тугоплавких оксидов, силикатов, карбидов, нитридов, боридов. В качестве огнеупорного материала применяется углерод (кокс, графит). В основном это неметаллические материалы, обладающие огнеупорностью не ниже 1580°C, применяются практически везде где требуется ведение какого-либо процесса при высоких температурах.

### История

Ещё на заре человеческой культуры с получением огня появилась необходимость в огнеупорных материалах. В результате тысячелетий развития человеческого общества и его культуры огнеупорные материалы стали основой современных доменных, сталеплавильных, медеплавильных, цементно-обжигательных, стекловаренных и других печей.

Огнеупоры в виде кирпичей, изготавливаемых из огнеупорных глин и каолинов, стали производить после появления доменных печей. В России – приблизительно в середине XVII века. При Петре I значительное количество такого кирпича делали из подмосковных глин. На протяжении первой половины XIX вв. производство огнеупоров развивалось преимущественно на металлургических заводах, будучи дополнением к общей направленности. Конечно, это пагубно влияло на производство, так как затормаживало работу и распыляло промышленный потенциал, однако из-за аграрной направленности страны эта проблема не решалась в течение долгого времени. Промышленная Европа, претерпевшая к XIX веку индустриальный переворот, имела в своём распоряжении всю работающую огнеупорную промышленность, основанную ещё в период Наполеоновских войн. По данным БСЭ, первое специализированное производство огнеупоров было организовано в Германии в 1810 году.

С резким развитием промышленности и выдвиганием класса буржуазии на решающие политические и общественные роли, Российская империя интересуется уже не кустарным производством огнеупорных материалов, а специализированной ветвью, которая должна быть основой огнеупорной промышленности. Первыми шагами в данном вопросе стало создание первых заводов: Белокаменский огнеупорный завод в Брянцевке (ныне г. Соледар) (1893 г.) и огнеупорный завод в Латиой (1897 г.) имеющие узкую огнеупорную специализацию. Производство огнеупоров в бывшем Советском Союзе сосредоточено в трёх основных промышленных районах: Южном (Белокаменка, Часов Яр), Центральном (Подольск) и Уральском (Первоуральск, Богданович). На сегодняшний момент, наличие огнеупорной промышленности и качество огнеупоров в той или иной стране характеризует степень её индустриализации. Из более 212 стран мира, огнеупорная промышленность имеется только в 35 странах. Более половины мирового производства приходится на долю СНГ и США.

#### Классификация

Огнеупорные материалы бывают штучными изделиями (блоками) и неформованными. К последним относят наварочные материалы, мертели, засыпки и другие специальные набивные и формуемые массы, в том числе применяемые для производства огнеупорных бетонов и торкретирования.

Огнеупоры разделяют по следующим признакам:

- формы и размеры
- способу формования
- огнеупорность
- пористость
- химико-минеральный состав
- область применения

Классификация по формам и размерам:

- прямые и клиновые нормальных размеров, малого и большого форматов;
- фасонные простые, сложные, особо сложные, крупноблочные, массой выше 60 кг;
- специальные: промышленного и лабораторного назначения (тигли, трубки и т.д.).

Классификация по способу формования:

- пиленные из естественных горных пород или из предварительно изготовленных блоков;
- литые, изготовленные способом литья из жидкого шликера, пеношликера и т.д.;
- пластичного формования, изготовленные из масс в пластичном состоянии машинной формовкой, с последующей допрессовкой;
- полусухого формования из порошков;

- плавленнелитые из расплава, получаемого путём электроплавки;
- термопластичнопрессованные;
- горячепрессованные.

Классификация по огнеупорности:

- огнеупорные (огнеупорность от 1580 до 1770 °С);
- высокоогнеупорные (от 1770 до 2000 °С);
- высшей огнеупорности (более 2000 °С);

Классификация по пористости:

- особоплотные (открытая пористость до 3 %);
- высокоплотные (открытая пористость от 3 до 10 %);
- плотные (открытая пористость от 10 до 16 %);
- уплотненные (открытая пористость от 16 до 20 %);
- среднеплотные (открытая пористость от 20 до 30 %);
- низкоплотные (пористость от 30 % до 45 %);
- высокопористые (общая пористость от 45 до 75 %);
- ультрапористые (общая пористость более 75 %).

Классификация по химико-минеральному составу: следует различать кислые, нейтральные и основные огнеупоры. Более детальная классификация производится по их химическому составу:

- кремнеземистые;
- алюмосиликатные;
- глиноземистые;
- глиноземоизвестковые;
- высокомагнезиальные;
- магнезиально-известковые;
- известковые;
- магнезиально-шпинелидные;
- магнезиально-силикатные;
- хромистые;
- цирконистые;
- оксидные;
- углеродистые;
- оксидоуглеродистые;
- карбидкремниевые;
- бескислородные.

Область применения

Огнеупоры имеют очень много областей применения, но всех их можно разбить на две основные группы, это огнеупоры (огнеупорные изделия, например, кирпич) общего назначения, и огнеупоры, спроектированные специально для какого-либо теплового агрегата. Огнеупорные материалы применяются в металлургической, стекольной, сахарной, машиностроительной, химической промышленности, а также во всех других отраслях, где проходит работа с применением доменных, шахтных и вращающихся печей.

Список использованной литературы:

1. Стрелов К.К., Мамыкин П.С. Технология огнеупоров
2. Кашеев И.Д. Свойства и применение огнеупоров

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

Витвинова А.К. – студент, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

Современное развитие химической промышленности, разработка новых технологических процессов, протекающих в агрессивных средах, предъявляют к конструкционным материалам высокие требования. Наиболее важными конструкционными материалами являются металлы и их сплавы. В процессе эксплуатации изделий, вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой происходит коррозия.

Процессы коррозии необратимы и часто приводят к отказам различных машин и аппаратов, металлоконструкций, поэтому их необходимо обнаруживать на ранних стадиях, давать количественную оценку коррозионного повреждения, прогнозировать опасность развития в случае непринятия мер по усилению коррозионной защиты. Установление причин коррозионного разрушения позволяет правильно выбрать метод защиты.

Коррозия – это самопроизвольное разрушение металлов в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. В общем случае это разрушение любого материала, будь то металл, керамика, дерево или полимер. Причиной коррозии служит термодинамическая неустойчивость конструкционных материалов к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде.

Коррозионная стойкость – способность материалов сопротивляться коррозии, определяемая скоростью коррозии в данных условиях. Для оценки скорости коррозии используются как качественные, так и количественные характеристики. Изменение внешнего вида поверхности металла, изменение его микроструктуры являются примерами качественной оценки скорости коррозии. Для количественной оценки можно использовать:

- время, истекшее до появления первого коррозионного очага;
- число коррозионных очагов, образовавшихся за определённый промежуток времени;
- уменьшение толщины материала в единицу времени;
- изменение массы металла на единицу поверхности в единицу времени;
- объём газа, выделившегося (или поглощённого) в ходе коррозии единицы поверхности за единицу времени;
- плотность тока, соответствующая скорости данного коррозионного процесса;
- изменение какого-либо свойства за определённое время коррозии (например, электросопротивления, отражательной способности материала, механических свойств).

Коррозия приводит ежегодно к миллиардным убыткам, и решение этой проблемы является важной задачей. Основной ущерб, причиняемый коррозией, заключается не в потере металла как такового, а в огромной стоимости изделий, разрушаемых коррозией. Вот почему ежегодные потери от неё в промышленно развитых странах столь велики. Истинные убытки от неё нельзя определить, оценив только прямые потери, к которым относятся стоимость разрушившейся конструкции, стоимость замены оборудования, затраты на мероприятия по защите от коррозии. Ещё больший ущерб составляют косвенные потери. Это простой оборудования при замене проржавевших деталей и узлов, утечка продуктов, нарушение технологических процессов.

Идеальная защита от коррозии на 80 % обеспечивается правильной подготовкой поверхности, и только на 20 % качеством используемых лакокрасочных материалов и способом их нанесения. Наиболее производительным и эффективным методом подготовки поверхности перед дальнейшей защитой субстрата является абразивоструйная очистка.

При пескоструйной (абразивоструйной) очистке абразивные частицы в виде песка или других специализированных материалов ускоряются из абразивоструйного аппарата при помощи энергии сжатого воздуха.

Разные материалы имеют различную коррозионную стойкость, для повышения которой используются специальные методы. Так, повышение коррозионной стойкости возможно при помощи легирования (например, нержавеющие стали), нанесением защитных покрытий (хромирование, никелирование, алитирование, цинкование, окраска изделий), пассивацией и др. Устойчивость материалов к воздействию коррозии, характерной для морских условий, исследуется в камерах солевого тумана.



Рисунок 1 – Ржавчина, самый распространённый вид коррозии. Коррозия металла.

Солевой туман – стандартизованный метод тестирования, используемый для определения коррозионной стойкости защитных покрытий. Покрытия защищают от коррозии изделия из стали, бронзы и других материалов. Поскольку покрытия являются достаточно стойкими к коррозии в обычных условиях, был разработан способ, позволяющий провести ускоренные испытания стойкости покрытия. Через определенное время выдержки образца в тумане проверяют, не появились ли продукты коррозии – оксиды. Продолжительность теста зависит от коррозионной стойкости покрытия; чем более стойкое к коррозии покрытие исследуется, тем большее время оно не должно показывать следов коррозии. Тестирование соевым туманом популярно, поскольку оно дешево, быстро, хорошо стандартизовано и показывает достаточно повторяемые результаты.

Для качественной и количественной оценки коррозионной стойкости металлов и средств защиты в определенных условиях предназначен ряд шкал коррозионной стойкости. Наиболее распространенной и рекомендуемой является десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов (таблиц 1).

Таблица 1 – Десяти балльная шкала коррозионной стойкости металлов (ГОСТ 13819-68)

Группа стойкости	Скорость коррозии мм/год	Балл
Совершенно стойкие	Менее 0,001	1
Весьма стойкие	Свыше 0,001 до 0,005	2
	Свыше 0,005 до 0,01	3
Стойкие	Свыше 0,01 до 0,05	4
	Свыше 0,05 до 0,1	5
Понижено стойкие	Свыше 0,1 до 0,5	6
	Свыше 0,5 до 1,0	7
Малостойкие	Свыше 1,0 до 5,0	8
	Свыше 5,0 до 10,0	9
Нестойкие	Свыше 10	10

С развитием науки о коррозии и защите металлов методы предохранения металлических конструкций и сооружений от коррозии все более и более совершенствуются. Появляются новые, неизвестные ранее способы защиты, которые дают возможность успешно эксплуатировать металлы и сплавы во все усложняющихся условиях современной техники. Несомненно, успехи в открытии и усовершенствовании средств антикоррозионной защиты возможны только при одновременном углубленном развитии научной основы коррозионных явлений и установлении функциональной количественной зависимости кинетики коррозионных процессов от различных факторов как со стороны металла, так и со стороны коррозионной среды. В настоящее время интенсивно усовершенствуется технология антикоррозионной защиты и бурно развиваются научные методы исследования коррозионных процессов в самых разнообразных условиях.

Список использованной литературы:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%E0%E7%E8%FF>
2. <http://www.bestreferat.ru/referat-392565.html>
3. <http://pandia.ru/text/78/514/82172.php>
4. <http://germetik-universal.com/index.php?id=30825>
5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%E0%E7%E8%EE%ED%ED%E0%FF\\_%F1%F2%EE%E9%EA%EE%F1%F2%FC](https://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%E0%E7%E8%EE%ED%ED%E0%FF_%F1%F2%EE%E9%EA%EE%F1%F2%FC)

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УГЛЕПЛАСТИКОВОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ САМОЛЕТА

Грецкая И. Н. – студент, Бердыченко А. А. – к.т.н., доцент

«Алтайский государственный технический университет им И. И. Ползунова», г. Барнаул

Оснастка технологическая это совокупность средств труда, предназначенных для установки заготовок, закрепления инструментов, транспортировки обработанных деталей выполнения сборочных операций, а также для выполнения контрольных операций (контрольно-измерительные приспособление).

Использование оснастки для формирования изделий из композиционных материалов позволяет повысить надежность и долговечность готовых изделий. Производство оснастки для формирования изделий – ответственный этап технологического процесса, который является ответственной и сложной работой, потому что именно от качества оснастки зависит качество будущего изделия. При некачественно изготовленной оснастке появляются дефекты, которые приводят к появлению брака в конечном изделии и к задержке производственного цикла.

Углепластиковая оснастка производится методом вакуумной инфузии. При вакуумной инфузии, сухая углеткань укладывается на мастер-модель, затем добавляются специальные материалы для инфузии (например, внешний слой, инфузионная сетка, вакуумная пленка). После того как весь воздух будет удален из пакета и основа будет сжата под давлением, жидкая эпоксидная смола, вводится через трубку, которая затем под вакуумом попадает на углеткань. После того как смола будет полностью введена и поверхность углеткани будет полностью пропитано, поступление смолы прекращается. Смолу оставляют для затвердения в вакууме [3].

Преимущества вакуумной инфузии заключается в следующем [2]:

- возможность обеспечения качественной укладки сухой углеткани;
- подача смолы осуществляется закрытым, бесконтактным способом;
- при помощи вакуумной инфузии можно добиться идеального соотношения углеткани и смолы;



- идеальное повторение мастер-модели за счет атмосферного давления, которое плотно прижимает конструкцию к мастер-модели;
- отсутствие воздуха в конечном изделии, за счет того что в процессе инфузии действующее разрежение полностью удаляет воздух;
- простота и удобство в работе со смолой, а также небольшой расход смолы;
- происходит быстрое и равномерное пропитывание всех слоев смолой; позволяет организовать относительно «чистое» производство.

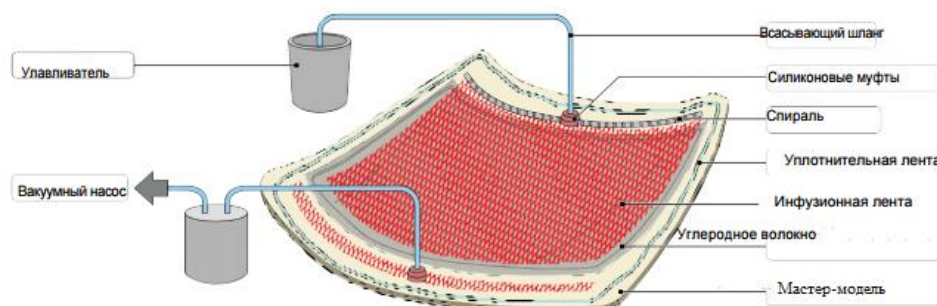


Рисунок 1 – Процесс вакуумной инфузии

Основные дефекты, которые возникают в оснастке при вакуумной инфузии [1]: низкая степень отверждения, которая возникает из-за неправильного выбора температурного режима, связующего и армирующего наполнителя; пористость, появление которой связана с наличием в связующем большого количества воздушных включений, с утечкой в мешке и в соединениях, при усадке связующего, образование при отверждении побочных летучих продуктов, а также с неправильным выбором режимов термообработки (низкое давление, большая скорость нагрева); неравномерное распределение связующего, возникает из-за некорректного выбора температурного режима, расположения системы впрыска связующего и вакуумирования; расслоения, возникают при полимеризации и остывании; разориентация слоев, связана с несовершенством технического оборудования и мастер-модели; плохая герметичность, связана с наличием воздушных утечек.

Появление дефектов в конструкциях связано не только с отсутствием достаточно совершенного оборудования, но и рядом других причин, которые связаны с субъективными факторами, например, нарушение технологического процесса производства, загрязненностью участка формирования структуры материала, низкой квалификацией рабочих.

При изготовлении углепластиковой оснастки, контроль качества можно разделить на три этапа: контроль качества исходных материалов, контроль технологических параметров процесса, контроль качества готовой оснастки [2].

На этапе контроля качества исходных материалов контролируются: соответствие технических требований, указанных в паспорте на материалы; срок годности материала; визуальный осмотр состояния упаковки.

На этапе контроля технологических параметров процесса контролируются: вязкость смолы; время гелирования смолы; уровень вакуума; аккуратная выкладка слоев углеткани и вспомогательных материалов; герметичность пакета.

На этапе контроля качества готовой оснастке осуществляется: контроль геометрических размеров; контроль толщины; контроль прочности и твердости; визуально-оптический контроль поверхности оснастки; контроль углепластиковой оснастке на наличие дефектов при помощи неразрушающих методов контроля качества; контроль герметичности углепластиковой оснастки.

Все материалы необходимые для производства углепластиковой оснастки должны соответствовать требованиям соответствующих стандартов, необходима проверка

документации на всю продукцию. На материалы должны быть документы, подтверждающие их качество, а также соответствие требованиям стандартов и технических условий [3].

Вязкость смолы определяет время, необходимое для пропитки оснастки. Идеальная вязкость не должна превышать 400 МПа, с большей вязкостью время пропитки будет более длительным. Приборы для определения вязкости называются вискозиметрами. Наибольший интерес могут представлять применяемые в настоящее время автоматические ультразвуковые вискозиметры. Наиболее применимо для определения вязкости смолы при вакуумной инфузии использовать ультразвуковой вискозиметр непрерывного действия УКВС-3М, который предназначен для непрерывного измерения вязкости пропитываемых составов эпоксидного класса [3].

При быстромгелировании смолы может привести к тому, что инфузия не успеет дойти до конца. Вязкость смолы начинает возрастать гораздо раньше гелирования, поэтому связующее нужно выбрать с большим запасом по времени гелирования. Необходимо контролировать, чтобы время гелирования было не менее 5 часов [3].

При недостаточном вакууме более 13,3 кПа, армирующий материал сжимается недостаточно плотно и содержание связующего может быть завершённым, также может возрастать пористость. При контроле вакуума нужно выключить вакуумный насос и выкачать весь воздух. Стрелка на вакуумметре должна подниматься. Нужно подождать, чтобы стрелка поднялась до отметки абсолютного вакуума. Затем поправить мешок и разглаживать складки. Через несколько минут стрелка на вакуумметре должна быть в районе 100%. Самый удобный способ понять, достигнут ли абсолютный вакуум, посмотреть на вакуумный насос и проверить, не выходит ли пар из масляного резервуара. При полной герметичности, звук насоса изменится, и он перестанет выпускать пар [3].

При вакуумной инфузии большое внимание следует уделять выкладыванию слоев углеродной ткани, вспомогательных материалов и сборке вакуумного мешка. Углеродная ткань должна плотно прилегать к оснастке гелкоуту. При необходимости лучше произвести подклейку ткани при помощи клея или липкой ленты. Необходимо избегать возникновения натянутостей или точек неполного прилегания ткани к гелкоуту, это может вызвать изменение геометрических размеров внутренней части оснастки, а также приведет к увеличению веса, в связи с областью с повышенным содержанием связующего. Плотное прилегание материалов необходимо тщательно контролировать для всех слоев углеродной ткани, а также для всех вспомогательных материалов. При закреплении дренажной сетки для распределения связующего следует помнить, что при использовании тонкого вакуумного мешка вакуумная сетка может проткнуть его [3].

Для контроля геометрических размеров технологических оснасток в большинстве случаев применяют мобильные координотно-измерительные машины серии FAROFusionArm, выполненные в виде манипулятора. Они легки и компактны для проведения измерения, устанавливаются рядом с измеряемым объектом. Контроль проводится контактным способом, для снятия какой-либо точки необходимо зафиксировать щуп и нажать кнопку. В процессе работы на экран монитора выводится месторасположение щупа в реальный момент времени, расположение измеряемых точек и величина отклонений. Основные технические характеристики FAROFusionArm: рабочая зона 1,8 м, повторяемость одной точки  $\pm 0,0036$  мм, погрешность линейных измерений  $\pm 0,051$  мм, масса 9,3 кг. Измеряя объект, можно просмотреть все данные: отклонения от номинальной величины, координаты относительно базы, положение относительно других объектов, отклонение от плоскостности, цилиндричности, соосности, т.е. все размеры которые есть на чертеже и для контроля которых используют большое разнообразие измерительных инструментов, с легкостью можно контролировать одним прибором и получать отчет в графическом виде [2].

Контроль толщины важный геометрический параметр, определяющий прочность и массу оснастки. Наибольшее применение нашли методы ультразвуковой и радиационной толщинометрии. При контроле толщины применяются ультразвуковой толщинометр ТУЗ-3, он предназначен для измерения толщины различных изделий, доступ к которым имеется

только с одной стороны. Рабочие частоты: 5,0 МГц, диапазон измерения от 1,2 до 199,9 мм, погрешность измерения  $\pm 0,1 + 0,01$  мм, время непрерывной работы до 20 часов. Особенности применения ультразвукового толщинометра ТУЗ-3: индикация недопустимого утонения, встроенный пьезоэлектрический преобразователь, смена преобразователя в условиях эксплуатации, простота в эксплуатации, малые габариты и масса, прочный алюминиевый корпус.

Основными показателями свойств углепластиковой оснастки служат параметры прочности, твердости. Значения этих параметров зависит от формы, размера и состояния поверхности испытуемых образцов, а также режимов испытания (скорость нагружения, температура, воздействие среды). По этой причине применяют механические испытания, а соответственно разрушающие методы контроля. Для проведения разрушающих методов контроля необходимо изготовить образцы которые будут испытываться. Испытания на растяжение дают возможность получить ряд механических характеристик, позволяющих оценить не только прочность испытываемых материалов, но и их склонность к упругим или пластическим деформациям. Испытания материалов на растяжение наиболее плотно отражают прочностные характеристики, поэтому широко распространены в науке и промышленности. Для того чтобы обеспечить сравнимость испытаний различных материалов, проводимых на разрывной машине, методы таких испытаний регламентируются соответствующими документами. Для испытаний на растяжении применяют цилиндрические или плоские образцы, форма и размер которых регламентируются ГОСТ 1497-61. Испытательная машина деформирует образец. Зависимость между деформацией и сопротивлением образца представляют графическим способом в виде диаграммы растяжения [2].

Твердость – это характеристика, которая комплексно и оперативно отражает прочностные и пластические свойства поверхностных слоев материала. Твердость – это способность материала сопротивляться пластическим деформациям. Основные способы измерения твердости основаны на внедрении индентора в поверхность испытуемого материала. Численное значение твердости определяют посредством измерения размеров отпечатка. При измерении твердости углепластиковой оснастки применяют электромеханический твердомер по Рокквелу для пластиков модели XHRD-150. Основные технические характеристики: диапазоны измерений 70-100 HRE, 50-115 HRL, 50-115 HRM, 50-115 HRR, испытательные нагрузки 558,4 Н, 980,7 Н, 1471 Н, минимальная цена деления шкалы 0,5 HR. Электромеханический твердомер XHRD по Рокквелу предназначен для определения твердости пластмасс, композиционных материалов, различного рода пластичных материалов, в том числе неметаллических [2].

Визуально-оптический метод контроля позволяет выявить такие виды дефектов как пустоты, поры, трещины, инородные включения, расслоения. Визуально-оптический – это вид неразрушающего контроля, основан на взаимодействии светового излучения с объектом контроля. Глаз человека является основным контрольным прибором. Однако возможности глаза ограничены, при осмотре, находящихся в условиях малой освещенности, человек может испытывать трудности из-за ограниченной разрешающей способности и контрастной чувствительности зрения. Для расширения возможностей глаза применяют оптические приборы: лупы, микроскопы, эндоскопы, приборы измерений линейных и угловых размеров.

Контроль на наличие дефектов, которые мало возможно определить визуально-оптическим методом, осуществляется при помощи ультразвукового метода контроля качества. Ультразвуковые колебания подразделяется на инфразвуковые (частота до 20 Гц), гиперзвуковые (частота от  $2 \times 10^{10}$  до  $2 \times 10^{13}$  Гц) и ультразвуковые (частота от  $1,6 \times 10^4$  до  $10^9$  Гц). Для ультразвукового контроля применяют колебания ультразвукового и звукового диапазона частотой от 50 Гц до 50 МГц. В зависимости от направления колебания частиц по отношению к направлению распространения волны различают продольные, поперечные (сдвиговые), поверхностные и нормальные волны. При контроле применяется ультразвуковой дефектоскоп УД-2-12. Технические характеристики: рабочая частота 1,25

МГц, 1,8 МГц и 2,5 МГц, диапазон зоны контроля 5–180 мм, погрешность измерения координат 4 мм, абсолютная чувствительность 80 дБ, неравномерность чувствительности 4 дБ. Ультразвуковой дефектоскоп УД-2-12 предназначен для обнаружения таких дефектов как несплошности, неоднородности, трещины, внутренние расслоения [2].

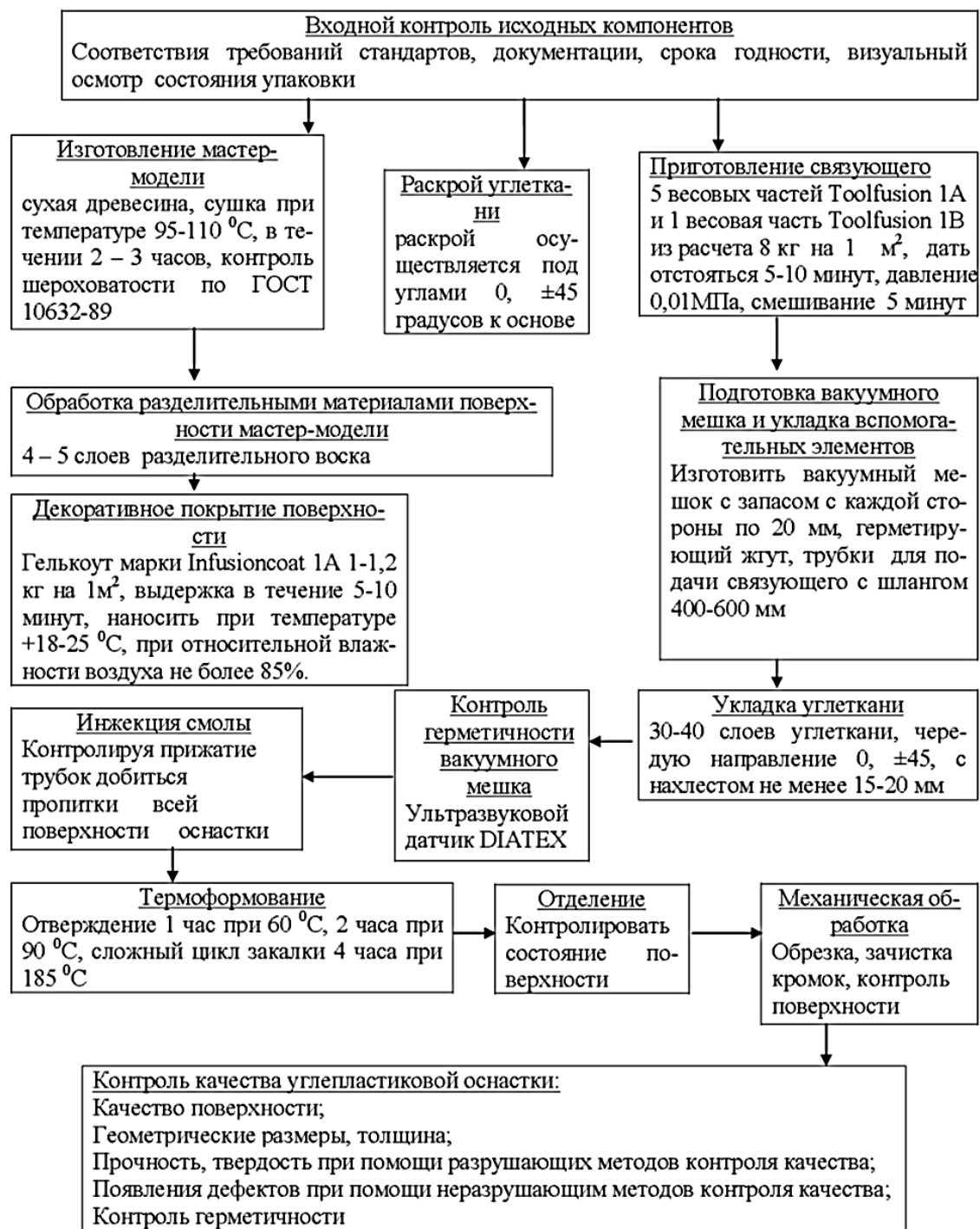


Рисунок 2 – Технологический процесс углепластиковой оснастки

Контроль герметичности осуществляется при помощи метода течеискания. Течеискание – вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации индикаторных жидкостей и газов, проникающих в сквозные дефекты контролируемого объекта. Нарушение герметичности разнородных систем и изделий определяется наличием в оболочках сквозных капиллярных каналов или проницаемостью основного материала с ненарушенной структурой. Этот метод контроля направлен на поиск неисправностей, вызывающих

нарушение герметичности, т.е способности оболочки и мест ее соединения препятствовать проникновению через них жидкости или газа. Индикации течей происходит с помощью химических реакций, используют воздействие аммиака на индикаторное вещество, в результате чего индикаторное вещество меняет свой цвет. Объем, подлежащий проверке на герметичность, заполняют смесью воздуха и аммиака и на контролируемую поверхность накладывают индикаторную ленту. При наличие течей на ленте появляются пятна малинового цвета [1].

Список использованной литературы:

1. Воробей, В. В. Контроль качества изготовления и технология ремонта композиционных конструкций [Текст] / В. В Воробей, В. Б Маркин. – Новосибирск: Наука, 2006. – 184 с.
2. Каневский, И. Н Неразрушающие методы контроля [Текст] / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
3. Специальный технологический процесс [Текст], 2009. – 9с.
4. Композиционные материалы [Текст]: Справочник. /Под общей ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РУЛЯ ДЛЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ SKODA В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS И ПРОВЕДЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ РУЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПОМОЩНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ АНАЛИЗА SIMULATIONXPRESS

Евдокимова Ю.С. – студент, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

Руль автомобиля – это колесо, используемое как рычаг. Обод колеса спицами соединен со ступицей, одетой на ось рулевого вала. Спиц на руле обычно бывает 2, 3 или 4, а обод заменяет (представляет собой) концы недостающих спиц-радиусов. Эти спицы (радиусы руля) и есть его плечи. Именно за эти радиусы (их концы на ободе) водитель крутит руль.

На автомобилях рулевое управление состоит из механического редуктора и системы тяг, преобразующих поворот руля в поворот управляемых (передних) колёс. На рисунке 1 показана схема рулевого механизма.

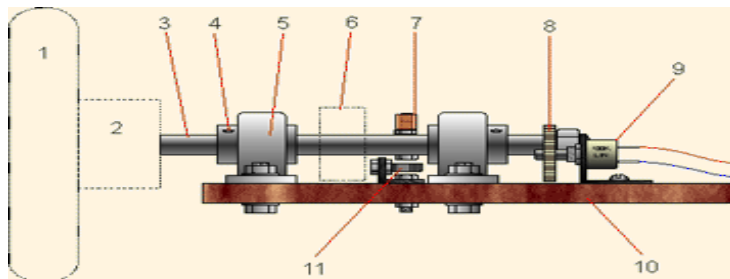


Рисунок 1 –Схема рулевого механизма, где 1 – рулевое колесо; 2 – ступица колеса; 3 – вал (болт 12мм x 180мм); 4 – винт (держит подшипник на валу); 5 – 12мм подшипник в опорном кожухе; 6 – центрирующий механизм; 7 – болт-ограничитель; 8 – шестерни; 9 – 100к линейный потенциометр; 10 – фанерная основа

Требования к рулевому управлению и его параметры

Рулевое управление оказывает существенное влияние на управляемость, маневренность, устойчивость и безопасность движения автомобиля. С помощью силового передаточного числа рулевого управления можно оценивать легкость управления автомобилем по усилию на рулевом колесе, необходимому для поворота управляемых колес. Усилие на рулевом колесе регламентируется Правилами № 79 ЕЭК ООН.

При проектировании максимальное усилие на рулевом колесе не должно превышать 120

Н, а минимальное – должно быть не менее 60 Н. Ограничение минимального усилия на рулевом колесе необходимо для того, чтобы водитель чувствовал дорогу. При повороте управляемых колес на месте на асфальтобетонной поверхности максимальное усилие на рулевом колесе не должно превышать 400 Н.

Для моделирования был выбран руль легкового автомобиля Skoda; он имеет анатомически удобное сечение колеса, диаметр которого составляет 377 мм. Стальной остов руля снабжен покрытием из вспененного интегрального полиуретана с грубой поверхностной шероховатостью, приятной на ощупь.

Для расчета распределения запаса прочности в SimulationXpress используется критерий максимального напряжения vonMises. Этот критерий точно определяет, что пластичный материал начинает растягиваться, когда эквивалентное напряжение достигает предела текучести материала. Предел текучести определяется как свойство материала. SimulationXpress рассчитывает коэффициент запаса прочности в какой-либо точке как частное предела текучести и эквивалентного напряжения в данной точке.

Предполагается проверить максимальную силу 120Н, приложенную к рулю легкового автомобиля из стали различных марок.

Проведение имитационных испытаний руля с помощью помощника выполнения анализа SimulationXpress

На рисунках 1 – 3 показаны значения напряжения и смещения.

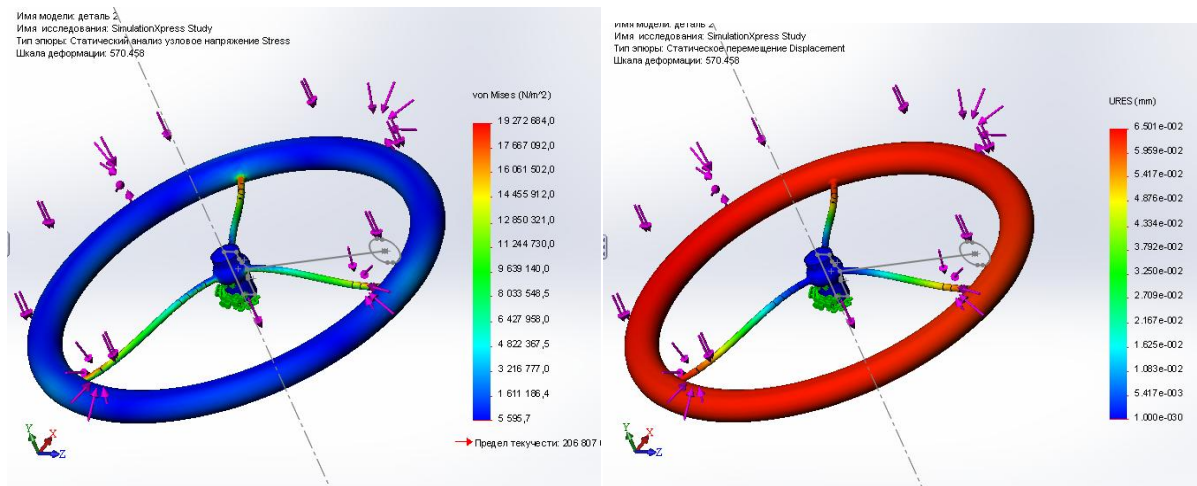


Рисунок 1 – Результат испытаний руля из стали марки 304 силой 120 Н

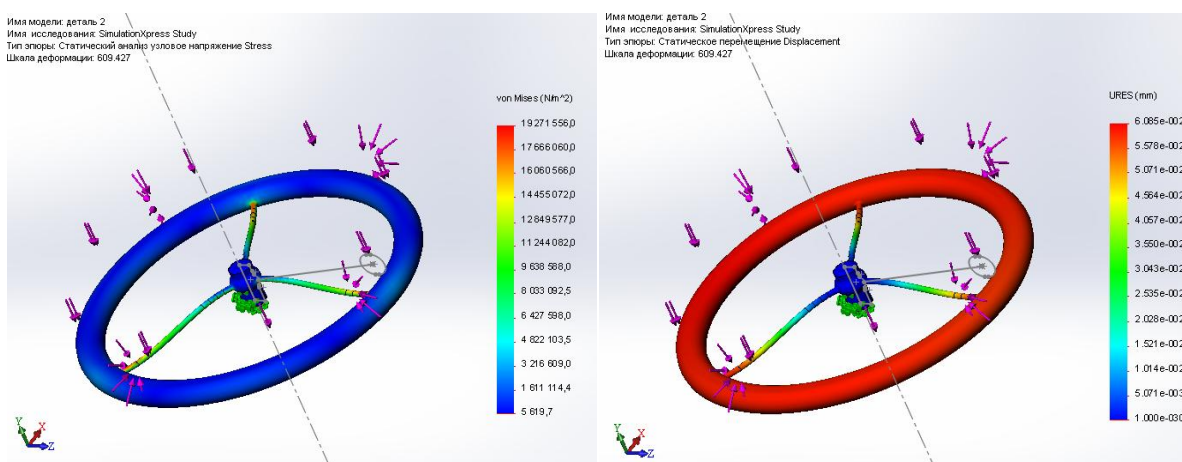


Рисунок 2 – Результат испытаний руля из инструментальной стали марки A2 силой в 120 Н

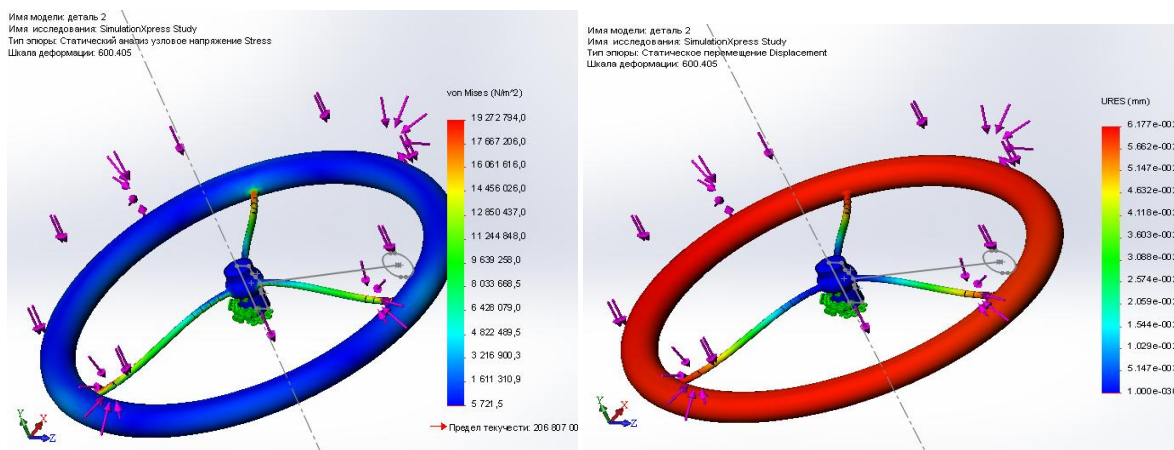


Рисунок 3 – Результат испытания руля из нержавеющей стали силой 120 Н

### Вывод

В ходе выполнения расчетного задания был смоделирован руль на легковой автомобиль марки Skoda, проведен ряд испытания для определения оптимального материала для изготовления руля при применении максимальной силы величиной 120 Н на обод смоделированного изделия.

Результаты показывают, что выбранные материалы для изготовления руля легкового автомобиля выдерживают максимальную нагрузку, то есть подходят для эксплуатации. Зонай возможного разрушения является место соединения обода со спицами. Эквивалентное максимальное напряжение сталей отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Показания максимальных напряжений стали 304, стали А2 и ковальной нержавеющей стали при нагружении 120 Н на руль

Сталь 304	Инструментальная сталь А2	Кованая нержавеющая сталь
Максимальное напряжение по Мизесу, Н/м <sup>2</sup>		
Нагрузка 120 Н	Нагрузка 120 Н	Нагрузка 120
19272684,0	19271556,0	1922794,0
Статическое перемещение e-002, мм		
6501	6085	6177

Наиболее применима инструментальная сталь марки А2, так как обладает оптимальным напряжением и минимальным смещением.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПОЙЛЕРА-ОБТЕКАТЕЛЯ ДЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Евдокимова Ю.С. – студентка, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

Обтекатель – специальная конструкция, облегчающая обтекание объекта потоком газа или жидкости, что ведёт к уменьшению аэродинамического сопротивления движению (рисунок 1). Особое значение среди всех видов обтекателей для двигающихся аппаратов имеет головной обтекатель, так как именно он в значительной мере определяет сопротивление воздуха [1].



Рисунок 1 – Спойлер-обтекатель на грузовой автомобиль «Газель»

Обтекатели служат для улучшения аэродинамических характеристик и снижения шума от встречного воздушного потока. Благодаря аэродинамическим свойствам, обтекатели экономят более 20% топлива (рисунок 2), повышают характеристики ускорения и обеспечивают хорошую курсовую устойчивость во время движения, машина добавляет в динамике, реже приходится переключать передачи, энергичнее становятся обгоны.

Обтекатель на автомобиль «Газель» должен обладать следующими эксплуатационными параметрами: масса 8–10 кг, толщина 2–3 мм, обтекаемость формы, соответствие габаритам автомобиля, шумоизоляция, стойкость к воздействию температур в пределах от минус 40 °С до плюс 40 °С, сопротивление аэродинамическим нагрузкам (600–800 Н/м<sup>2</sup>), износостойкость, долговечность[3].

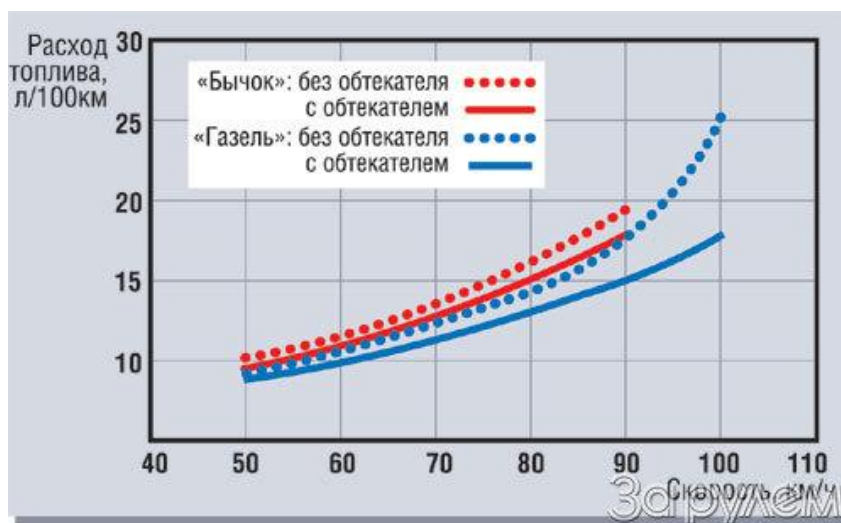


Рисунок 2 – Кривые зависимости расхода топлива от скорости с применением обтекателя и без его использования [2]

Стеклопластик обладает рядом свойств, которые позволяют изготовить спойлер-обтекатель в соответствии с требованиями эксплуатации изделия:

- шероховатость поверхности близка к нулю ( $R_{ш} = 0,0015 \text{ мм}$ );
- удельная прочность  $0,09 \text{ м}^2/\text{с}^2$ ;
- коэффициент линейного расширения  $(11-13) \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ;
- ударная вязкость по Шарпи  $172 \text{ кДж/м}^2$ ;
- термостойкость (от минус 60 °С до плюс 80 °С);
- стоимость до 5000 руб.;



– срок службы более 30 лет.

При изготовлении стеклопластики хорошо окрашиваются в любой цвет и при использовании стойких красителей могут сохранять его неограниченно долго. Так диффузант ДФ–151 поставляется по 0,007 кг и 0,050 кг в эпоксидный компаунд в количестве (1–7) % в зависимости от толщины полимерного слоя. Применяется: для придания «молочности» за счет светорассеивающих свойств, увеличения tiksотропности и вязкости компаунда, а также в качестве антиседиментационной добавки [4].

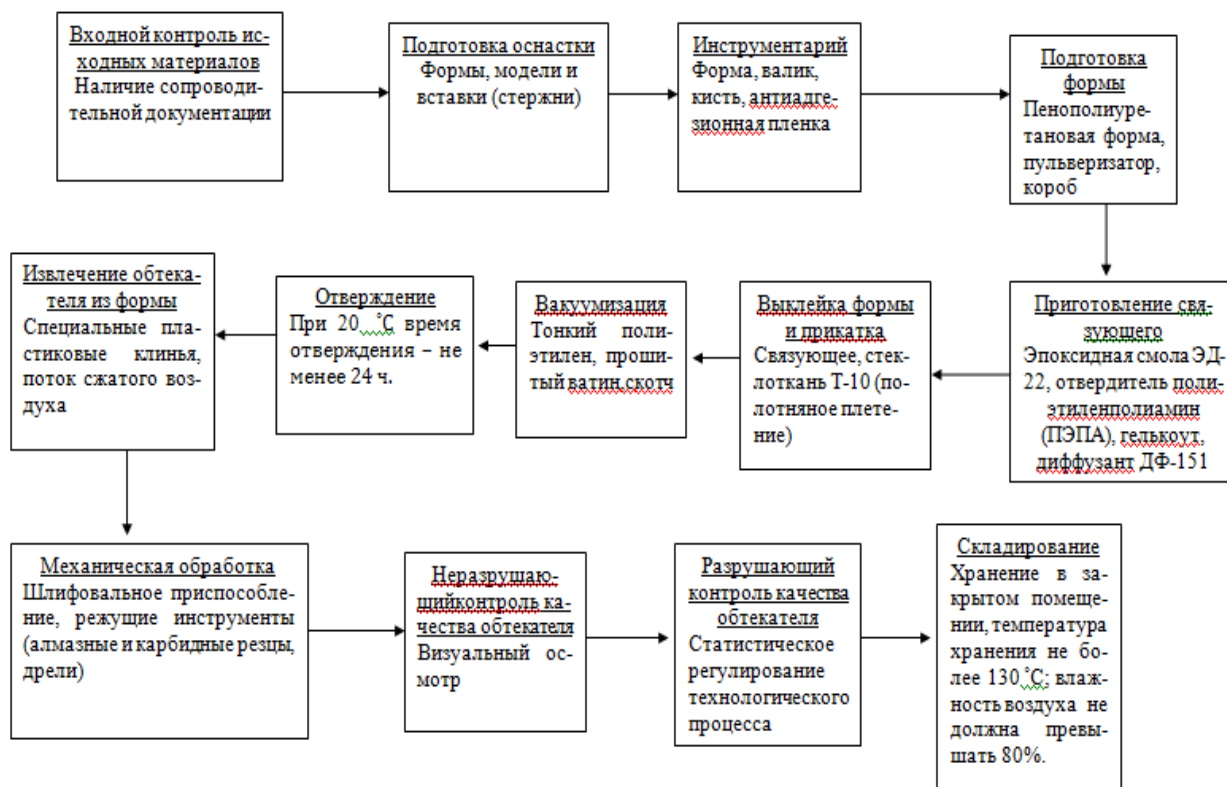
Существует более 5 методов, применимых к изготовлению стеклопластика, но наиболее простым по аппаратурно-технологическому оформлению способом получения полимерных композиционных материалов продолжает оставаться контактное формование для изготовления крупногабаритных малонагруженных деталей сложной конфигурации. Поэтому выбор метода изготовления спойлера-обтекателя останавливается на методе контактного формования [4].

Для выбранного метода контактного формования оборудование представляет собой формы, машины для выдувания изделия из формы и аппарат для вакуумизации.

Технология ручной укладки включает следующие основные операции:

- нанесение разделительных покрытий на формы;
- раскрой стеклоткани Т-10;
- приготовление связующего из смолы ЭД-22, отвердителя ПЭПА и добавки диффузанта ДФ-151;
- укладка армирующего материала (стеклоткань) в негативную форму;
- нанесение на армирующий материал связующего и пропитка;
- отверждение связующего при комнатной температуре не менее 24 ч;
- извлечение изделия из формы и его механическая обработка;
- контроль качества изделия (разрушающий и не разрушающий).

Технологическая схема изготовления обтекателя на крышу автомобиля ГАЗ-3301 «Газель» методом контактного формования с использованием диффузанта ДФ-151



Выводы

Ручное формование как технология изготовления спойлера-обтекателя для автомобиля

«Газель» отличается достоинствами:

- простота процесса;
- малая стоимость оборудования (менее 10000 руб);
- большая экономия материала;
- легкость устранения повреждений поверхности.

Была введена операция – введение диффузанта ДФ-151 в смоляную часть связующего.

Список использованной литературы

1. Обтекатель // – Википедия –  
(<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C>).
2. Обтекатели, спойлеры, тюнинг // Дакар-Авт – (<http://dakaravto.ru/articles>).
3. Обтекатели, спойлеры для автомобилей // Дакар –(<http://obtekatel.ru/gazel-33023-fermer2/>).
4. Технологии // – Контактное формование –(<http://plastinfo.ru/information/articles/264>).

## ТРОТУАРНАЯ ПЛИТКА И ПУТИ ЗАМЕНЫ ТРАДИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Жуминов Р.С – студент, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

Тротуарная плитка – современный материал для покрытия тротуаров, улиц, подходов к зданиям. Плитка проста в установке и обслуживании. В отличие от асфальтового покрытия, не препятствует растениям в питании водой и газообмене. Она может выдержать большие перепады температур, не плавится от солнца и не выделяет вредные газы.

Тротуарная плитка может быть изготовлена из различных материалов. Наиболее классический – это бетон, данная технология проста в производстве и произведенная плитка выдерживает большие нагрузки. Но существуют и другие технологии: из натурального камня, обожженной глины достаточно оригинальный вариант напоминает текстуру кровельной черепицы и, несмотря на свою простоту и известность вышедшая совсем недавно на рынок тротуарная плитка из дерева.

Все представленные материалы это природные ресурсы которых осталось не так уж и много. Целью данной работы является найти замену традиционным песку и щебню наиболее экономичеки выгодного материала.

На предприятиях металлургической отрасли в связи с особенностями технологии производства до 40 % от первоначального сырья уходит в отходы – шлаки. Учитывая объёмы современного производства металлов, количество производимых шлаков огромно. На сегодняшний день данные отходы в большинстве случаев складываются, не подвергаясь никакой дальнейшей переработке. Но в настоящее время идет активная переработка шлака в шлаковый щебень.

Целью исследования является изучение возможности применения шлакового щебня в производстве тротуарной плитки только в качестве заполнителя, для экспериментов была выбрана фракция шлакового щебня 0–5. Данная фракция может выступать в качестве крупного и мелкого заполнителя одновременно и даёт возможность отказаться от применения песка, вовлекая большее количество шлаков в производство и позволяя дополнительно снизить себестоимость изделия.

Бетонные образцы изготавливались методом вибролитья. Было получено два вида образцов: стандартные кубические образцы 100×100×100 мм для прочностных испытаний и образцы тротуарной плитки для изучения визуального качества готовой продукции и свойств формуемости смеси.

Результаты исследования

Первые образцы были получены на основе смеси «цемент-песок-шлак» с вариацией

соотношения компонентов, целью создания этих образцов являлось изучение возможности замены гранитного (природного) щебня в «классической» бетонной смеси шлаковым. Проведённые прочностные исследования образцов дали следующие результаты, приведённые в таблице 1. Исследование проводилось в программе SolidWorks.

Таблица 1– Результаты замены гранитного щебня шлаковым

Смесь	Соотношение компонентов в частях по объёму			Прочность 14 суток Па
	ПЦ 400	Песок	Шлак 0–5	
Эталон	1	2	3 Щебень	2120,9
1	1	1	3	2101

Анализ результатов эксперимента и сравнение образцов на основе шлака с эталонными образцами показал, что при замене природных наполнителей отходами чёрной металлургии можно добиться требуемой прочности и визуального качества изделия, а в некоторых случаях даже превзойти их.

В ходе работ была выдвинута идея о полном отказе от природных заполнителей. Создание бетонной смеси на основе шлакового щебня и вяжущего стало возможным благодаря применению отсева шлака фракции 0–5, который включает в себя как крупные, так и мелкие частицы.

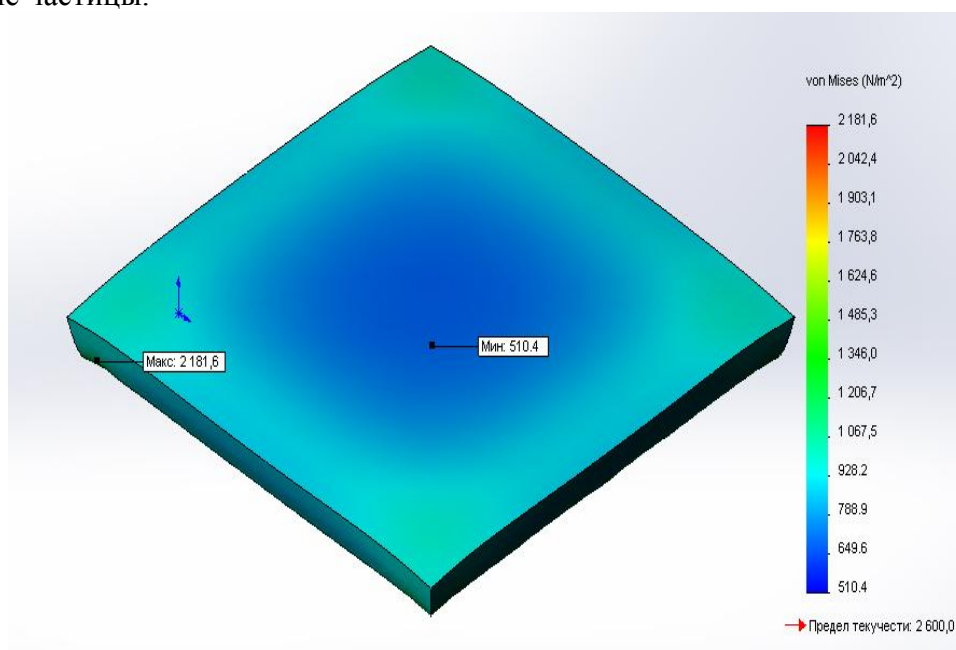


Рисунок –1 Предел текучести

В процессе экспериментов было отмечено, что смеси на основе шлаков получаются более жёсткие, что повышает их конечную прочность, но ухудшает формуемость, соответственно предъявляя специфические требования к технологическому процессу.

Был создан образец без применения песка цемент-шлаковый щебень, и подвергнута дальнейшим исследованиям результаты которых приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования образцов на основе шлакового щебня

Смесь	Соотношение компонентов в частях по объёму			Прочность 14 суток Па
	ПЦ 400	Песок	Шлак 0–5 мм	
Эталон	1	2	3	2120,9

1	1	Нет	3	2870,3
---	---	-----	---	--------

Полученные результаты доказали возможность отказа от природных компонентов, подтолкнув к дальнейшим исследованиям.

#### Выводы

В данной работе было доказано, что при замене гранитного щебня шлаковым можно добиться требуемой прочности плитки предъявляемой ГОСТ 17608–91. Так же применение этого заполнителя не наносит ущерб окружающей среде, позволяет экономить ресурсы производителя.

#### Список использованной литературы

1. ГОСТ 17608-91 – Плиты бетонные тротуарные.
2. Оценка негативного воздействия на окружающую среду строительных материалов, содержащих отходы черной металлургии / К.Г. Пугин, Я.И. Вайсман, Г.Н. Волков, А.В. Мальцев // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2.

## ПЛЕЧИ СПОРТИВНОГО АРБАЛЕТА ИЗ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА

Зуйков В.В. – студент, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

Композит –это гетерофазный материал, состоящий из двух и более компонентов и обладающий новыми специфическими свойствами. Видов композитов много, но самым распространенным из них является стеклопластик. Особенность материала в том, что он формируется одновременно с изделием. Композит состоит из матрицы (смолы), армирующего элемента (стекложгута или стеклоткани) и различных добавок. Появляется возможность подобрать такой состав ингредиентов, при котором получится композит, наилучшим образом отвечающий условиям эксплуатации изделия [1].

Плечи арбалета–это упругие элементы лука, которые накапливают механическую энергию человека, произведенную вовремя натяжения для последующего выстрела. Плечи крепятся непосредственно к ложе, намошных арбалетах– ложе через металлическую колодку.

В свою очередь плечи могут быть прямыми или изогнутыми (рекурсивными), иметь монолитную или раздельную конструкцию [2].

#### Традиционный материал. Деревянные плечи для арбалета

Деревянные плечи самые легкие в изготовлении, они не требуют особых инструментов и не затратят много времени для того, чтобы их сделать. Для их изготовления подойдут такие породы дерева как тис, ясень или береза. Заготовка не должна иметь сучков и глубоких трещин. После придания заготовке желаемой формы ее нужно закрепить на распорку и высушить. Мощность таких плеч будет невелика и прослужит они вероятно не долго, но все зависит от того как их сделать [3].

#### Металлические плечи для арбалета

Металлические плечи для арбалета более сложны в изготовлении и требуют большее количество инструментов. В идеале берется кусок металла и подвергается кузнечной обработке, выковывается форма плеч, а затем металл подвергается закалке. Но к сожалению сделать такую работу способен далеко не каждый человек, нужно обладать опытом и кузнечными навыками, чтобы добиться хороших результатов. Для тех кто не знает кузнечного дела есть выход, можно в качестве материала для изготовления плеч арбалета, взять автомобильную рессору.



Рисунок 1– Основные части арбалета

Сделать обработку при помощи болгарки, нужно лишь следить за тем чтобы металл не перегревался. Мощность плеч сделанных из металла гораздо больше чем из дерева, но и времени на то чтобы их сделать будет потрачено гораздо больше [4].



Рисунок 2 – Плечо, изготовленное из конструкционной стали 60С2.

#### Композиционный материал

Углеродное волокно– материал, состоящий из тонких нитей диаметром от 5 до 15 мкм, образованных преимущественно атомами углерода. Атомы углерода объединены в микроскопические кристаллы, выровненные параллельно друг другу.

Выравнивание кристаллов придает волокну большую прочность на растяжение. Углеродные волокна характеризуются высокой силой натяжения, низким удельным весом, низким коэффициентом температурного расширения и химической инертностью [5].

На рисунке 3 представлено плечо изготовленное из конструкционной стали 60С2.

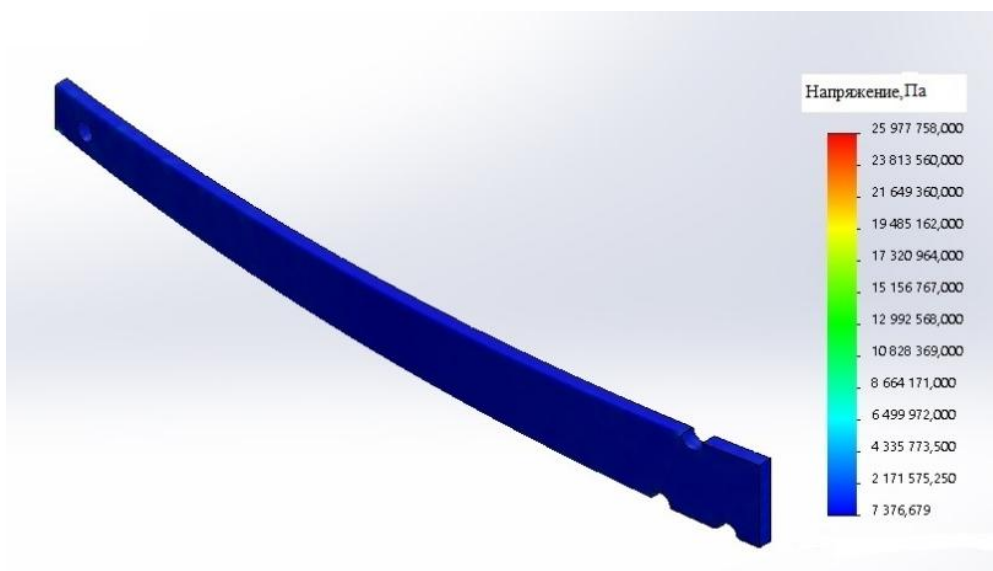


Рисунок 3 – Распределения напряжений плеча арбалета из углеродного волокна

Так как плечо накапливает механическую энергию человека до последующего выстрела оно должно обладать такими качествами как твердость, большим коэффициентом усталости, и большой скоростью распрямления и если сравнить два материала, а именно конструкционную сталь и углеродное волокно то можно сделать вывод что плечи, изготовленные из углеродного волокна превосходят стальные.

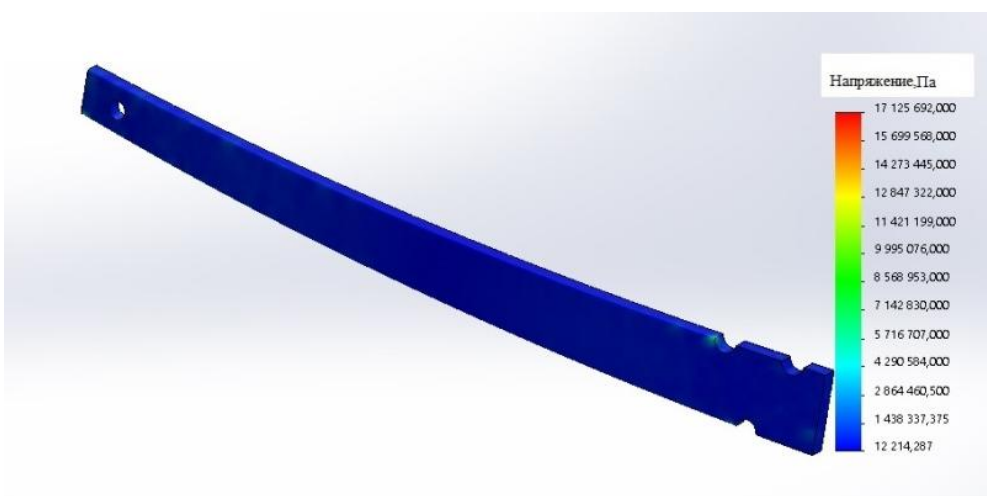


Рисунок 4 – Распределение напряжений плеча арбалета из конструкционной стали 60С2

Из данного исследования можно сделать вывод, что плечо изготовленное из углеродного волокна лучше претерпевает данные нагрузки, чем инструментальная сталь. Масса плеча изготовленного из углеродного волокна значительно легче, а соответственно и лучше в момент эксплуатации.

Список использованной литературы:

1. <http://forum.arbalet.info/viewtopic.php?t=8212>
2. [http://metallcheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/60S2](http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/60S2)
3. [http://sekach.ru/samodelnoe\\_oruchie/razmer\\_arbaleta](http://sekach.ru/samodelnoe_oruchie/razmer_arbaleta)
4. <http://oruzheynik.com/articles/49/>
5. <http://www.proza.ru/2009/04/06/1163>

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ ОЗОНОВОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Каракулова Ю.Р. – студентка, Головина Е. А. – доцент, к. т. н.

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

В статье исследуется влияние озона на полимеры, способы борьбы с озоновым излучением.

Действие озона на полимеры и связанное с ним изменение свойств полимерных материалов интенсивно изучаются, особенно в последние годы. Это обусловлено стремлением изменить свойства традиционных материалов, расширить области применения последних и улучшить эксплуатационные характеристики изделий из полимеров[1].

Кроме того, значительное увеличение концентрации агрессивных примесей в атмосфере и в средах, где работают полимеры, заставляет задумываться над проблемами защиты полимерных материалов от действия этих сред. В частности, оказалось, что ускоренное старение и пробой диэлектриков, используемых в конденсаторах, кабелях и других электрических устройствах, в значительной мере связаны с образованием озона из атмосферного кислорода под действием переменного электрического поля [2].

Проведение многочисленных опытов позволило понять, что озон и другие окисляющие компоненты загрязненной атмосферы промышленных центров могут быть инициаторами ускоренного фотохимического разрушения изделий из ударопрочного полистирола. Долговечность пластиков, используемых в технике, снижается, а ползучесть увеличивается под действием атмосферного озона. Особенно быстро разрушается поверхность пластиков, что ухудшает внешний вид изделий из полимеров[3].

Таким образом, проблема защиты полимеров от старения является комплексной и должна учитывать все эти факторы. Уже из краткого рассмотрения видов деструктирующих воздействий на полимеры можно заключить, что главными из них являются термическая и термоокислительная деструкции, усиливающиеся при одновременном действии света[4].

Эти процессы протекают главным образом по механизму цепных радикальных реакций. Следовательно, меры защиты должны быть в первую очередь направлены на подавление этих реакций в полимерах. Из рассмотрения химических свойств и реакций полимеров мы знаем, что благодаря высокомолекулярной природе полимеров очень малые количества низкомолекулярных химических реагентов способны вызывать существенные изменения физических и механических свойств полимеров. Это в полной мере относится и к кислороду как наиболее распространенному химическому агенту, в контакте с которым работают полимерные изделия[5].

Следовательно, для защиты полимеров от этих вредных воздействий или для стабилизации полимеров и изделий из них во времени можно использовать малые добавки низкомолекулярных веществ, которые будут прерывать развитие цепных реакций, например окисления. Такие вещества, как мы знаем, называются ингибиторами цепных реакций[6].

Проблема стабилизации полимеров – это главным образом проблема поиска эффективных ингибиторов, или стабилизаторов, которые, будучи добавлены в полимер в очень малых количествах, не давали бы возможности развиваться нежелательному цепному процессу деструкции макромолекул[7].

Список использованной литературы:

1. Разумовский С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями./ С.Д.Разумовский, Г.Е. Заиков - М.: Наука, 1974.- 322 с.
2. Ландле Дж. Химия и технология полимеров./ Дж. Ландле, П. Лебель -1960.- № 1, 100с.
3. Сирота А.Г. Модификация структуры и свойств полиолефинов./ А.Г.Сирота - Л.: Химия, 1974.-154 с.
4. Коршак В.В. Привитые сополимеры./ В.В. Коршак, К.К. Морозова- Вестник АН СССР, 1963.- № 10, 34 с.
5. Грасси Н. Химия деструкции полимеров./ Н. Грасси-М.: Изд-во иностр. лит. 1959.-

184 с.

6. Гольдберг В.М. Высокомолекулярные соединения./ В.М. Гольдберг, М.М. Велицкий, И.А. Красоткина - А, 1975.- т. 17, № 10, 2243 с.

7. Кефели А.А. Высокомолекулярные соединения. / А.А. Кефели, С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков - Б, 1972.- т. 14, № 10, 803 с.

## ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СУШКИ НА ПРОПИТЫВАЕМОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

Кирилова Я.А – студентка, Головина Е.А – к.т.н., доцент

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

В настоящее время в нашей стране все большую популярность приобретает идея экожиля, основным приложением которой является возведение домов из натуральных материалов с широким использованием древесины. Однако у этого столь ценного материала есть свои недостатки: горючесть, низкая стойкость к биоразрушению, что делает вопросы защиты деревянных конструкций весьма актуальными.

В связи с тем, что защитная обработка должна являться заключительным этапом после выполнения всех технологических операций, а значит, сушки, вызывает интерес вопрос влияния особенностей проведения последней на пропитываемость древесины.

Сушка – одна из важнейших операций в технологическом процессе деревообработки, представляющая собой процесс удаления влаги из материала путем испарения. В промышленности используют различные способы сушки древесины, различающиеся между собой как применяемым оборудованием, так и особенностями передачи тепла высушиваемому материалу.

Одним из первых шагов, позволяющим это сделать, является разработанная и успешно внедряемая технология скоростной и энергоэффективной сушки древесины, получившей название – «Сушка древесины Мягким Ускоренным Режимом (МУР)».

Данная технология с 2006 года успешно применяется как для реконструкции действующих сушильных камер, так и для производства новых сушильных камер периодического действия. На сегодняшний день осуществлена реконструкция на 4 объектах 6 сушильных камер объёмом от 20 до 50 м<sup>3</sup>, и строительство 2 камер объёмом по 30 м<sup>3</sup> каждая [1].

Традиционно ускорения сушки добиваются за счёт повышения температуры, что приводит к снижению физико-механических показателей древесины, а проведением тепловлагообработок достигают допустимых для заданных видов изделий параметров внутренних напряжений.



Рисунок 1 – Модуль «Нано»

Всё это требует сложных комплексов аппаратуры управления многоступенчатым процессом сушки, а, следовательно, и высокой квалификации операторов сушильных камер.



Новая же технология с использованием блока-модуля "Нано"(рис1) позволяет создание переменного электрического поля сверхнизкой напряженности направленной перпендикулярно линиям напряженности магнитного поля Земли в конкретной точки пространства. Частота поля подобрана таким образом, что колебания диполей влаги, находящихся в древесине, попадали в циклотронный резонанс.

Применительно к сушке древесины суть циклотронного резонанса можно описать следующим образом: диполи воды под воздействием электромагнитного поля начинают более интенсивно двигаться, что приводит к уменьшению силы водородных связей и возникновению резонансного поглощения тепловой энергии молекулами воды.

Технологические параметры режима МУР сушки заключаются только в поддержании в камере заданной температуры по сухому термометру:

Таблица 1 – Режим сушки любых хвойных пород толщиной до 75мм

Номер ступени	Прогрев	I	II	III	IV	Остывание
Температура, °С	До 50	45	50	55	60	на 2–3 в час
Продолжительность, ч	6–15	12–24	12–24	12–24	12–24	6–24

Общее время цикла сушки, например, сосновых пиломатериалов номинальной толщиной 50 мм от начальной до эксплуатационной влажности древесины 8% по второй категории качества составляет от 100 до 160 часов в зависимости от особенностей сушильной камеры и температуры прогрева-остывания[2].

Неоспоримым преимуществом МУР сушки является:

1. увеличение производительности действующих и вновь вводимых камер на 20-50%;
2. снижение энергозатрат на 20 – 50% (до 50 кВт на 1 кубометр высушенной древесины с применением рекуператора- теплообменника и до 100 кВт – без теплообменника) с аналогичным одновременным сокращением сроков сушки;
3. снижение потерь материала от дефектов возникающих в процессе сушки со стандартных 3 – 5% до 1%, что при рыночной цене сухого пиломатериала в 6000 руб. даёт экономический эффект в 120 –240 рублей с куба;
4. устойчивое получение сухих пиломатериалов по 2 категории качества, а при необходимости и по 1 категории;
5. возможность одновременной сушки пиломатериалов разного сечения и даже породы;
6. возможность сушки пиломатериалов большого сечения – бруса 150 –180 мм;
7. возможность использования теплоносителя с температурой 65 –70°С;
8. увеличение сроков службы всех механизмов и ограждающих конструкций камеры, отсутствие коррозии;
9. полное отсутствие технологической воды необходимой для увлажнения пиломатериала и питания фитиля мокрого термометра;
10. возможность автоматизированной сушки древесины без использования воды в качестве теплоносителя, при использовании специализированных тепловоздушных генераторов типа ВН, таким образом, создан энергоэффективный аналог аэродинамической камеры; [3,4]
11. отсутствие необходимости в реверсировании потока агента сушки;
12. отсутствие потребности в квалифицированном персонале;
13. возможность быстрого, за 5– 6 часов обучения мастера (оператора) технологии сушки.

Рассмотрим эксперимент для которого использовались две партии опытных образцов по 25 штук, выполненные из ядровой древесины сосны. Первая партия – это образцы, высушенные до нормальной влажности 12% в обычной аэродинамической камере при стандартных режимах сушки. Вторая – образцы, высушенные до нормальной влажности 12% при помощи блока-модуля "Нано" Мягким Ускоренным Режимом (МУР-сушка). В качестве оценочных использовались показатели качества пропитки – величина поглощения

антисептика и глубина пропитки древесины [2].

Опытные образцы пропитывались различными способами, относящимися к группам капиллярных (вымачивание), диффузионных (нанесение паст) и под давлением (горяче-холодные ванны и вакуумно-атмосферное давление). Для обработки способом «Вакуум-атмосферное давление» использовались различные антисептики: легко-вымываемый фтористый натрий (NaF) и трудновымываемый УЛТАН [3,4]. Режимы пропитки приведены в таблице 2:

Таблица 2 – Режимы пропитки

Способ пропитки	Антисептик	Температура раствора в ванне, °С		Давление, МПа	Продолжительность выдержки в ванне	
		Холодная	Горячая		Холодная	Горячая
Вымачивание	NaF	20	-	-	60 мин	-
Нанесение паст	Силикатная паста	-	-	-	30 дней	-
ГХВ	NaF	20	90	-	30 мин	30 мин
ВАД	NaF	20	-	0,08	15 мин/ 45 мин*	-
ВАД	УЛТАН	20	-	0,08	15 мин/ 45 мин*	-

На основе проведенных опытов можно сделать следующие выводы:

- МУР-сушка оказывает однозначно положительный эффект на пропитываемость древесины (рис. 3).

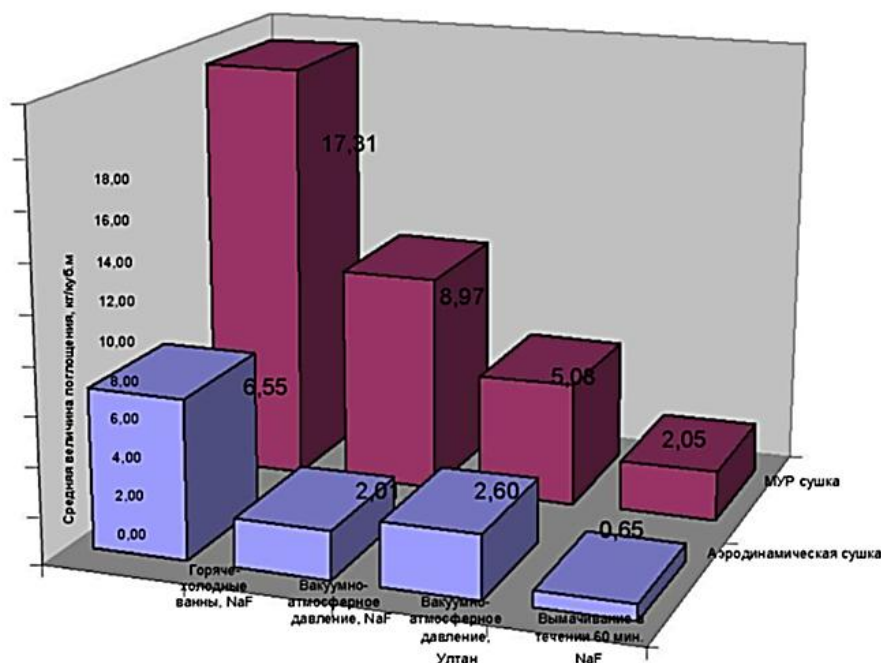


Рисунок 2 – Диаграммы величины поглощения антисептиков при различных способах пропитки в зависимости от допропиточной сушки древесины

- Величина поглощения древесиной, высушенной с применением циклотронного резонанса, возрастает в 2...4 раза в зависимости от применяемого способа пропитки и защитного средства, причем необходимо учитывать, что вводились водные растворы препаратов, внедрение которых в древесину затруднительно.

Глубина проникновения препаратов в древесину после МУР-сушки также увеличивается в 1,2...2,6 раз. Легко диффундирующий фтористый натрий значительно глубже, нежели УЛТАН, заглублиение которого проходит одновременно с протекающими реакциями взаимодействия с лигнином и другими веществами древесины

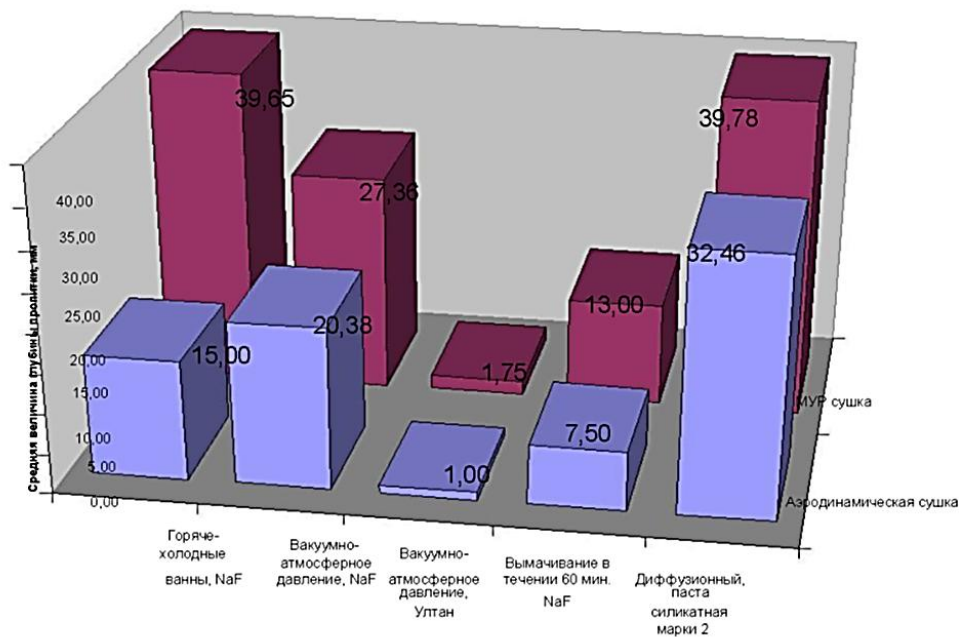


Рисунок 3 – Диаграммы глубины проникновения антисептиков при различных способах пропитки в зависимости от допропиточной сушки древесины

В заключении можно сделать вывод о том, что особенности проведения сушки древесины сказываются на проницаемости последней. В частности использование циклотронного резонанса приводит к существенному повышению величины поглощения жидкостей и глубины их проникновения в древесину. Данное обстоятельство необходимо учитывать не только при осуществлении процессов защитной обработки, но и склеивания, а также отделки древесных материалов, т.к. оно способно привести не только к положительным моментам (например, увеличению срока службы деталей), но и отрицательным (перерасход материалов, снижение адгезии ЛКП, прочности клеевых швов).

Технология МУР сушки обеспечивает:

1. качество сушки соответствующее мировым стандартам;
2. снижает общие затраты тепловой и электрической энергии не менее чем на 20%, а значит снижает и объем выбросов в атмосферу;
3. снижает фактический расход исходных сырых лесоматериалов, используемых для последующей переработки в столярные изделия и детали мебели на 3-20%;
4. конкурентоспособность готовых изделий из древесины на мировом рынке;
5. решение проблемы квалифицированного персонала, задействованного в процессе сушки.

Список использованной литературы:

1. Кошкин А.В. Проект модернизации сушильных камер на основе использования низкочастотного волнового эффекта». Отчет о НИР, номер проекта СЛ-20. – Екатеринбург, 2007г.
2. Кошкин А.В., Стрижаков Д.С., Корнилов Д.Г. Magic – достойный конкурент на рынке энергоэффективных сушильных камер. – Екатеринбург, Лесной Урал, №4 (36) июль-август 2008г.
3. Стрижаков Д.С. Газовые и тепловоздушные сушильные комплексы. –М: Тезисы докладов семинара «Сушка древесины. Проблемы и перспективные решения». 2003г.

4. Демин И.Л., Стрижаков Д.С., Бондарь А.Л. Топка для сжигания твердого топлива и тепловоздушный генератор. Патент на полезную модель РФ № 36488

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПКМ

Курилкин В. В. – студент, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

Способы получения полимерных композитов определяются типом наполнителя (волокнистый, порошкообразный), так и агрегатным состоянием полимера (жидкий или твердый). Имеются свои различия и в методах приготовления ПКМ с наполнителем одного типа. Так, для каждого материала из армированных волокнами пластиков в соответствии с известной классификацией характерен свой способ получения.

Существует основные четыре группы простой классификации:

1) слоистые пластики, или текстолиты, в которых наполнитель применяется в виде слоев волокнистой ткани;



2) литьевые и прессовочные композиции, наполненные рублеными волокнами, ровницей, нитями;



3) ориентированные армированные пластики;



4) стеклопластики на основе предварительно формованных стеклянных волокон или холстов (матов).



Исходя от способа введения наполнителя в полимерную матрицу создают композиции, или обладающие ярко выраженной анизотропией свойств, или практически изотропные.

Если брать дисперсные наполнители, то большинство способов получения ПКМ на их основе включает стадию изготовления так называемых пресс-порошков или мокрым методом, например пропиткой смолами, либо сухим методом, например вальцеванием.

В случае использования жидкой матрицы методы получения КМ различны в зависимости от способа формования. При мокром способе формования в форму укладывают волокнистый или дисперсный наполнитель, который пропитывают жидким олигомерным связующим. Олигомеры по размерам молекул являются промежуточными между мономерами и полимерами. После пропитки и удаления растворителя проводят процесс отверждения.

При сухом способе формования в форму помещают предварительно пропитанный связующим и высушенный наполнитель. Стадия отверждения в обоих случаях, как правило, состоит в прессовании под небольшим давлением при повышенных температурах.

Однако, при изготовлении композитов, проявляются так называемые усадочные процессы. Дело в том, что связующее состоящее из олигомеров при повышении температуры или при добавлении отверждающего агента превращаются (полимеризуются или поликонденсируются) в полимер сетчатого строения. Процессы полимеризации и поликонденсации всегда сопровождаются уменьшением объема. Такое уплотнение при переходе от мономера или олигомера к полимеру связано с сокращением межмолекулярных расстояний от 3–4 до  $\sim 1,54$  А. Такой процесс изменения объема связующего может

привести к искажению формы изделия и возникновению внутренних напряжений, которые губительно сказываются на прочностных характеристиках изделия. Поэтому, что бы получить высококачественные композиционные материалы, необходимо использовать связующие с минимальной усадкой.

Другой серьезный недостаток использования жидких полимеризующихся соединений состоит в том, что вязкость связующего в процессе полимеризации резко возрастает. Поэтому для обеспечения равномерного распределения наполнителя в массе связующего приходится ступенчато повышать давление формования.

Имеются свои особенности в процессе изготовления волокнистых ПКМ типа намоточных изделий. Например, стекловолокно пропускают через ванну с раствором олигомера или полимера такой вязкости, которая обеспечивает необходимое количество связующего, остающегося на колонне. Затем растворитель удаляют и проводят отверждение обычными методами.

Все названные способы изготовления КМ с наиболее успешно применяют во всех тех случаях, когда степень наполнения полимера не слишком велика (до 50%). При более высоких степенях наполнения неизбежно появляются неоднородность и неравномерность распределения армирующей добавки в полимерной матрице.

Список использованной литературы:

1. Мозберг Р.К. Материаловедение. М.: В.ш., 1991. – 448с.
2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1972. – 510с.
3. Технология металлов и других конструкционных материалов. Скобников К.М. и др. М.: Машиностроение, 1972. – 520с.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ МАТЕРИАЛА

Кускова А. Г. – студентка, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

Если детали машин, конструкций и механизмов в процессе эксплуатации испытывают ударные нагрузки, то материал, из которого изготавливаются такие детали, помимо статических испытаний подвергают испытаниям динамической нагрузкой, так как некоторые материалы с достаточно высокими показателями статической прочности разрушаются при малых ударных нагрузках. Испытание с такой скоростью нагружения позволяют определить динамические свойства материалов, среди которых наиболее существенное значение имеет ударная вязкость, характеризующая склонность материала к хрупкому разрушению. Ударная вязкость является интегральной характеристикой, учитывающей работу зарождения трещины и работу распространения вязкой трещины. Известны два способа динамических испытаний:

- На маятниковых копрах по Шарпи;
- По консольному изгибу по Изоду.

В данной работе было проведено испытание на маятниковом копре по Шарпи, позволяющее определить ударную вязкость сплава, из которого изготовлен образец, и на основании полученных результатов сделать выводы о том, какие факторы влияют на значение ударной вязкости.

При медленном повышении нагрузки механические свойства образцов зачастую не соответствуют условиям нагружения деталей при эксплуатации, когда нагрузка возрастает очень быстро. Это приводит к необходимости исследовать свойства материала при динамических (ударных) нагрузках. Все материалы, из которых изготавливают детали, воспринимающие динамические нагрузки, обязательно испытывают на удар. Скорость деформации при статических механических испытаниях, как правило, находится в пределах  $10^{-4} \div 10^{-2}$  1/с. Динамические испытания обычно проводятся со скоростью деформации

порядка  $10^2$  1/с, т.е. при динамических испытаниях скорость деформации больше, чем при статических примерно в  $10^5$  раз. Динамические испытания на ударный изгиб выявляют склонность материала к хрупкому разрушению. По характеру этого разрушения мы можем судить о состоянии материала. Чем больше величина ударной вязкости, тем лучше материал сопротивляется динамической нагрузке. Образцы из хрупких материалов ломаются легко, с небольшой затратой работы на разрушение. Образцы из пластичных материалов наоборот – требуют на разрушение большей энергии. Материалы, требующие большой затраты энергии на излом называют вязкими. Чем медленнее происходит нагружение, тем меньше требуется нагрузка для деформации образца. С увеличением скорости нагружения сопротивление материала деформации возрастает.

Если в изделии есть надрезы, внутренние дефекты, резкие переходы в сечении, это оказывает влияние на сопротивление пластической деформации. Изменение температуры также оказывает значительное влияние на данные характеристики материала. Величина ударной вязкости очень сильно зависит от температуры. По мере понижения температуры ударная вязкость образцов из одного и того же материала уменьшается. У некоторых материалов существует температурный интервал, в котором удельная ударная вязкость резко меняет свое значение. Этот интервал называется температурным интервалом хрупкости. Чем больше смещен температурный интервал хрупкости в сторону низких температур, тем материал менее чувствителен к воздействию температуры при ударных нагрузках и тем более он надежен в работе. Изменение формы образца также сказывается на величине ударной вязкости. Переход к более широким образцам и к образцам с более острым надрезом смещает температурный интервал в сторону более высоких температур.

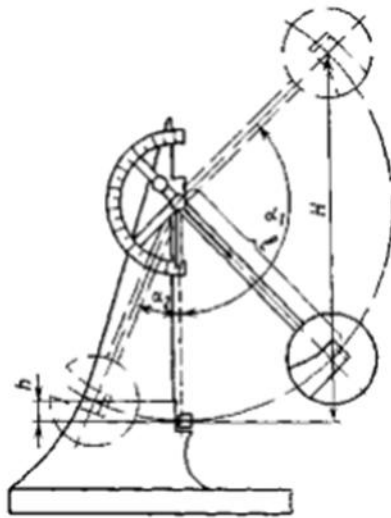


Рисунок 1 – Схема маятникового копра

Ударную вязкость пластмасс по Шарпи определяют на специальном маятниковом копре. Испытание на маятниковом копре основано на изменении работы, затраченной на разрушение образца, путем сопоставления энергии физического маятника в момент удара с энергией, которой маятник обладает после удара по образцу. В данной работе испытание образцов на ударный изгиб производилось на маятниковом копре МК – 15 с переменным запасом энергии в 15 кгс×м (рис. 1). Вес ножа  $Q = 0,4$  кгс, длина подвеса  $l = 0,225$  м, начальный угол  $\alpha_1 = 160^\circ$ . Ударному изгибу подвергались образцы стандартной формы в виде призматического бруска длиной 55 мм и сечением  $10 \times 10$  мм с U-образным надрезом посередине (рис. 2).

После проведения испытаний по формуле 1 определяем количество энергии, затраченное на разрушение образца (работу разрушения):

$$K = Q \times l \times (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1), \quad (1)$$

где  $Q$  — вес ножа, в кг;  $l$  — длина подвеса, в м;  $\alpha_1$  — начальный угол;  $\alpha_2$  — угол поднятия маятника после удара.

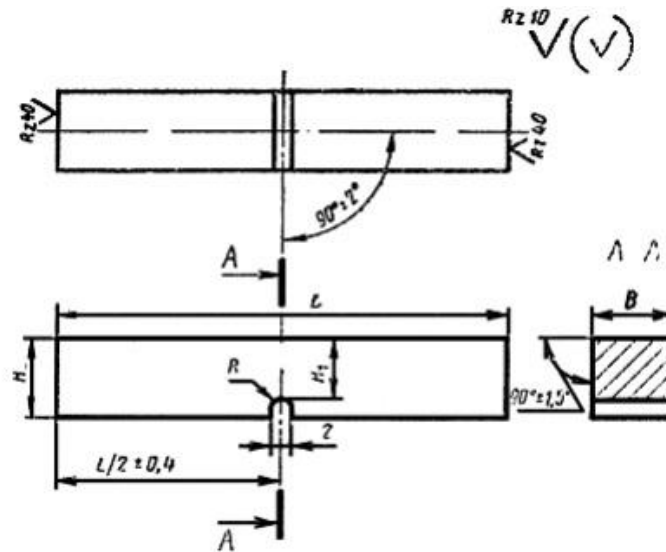


Рисунок 2 – Образец с концентратором вида U

$$K_1 = 0,4 \text{ кгс} \times 0,225 \text{ м} \times (\cos 77^\circ - \cos 160^\circ) = 0,15 \text{ кгс} \times \text{м}$$

$$K_2 = 0,4 \text{ кгс} \times 0,225 \text{ м} \times (\cos 93^\circ - \cos 160^\circ) = 0,088 \text{ кгс} \times \text{м}$$

$$K_3 = 0,4 \text{ кгс} \times 0,225 \text{ м} \times (\cos 94^\circ - \cos 160^\circ) = 0,086 \text{ кгс} \times \text{м}$$

$$K_4 = 0,4 \text{ кгс} \times 0,225 \text{ м} \times (\cos 84^\circ - \cos 160^\circ) = 0,10 \text{ кгс} \times \text{м}$$

$$K_5 = 0,4 \text{ кгс} \times 0,225 \text{ м} \times (\cos 91^\circ - \cos 160^\circ) = 0,092 \text{ кгс} \times \text{м}$$

Ударной вязкостью  $a_n$  называется способность материалов оказывать сопротивление действию ударных нагрузок. Она характеризуется отношением работы ударного разрушения образца (путем изгиба) к площади его поперечного сечения. Определяем ударную вязкость сплава, из которого изготовлены испытываемые образцы по формуле (2):

$$a_n = \frac{K}{F}, \quad (2)$$

где  $a_n$  — ударная вязкость, кгс × м/см<sup>2</sup> или МДж/м<sup>2</sup>;  $F$  — площадь поперечного сечения в месте надреза, в см<sup>2</sup>.

$$a_{n1} = \frac{0,15 \text{ кгс} \times \text{м}}{39,94 \times 10^{-4} \text{ см}^2} = 37 \text{ кгс} \times \text{м/см}^2;$$

$$a_{n2} = \frac{0,088 \text{ кгс} \times \text{м}}{40,99 \times 10^{-4} \text{ см}^2} = 21 \text{ кгс} \times \text{м/см}^2;$$

$$a_{n3} = \frac{0,086 \text{ кгс} \times \text{м}}{45,28 \times 10^{-4} \text{ см}^2} = 19 \text{ кгс} \times \text{м/см}^2;$$

$$a_{n4} = \frac{0,10 \text{ кгс} \times \text{м}}{40,79 \times 10^{-4} \text{ см}^2} = 25 \text{ кгс} \times \text{м/см}^2;$$

$$a_{n5} = \frac{0,092 \text{ кгс} \times \text{м}}{43,53 \times 10^{-4} \text{ см}^2} = 21 \text{ кгс} \times \text{м/см}^2$$

Все полученные результаты заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений ударной вязкости материалов



№	Размеры сечения в мм			Параметры маятника		Углы подъема маятника, в град		Работа разрушения		Ударная вязкость	
	а	в	F	Вес, в кгс (н)	Длин а, в мм	$\alpha_1$	$\alpha_2$	кгс·м	Дж	$\frac{\text{кгс} \cdot \text{м}}{\text{см}^2}$	$\frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$
1	4,11	9,72	39,94	0,4 (3,9)	0,225	160	77	0,015	1,47	37	368
2	4,20	9,76	40,99	0,4 (3,9)	0,225	160	93	0,088	0,86	21	210
3	4,44	10,20	45,28	0,4 (3,9)	0,225	160	94	0,086	0,84	19	186
4	4,18	9,76	40,79	0,4 (3,9)	0,225	160	84	0,10	0,98	25	240
5	4,42	9,85	43,53	0,4 (3,9)	0,225	160	91	0,092	0,90	21	210
Среднее значение										25±8	243±81

Испытуемый образец обладал ударной вязкостью 243 МДж/м<sup>2</sup>.

На значение ударной вязкости влияет наличие надреза на образце и расположение упрочняющего волокна. При использовании для армирования матов выявляется снижение ударной вязкости с возрастанием глубины надреза. Когда в качестве упрочняющего материала используют упрочняющую ткань, характер изменения ударной вязкости зависит от направления волокна. Если основное направление волокна совпадает с направлением изгибающих напряжений, до глубины надреза 1 мм ударная вязкость не изменяется. Дальнейшее увеличение глубины надреза приводит к снижению ударной вязкости. В том случае, когда основное направление волокна составляет 45° с направлением напряжений изгиба, увеличение глубины надреза вызывает возрастание ударной вязкости.

Также может оказывать влияние направление удара. Удар в плоскостном направлении оказывает большее влияние, чем удар в краевом направлении. Оказывает влияние температура и влажность. С падением температуры происходит возрастание ударной вязкости, а влажность оказывает незначительное влияние. Существенным фактором для сопротивления удару является содержание стекловолокна в композите.

Список использованной литературы:

1. «Механика разрушения композиционных материалов» Т. Фудзии, М. Дзако
2. Ударная вязкость сплавов (<http://www.teploskat.ru/metalli/obrabotka03.php>)
3. Ударная вязкость и работа разрушения (<http://chem21.info/info/1714928/>)

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИНТЕРЬЕРА САМОЛЕТА ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА МЕТОДОМ НАПЫЛЕНИЯ

Кухарикова М. А. – студентка, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

В современном самолетостроении особое внимание уделяется снижению веса конструкции самолета, для увеличения полезной нагрузки. На помощь в достижении данной цели конструкторам приходят композиционные материалы, которые при сохранении удельных прочностных характеристик могут значительно (до 50 %) снизить вес различных деталей самолета.

Примерно 15% от структурной массы современного гражданского самолета в наши дни составляют пластиковые композиты, преимущественно, изготовленные из углепластика. В запускаемом в настоящее время в производство новом поколении самолетов будет использовано до 50 % конструкционных композитов. Согласно исследованию использования пластмассовых композитов в авиационно-космической промышленности детали самолетов, изготовленные из композитов, на 15–20 % легче, чем аналогичные детали, изготовленные из алюминия. Экономия на эксплуатационных расходах за счет уменьшения массы самолетов оценивается в отчете суммой от 100 до 1000 евро (в зависимости от области применения) на килограмм сэкономленной массы. Экономия образуется за счет более низких затрат на топливо и меньшей потребности в материально-техническом обслуживании, которое при использовании металлов возникает из-за их усталости и коррозии. Поэтому все ведущие авиационные заводы занимаются внедрением композиционных материалов в конструкции своих самолетов [1].

Широкое применение композиционные материалы в конструкции самолета нашли в деталях интерьера. Интерьер самолета играет очень важную роль при проектировании конструкции, так как именно интерьер обеспечивает комфортность полета пассажира, чего и добиваются, помимо безопасности, авиаконструкторы.

Детали интерьера как пассажирской кабины, так и кабины экипажа должны обеспечивать эргономику и комфортность.

Кабина экипажа представляет собой сложную конструкцию и включает большое количество деталей. Задача интерьера – отделение кабины экипажа от самого планера и обеспечение безопасного размещения экипажа в салоне самолета [5].

Кабина экипажа включает следующие декоративные элементы и агрегаты: боковые консоли; консоль инспектора; гардероб; облицовочные панели и мягкие накладки; элементы системы вентиляции; элементы бытового вспомогательного оборудования [5].

Элементы интерьера при эксплуатации взаимодействуют с каркасом носовой части фюзеляжа, различными приборами специального назначения. Поэтому при проектировании детали, материала и технологии изготовления необходимо учитывать все эти факторы [3].

Боковые панели закрывают каркас самолёта, который расположен между боковыми консолями и боковыми стеклами и от потолочной панели за боковым стеклом до нижнего рельса форточки. Боковые панели содержат: роликовые шторы бокового стекла, панель соединителя ручного микрофона, пепельницу, светильники и декомпрессионные решетки в зоне перегородки кабины [5].

Декоративные панели центрального пьедестала расположены непосредственно возле центрального пьедестала. Каждая из этих панелей имеет накладку, которая выполняет защитную функцию ног и колен. Декоративные панели боковых пьедесталов закрывают каркас боковых пьедесталов. Верхняя панель включает для боковой ручки управления самолетом. Внутренние панели имеют мягкую накладку для защиты ног и колен пилотов. Внутренняя панель содержит: нишу для аварийного фонаря, карман для карт/схем [3].

Рассматриваемая в данной статье панель боковых пьедесталов представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Панель боковых пьедесталов

Проектируемая панель боковых пьедесталов должна надежно работать при минимальном весе и минимальной стоимости. Но при этом изделие должно соответствовать определенным требованиям, определенным стандартами.

К облицовочным панелям согласно сертификации АП-25 или зарубежному аналогу США FAR-25 (Federal Aviation Regular, Федеральные Авиационные правила) предъявляются следующие требования: высокие эстетические качества, наилучшее соотношение качества и цены; хорошая звукоизоляция, что позволяет ликвидировать лишние шумы и эхо. Панели, обладающие хорошими звукоизоляционными свойствами, обеспечивают акустический комфорт во время полета; теплоизоляционные свойства. Панели должны обеспечивать поддержание температуры воздуха в салоне в соответствии с техническими требованиями (теплопроводность не более  $1 \text{ Вт/м}\times\text{К}$ ); небольшой вес, который позволит снизить общий вес конструкции самолета в целом. Плотность не более  $2500 \text{ кг/м}^3$ , при высоких удельных прочностных характеристиках ( $\sigma/\rho$  не менее  $30 \text{ м}^2/\text{с}^2$ , предел прочности на изгиб  $200 \text{ МПа}$ ); минимальное светоотражение поверхности, во избежание ослепления пилотов; износостойкость (скорость изнашивания  $0,1 \text{ мкм/ч}$ ); ремонтпригодность; низкая воспламеняемость и скорость горения (класс горючести материала не выше Г2). Также при горении не должно выделяться горючих и отравляющих веществ[5].

Основные материалы, применяемые в самолетостроении для изготовления деталей интерьеров, это алюминий, древесина и новый класс конструкционных материалов – полимерные композиционные материалы [1].

Основные требования, предъявляемые ко всем интерьерным материалам, это эстетичность, прочность, минимальный вес и невысокая стоимость.

Основные типы материалов и их характеристики приведены в таблице 1 [3].

Традиционно для изготовления панели интерьера применяют алюминий и дерево.

Алюминий приобрел большое распространение в авиации благодаря своим свойствам. Во-первых, что очень важно для авиации, алюминий обладает достаточно низкой плотностью ( $2700 \text{ кг/м}^3$ ), также помимо этого у него высокая коррозионная стойкость, электропроводность, теплопроводность, хорошая свариваемость и обрабатываемость. Последние характеристики обуславливают возможность применения алюминия в сборных конструкциях сложной формы [1].

Однако, не смотря на то, что алюминий обладает рядом достоинств, он имеет и

некоторые недостатки, такие как высокие тепло- и электропроводность.

Древесина обладает высокой прочностью при малом весе, что очень важно при проектировании элемента интерьера самолета [3].

Древесина обладает прекрасными теплоизоляционными свойствами, вследствие своего пористого строения. Коэффициент теплопроводности древесины 0,15 Вт/м•К.

Однако применение древесины в качестве материала для интерьера ограничивается ее гигроскопичностью и возгораемостью. Класс горючести у дерева Г3, тогда как АП-25 требует класс горючести не менее Г2.

Таблица 1 – Сравнительные свойства различных конструкционных материалов (усредненные значения)

Материал	Плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Прочность, $\sigma_B$ , МПа	Модуль упругости, Е, ГПа
Углепластик	1500	1200	170
Боропластик	2000	1200	270
Органопластик	1300	2000	95
Стеклопластик	2000	2000	70
Алюминиевые сплавы	2700	600	70
Титановые сплавы	4500	1100	110
Стали	7800	2100	200

Из композиционных материалов стеклопластик наиболее подходит для изготовления облицовочной панели. Стеклопластик является уникальным материалом, он по теплопроводности может сравниться с древесиной, а по прочностным характеристикам не уступает металлам, так же он является прозрачным, что позволяет создавать изделия необходимой окраски и стоимость его в сравнении с другими композиционными материалами намного ниже из-за доступности сырья для производства стеклянных волокон [4].

Основные компоненты стеклопластика это: стеклянный наполнитель и полимерное связующее. В качестве наполнителя могут быть стеклянные волокна в виде нитей, жгутов (ровингов), тканей, матов, рубленых волокон. В качестве связующих – полиэфирные, феноло-формальдегидные, эпоксидные, кремнийорганические смолы, полиимиды, алифатические полиамиды, поликарбонаты [4].

Стеклянные волокна в качестве усиливающих наполнителей имеют ряд преимуществ [2]:

1 высокая твердость;

2 трибо-, химо-, термостойкость;

3 высокая прочность при растяжении (2,4–4,6 ГПа);

4 отсутствие предела текучести, удлинение при разрыве не более 3 %;

5 высокая удельная поверхность, наличие на ней гидроксильных групп, как следствие – высокая прочность сцепления связующего с наполнителем на границе раздела фаз.

Изделия из стеклопластика обладают рядом отличительных свойств, обуславливающих их применение для деталей интерьера. Это: малый вес стеклопластиков; электрическая непроницаемость; прозрачности; высокие механические свойства; теплоизоляционные свойства; ремонтпригодность.

Стеклопластиковые панели можно изготавливать различными методами, такими как: ручная выкладка, напыление, RTM технология (инжекция), вакуумная инфузия, автоклавное

формование. Наиболее распространенными на сегодняшний день являются рунная выкладка и напыление [2].

Метод напыления сравнительно прост и экономичен. Он позволяет изготавливать изделия от небольшого размера до крупногабаритных. Также с помощью данного метода возможно получение изделий сложной формы. Схема процесса напыления представлена на рисунке 2.

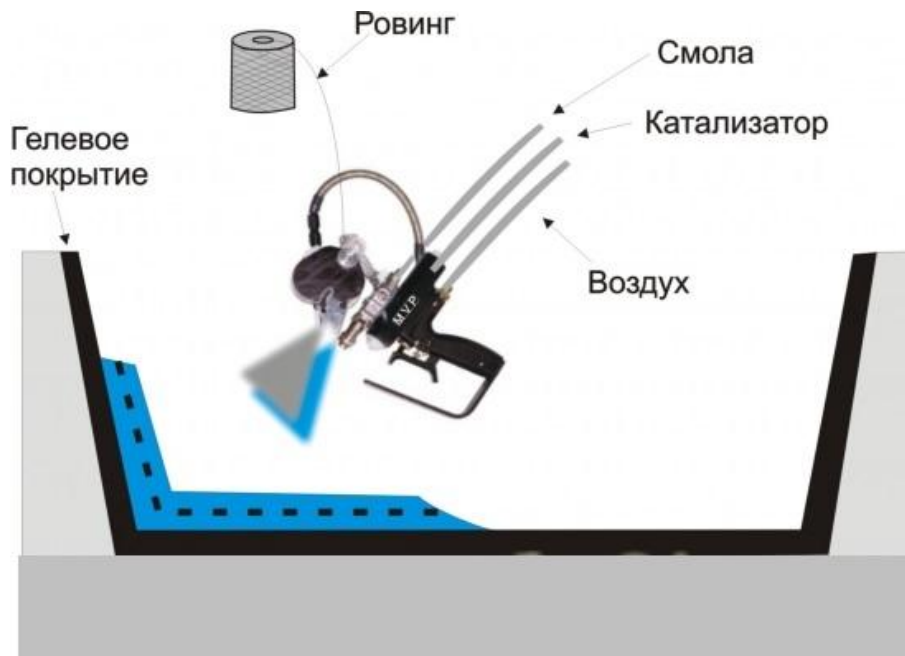


Рисунок 2 – Схема процесса напыления стеклопластика

В сравнении с методом ручного формования имеет следующие преимущества [1, 2]:

- сокращение доли ручного труда;
- процесс не требует раскроя стекломатериала, что значительно снижает временные затраты;
- дозирование смолы и отвердителя производится непосредственно в распылительном пистолете и автоматически (повышенная точность);
- вследствие точного расхода материала снижаются отходы;
- в технологии используется простой и недорогой наполнитель – стеклоровинг.

Метод напыления заключается в одновременном введении измельченного стекловолокна и смолы в открытую форму или на нее. Ровинг стекловолокна проходит через рубильное устройство и вдувается в поток смолы, который направляется в форму распылительной системой с наружным или внутренним смешиванием компонентов. Во втором случае смешение смолы и катализатора осуществляется в специальной смесительной камере, которая расположена позади единственной распылительной головки [2].

Технологическая схема процесса изготовления панели боковых пьедесталов методом напыления представлена на рисунке 3.

Оборудование для напыления требует достаточных капиталовложений, однако они быстро окупятся благодаря тому, что:

- будут снижены затраты на материалы;
- увеличится производительность;
- цеховая площадь сократится и будет использована более эффективно;
- снизятся расход на заработную плату.

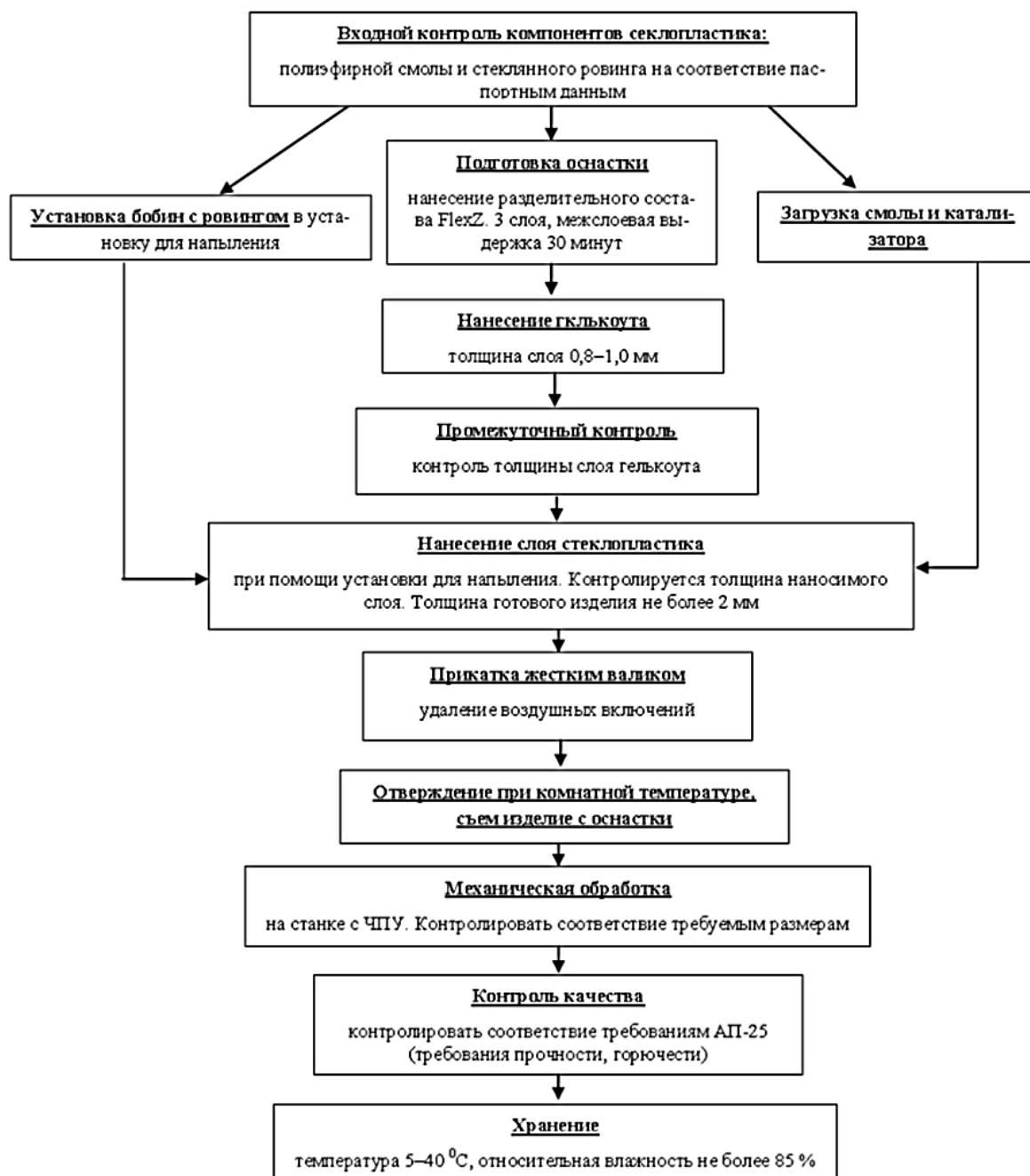


Рисунок 3 – Технологическая схема изготовления панели боковых пьедесталов

Список использованной литературы:

- 1 Абраимов Н. В. Авиационное материаловедение и технология [Текст]: учебник для вузов / Н. В. Абраимов.–М.: Изд-во ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1996.–453с.
- 2 Буланов И. М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов [Текст]: учебник для вузов/ И. М.Буланов, В.В.Воробей.–М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1998.– 516 с., ил.
- 3 Вербенец П.Ф., Гайдачук В.Е., Карпов Я.С., Кириченко В.В. ”Конструкционные материалы для ЛА” [Текст]: учебное пособие.-Х.:ХАИ, 1984.-109 с.
- 4 Гайдачук В.Е., Карпов Я.С., Кириченко В.В., Щербаков В.Т. ”Армирующие материалы и связующие для композиционных материалов” [Текст]: учебное пособие.-Х.:ХАИ, 1991-87с.
- 5 Житомирский Г.Н., “Конструкция самолета” [Текст]: Москва, Машиностроение, 1983.
- 6 Киселев, Б.А. Стеклопластики. [Текст]/ Б. А. Киселев – М.: Госхимиздат. 1961.–120 с.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУДНОГОРЮЧЕГО СТЕКЛОПЛАСТИКА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИНТЕРЬЕРА САМОЛЕТА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Лазебников В. В. – студент, Ананьева Е. С. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Основными материалами, используемыми при изготовлении деталей интерьеров салонов пассажирских самолетов, являются стеклопластики и трехслойные сотовые панели на их основе, из которых изготавливают конструктивные элементы. Для изготовления панелей интерьера пассажирских самолетов применяются следующие материалы: препреги, представляющие собой тканый наполнитель, пропитанный связующим на основе фенолоформальдегидных олигомеров; сотовый наполнитель; полимерные наполнители-сферопласты (синтактики), применяемые для заделки торцов и мест установки крепежа в трехслойных панелях; декоративные отделочные материалы в виде декоративных пенек и лакокрасочных покрытий; клея для приклеивания декоративных пленок [1]

Для отделки интерьера гражданских самолетов должны применяться синтетические материалы, прежде всего различные мягкие и жесткие пластмассы. В авиастроение также допустимо использование натуральной кожи, ценных пород дерева, тканей из натуральных или комбинированных волокон, но все они должны пройти сертификацию в соответствии с АП-25 или зарубежным аналогом FAR-25. Общие требования к отделочным материалам, используемым в интерьере пассажирского самолета:

- малый вес конечных изделий, при условии высоких, при условии высоких прочностных характеристик;
- высокие эстетические качества, наилучшее соотношение ценовых и качественных характеристик;
- поверхность материала не должна становиться липкой при повышенных температурах;
- должны выполняться необходимые шумоизоляционные и шумопоглощающие свойства;
- минимальное светоотражение поверхности детали интерьера;
- износостойкость;
- стойкость к загрязнениям и возможность легкого удаления грязи с поверхности;
- Ремонтопригодность;
- стойкость к перепадам температур, при эксплуатации;
- обладание теплоизоляционными свойствами, для поддержки температуры салона самолета в соответствии с нормами;
- низкая воспламеняемость и малая скорость горения, при горении не должен выделяться ядовитый газ.

Применение трудногорючих стеклопластиков при изготовлении деталей интерьера самолета позволит повысить порог горючестойкости и снизить выделение вредных веществ при возгорании. Таким образом основной задачей является разработать трудногорючий стеклопластик и технологию его производства.

Характеристики препрегов, основных зарубежных и отечественного производителя изготовленных из стеклоткани с применением указанных связующих, приведены в таблице 1, характеристики стеклотканей – в таблице 2 [2].

Из приведенных данных видно, что для изготовления препрегов как в России, так и за рубежом используют равновесные стеклоткани сатинового плетения с примерно схожими характеристиками. Зарубежные производители стремятся создавать связующие, отверждающиеся при температурах 125–140 °С с минимальным временем отверждения, что дает возможность сокращать трудоемкость и энергозатраты при производстве изделий. Отечественное связующее ФП-520 имеет более высокую температуру отверждения (до 170 °С) и продолжительность отверждения до 180 мин, что ухудшает технико-экономические

показатели производимых изделий.

Таблица 1 – Технологические характеристики препрегов

Производитель	Связующее	Режим отверждения		Время гелеобразования при 120 °С, мин	Способ формования	Жизнеспособность при		Наполнитель
		Температура, °С	время, мин			+25 °С, дней	-18°С, мес	
Hexcel	HT93	125	120	60–70	А, П	30	14	7781; 120
	M41	135	30	4–5	А, П	30	12	7781; 120
	200	150	30	–	А, П	30	12	7781; 120
	M25T	140	60	–	А, П, В	21	12	7781; 120
Cyttec	СУСОМ 793	121	120	3–4	А, П, В	15	–	7781; 120
	СУСОМ 799Н	121	60	10–12	А, П, В	15	6	7781; 120
ВИАМ	ФП-520	140–170	180	50–140 при 90°С	А, П, В	90	6 (при +8°С)	Т-10-14; Т-15(П)-76

Таблица 2 – Характеристики тканых наполнителей

Производитель	Марка	Характеристика плетения	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Количество нитей основа/уток, нит/см	Разрывная нагрузка основа/уток, кг	Ширина, м
Россия	Т-10-14 Т-15(П)-76	сатин 8/3 сатин 5/3	0,22 0,19	290 160	36/22 24/18	264/147 80/60	0,9 0,9
Hexcel	7781 120	4Н сатин 8Н сатин	0,23 0,08	300 105	23,6/21 24/23	350/340 125/120	1,27 1,2

Физико-механические характеристики стеклопластиков изготовленных с применением как импортных, так и отечественных связующих, близки и зависят в основном от типа наполнителя. Проведение работ по модификации связующего ФПР-520 за счет введения дисперсных антипиренов и разработка технологий изготовления препрегов и трехслойных сотовых панелей на его основе даст возможность значительно снизить показатель тепловыделения и повысить пожаробезопасность интерьеров отечественных пассажирских самолетов [7].

Как указывалось выше, одним из основных требований, предъявляемых к материалам интерьеров пассажирских самолетов, является их относительно высокая пожаробезопасность. Для снижения горючести полимерных материалов применяют специальные добавки – антипирены. Для обоснования выбора антипирена рассматривают явления, происходящие при горении полимеров, и определяют требования, которым должен соответствовать антипирен.

Последовательность явлений при горении полимеров может быть представлена схемой, из которой следует, что горение полимеров – сложный, многостадийный процесс, поддерживающий сам себя, контролируемый массо- и теплопередачей и развивающийся во времени. Выделяют пять основных стадий развития этого процесса: зажигание, распространение пламени, собственно горение, дымообразование и срыв пламени. Можно



условно разграничить пять пространственных зон при горении полимеров: зона прогрева полимера, зона химических превращений в конденсированной фазе, подпламенная зона, собственно пламя, зона продуктов реакции и окисления [6].

Из полученной схемы горения можно определить основные пути снижения горючести полимерных материалов. Прежде всего, это увеличение теплоты газификации, уменьшение прихода тепла на полимер либо за счет увеличения теплопотерь, либо за счет уменьшения теплоты горения, либо за счет понижения температуры пламени путем разбавления его негорючими продуктами термодеструкции. Образование карбонизированного остатка изолирует полимер от нагрева пламенем и уменьшает его горение. Образование дыма свидетельствует о неполном сгорании топлива и уменьшении теплоты сгорания, и по нему можно качественно судить о степени горючести полимеров [6].

В соответствии с отмеченными выше путями снижения горючести полимеров, применяемые антипиреновые добавки должны обеспечивать следующие воздействия на материал [5]:

- разложение антипирена под действием пламени с поглощением тепла и выделением негорючих газов;
- изменение направления разложения материала в сторону образования негорючих газов и трудногорючего коксового остатка;
- торможение окисления в газовой и конденсированной фазе;
- образование на поверхности материала теплозащитного слоя пенококса.

В отвержденном состоянии фенолоформальдегидные олигомеры, которые являются основой связующего ФПР-520, относятся к веществам с пониженной горючестью. Основным продуктом пиролиза фенолоформальдегидных полимеров при температуре до 1200 °С является коксовый остаток. Температура начала окисления фенопластов находится около 250 °С. При 350 °С материалы теряют 68 % массы с образованием фенола, кислот, диоксида углерода и ряда других соединений. Основными продуктами горения являются СО, СО<sub>2</sub> и фенол. Температура воспламенения этих материалов превышает 500 °С, теплота сгорания 20950 кДж/кг [6].

В связи со склонностью материалов на основе фенолоформальдегидных смол в повышенному коксообразованию, основной задачей применяемых для этих материалов антипиренов является уменьшение теплоты горения за счет понижения температуры пламени путем разбавления его негорючими продуктами термодеструкции и поглощения тепла при термическом разложении антипирена. Из всего многообразия применяемых антипиренов: соединений бора, фосфора, смесей солей неорганических кислот, карбонатов и сульфатов аммония, оксидов и гидратов металлов и др. – наиболее отвечают этим требованиям гидраты металлов. Наиболее широко применяются в качестве антипиренов гидроксид магния Mg(OH)<sub>2</sub> и гидроксид алюминия Al(OH)<sub>3</sub>.

Свойства гидроксида магния: твердость по Моосу 2,5–3, температура начала термодеструкции 330–350 °С, удельная теплота дегидратации на 17 % выше, чем у Al(OH)<sub>3</sub>, дисперсность от 1,5 до 20 мкм, частицы имеют округлую форму [6].

Свойства гидроксида алюминия: твердость по Моосу 2,5–3,5, плотность 2420 кг/м<sup>3</sup>, температура начала термодеструкции 205–220 °С, теплота дегидратации 1410 кДж/г при температуре 210 °С, при термодеструкции разлагается на оксид алюминия с выделением 34,6 % воды, дисперсность от 3 до 20 мкм [3].

Из приведенных выше характеристик антипиренов видно, что они за счет эндотермической дегидратации поглощают часть теплоты сгорания, в результате чего снижается температура конденсированной фазы, замедляется пиролиз и снижается скорость горения, а выделяющаяся при разложении вода разбавляет горючие продукты деструкции, что предотвращает их воспламенение. Применение подобных антипиренов должно не только снизить горючесть материалов, но и привести к снижению выделения тепла при горении. Кроме того, применение гидроксидов магния и алюминия приводит к снижению дымообразования материалов при горении [4].

Сравнивая характеристики антипиренов, можно сделать вывод, что по характеру действия и эффективности они сопоставимы, но у гидроксида магния температура начала разложения выше и составляет 350 °С. В связи с тем, что эффективность применения антипиренов напрямую зависит от температуры начала их разложения, разложение антипирена должно начаться до начала разложения основного материала. Исходя из того, что температура начала окисления фенопластов составляет 250 °С, наиболее эффективным антипиреном для материалов на основе фенолоформальдегидных олигомеров может быть гидроксид алюминия. Следует отметить, что эффективность антипирена зависит также и от его дисперсного состава. Эффективность антипиренов при горении обычно возрастает с увеличением его поверхности контакта с полимерным субстратом. Поэтому наблюдается тенденция к применению антипиренов в высокодисперсном состоянии, т.к. чем меньше размер частиц огнегасящих систем, тем они активнее. Эффективность антипиренов зависит и от количества введения их в полимер: так гидроксид алюминия наиболее эффективен при его содержании в системе полимер – антипирен не менее 50 % масс. Гидроксид алюминия нашел широкое применение как активный наполнитель и антипирен в разных отраслях хозяйства и в частности в пассажирском транспорте, при этом дисперсность используемого антипирена составляет 3,5–9,0 мкм [4].

Проведено исследование влияния продолжительности хранения препрега из стеклоткани Т-10-80 и связующего ФПР-520 на изменение его липкости. На основании полученных результатов выявлено, что с течением времени липкость препрега повышается, причем в начальный период хранения липкость препрега выше, в то же время характер изменения зависимости липкости от температуры испытаний при различных сроках хранения примерно одинаков. Проведенные исследования позволили разработать серийную технологию производства препрегов на основе стеклотканей Т-10-14 и Т-15(П)-76 и высококонцентрированного связующего ФПР-520.

Для реализации технологического процесса пропитки тканого наполнителя связующим с дисперсными частицами применена фильера, которая монтируется на пропиточную установку вместо пропиточной ванны и валов. Основными технологическими режимами изготовления препрега, влияющими на его качество, являются: под каким давлением связующее подается в пропитывающую фильеру и скорость протяжки через нее тканого наполнителя, которые обеспечивают необходимый баланс между количеством поступающего в зону пропитки связующего и количеством связующего, наносимого на тканый наполнитель.

Несоблюдение материального баланса по связующему приводит к нарушению сплошности нанесения связующего, в результате чего на препреге появятся полосы сухой непропитанной ткани. В связи с этим в фильере связующее подается под давлением на тканый наполнитель сверху, а затем проникает в ткань сверху вниз, последовательно вытесняя воздух из структуры ткани, дисперсный наполнитель вместе с частью связующего остается на ее поверхности, таким образом, препрег получается с асимметричным наносом связующего. Асимметричный нанос связующего наполнитель позволяет создавать с одной стороны наполнителя необходимый избыток связующего, для формирования галтелей, а содержащиеся в связующем дисперсные частицы удерживают его на стенках сот и предотвращают стекание при повышении температуры. При изготовлении трехслойных панелей общее содержание связующего в препреге сохраняется. Схема технологического процесса изображена на рисунке 1.

Выводы: По результатам проведенных работ разработан технологический процесс изготовления препрегов с применением тканых наполнителей на основе модифицированного дисперсными частицами  $Al(OH)_3$  связующего ФПР-520 и оформлены технические условия [4].

Внедрение фенолформальдегидного связующего ФПР-520, модифицированного мелкодисперсным антипиреном  $Al(OH)_3$ , позволило решить вопрос применения в отделке интерьеров самолетов материалов, снижающих пожароопасность конструкций и

соответствующих требованиям авиационных правил АП-25 (Приложение F).

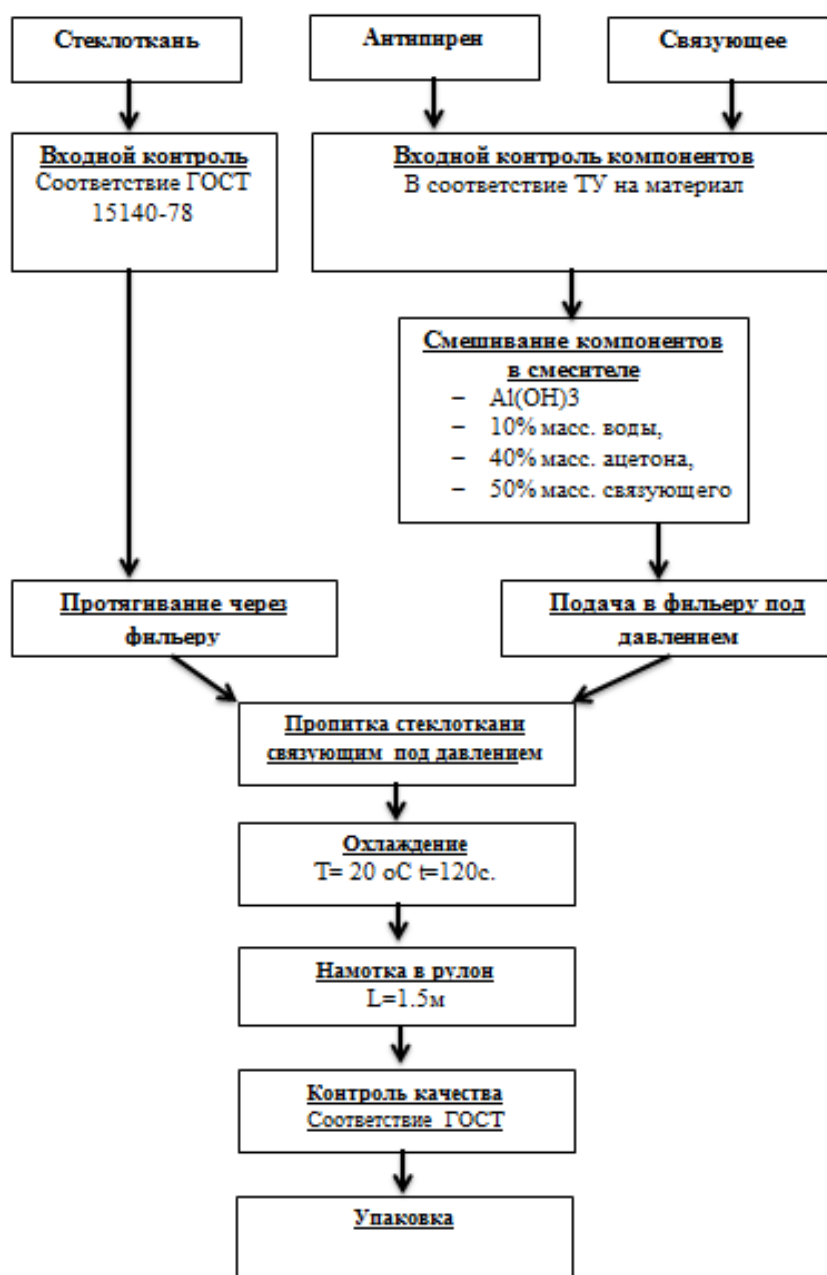


Рисунок 1 – Схема технологического процесса

Список использованной литературы:

1. Препреги для изготовления стеклотекстолита марок СТ-520Т и СТ-520-15.ТУ 1-595-10-851–2005
2. Препреги на основе фенолформальдегидных связующих ФПР-520 и ФП-520, модифицированных дисперсными частицами Al(OH)<sub>3</sub>. ТУ 1-595-УНТЦ-886–2005
3. Хардин А.П. Огнезащищенные полимерные материалы, проблемы оценки их свойств [Текст]: В.Н. Воробьев, О.И. Тужиков, Н.И. Рахмангулова, В.А. Тарасов. – Таллин.: 1981. – 21с.
4. Гукешева Л.М. Влияние концентрации и степени измельчения антипиреннаполнителя на физические свойства ПВХ композиций [Текст]: Р.Б. Тхакахов, М.М. Бегретов, Э.Р. Тхакахов – М.: Пластические массы.,2006. №6. С. 13–14.

5. Постнов В.И. Разработка технологии изготовления препрегов с асимметричным нанесом связующего [Текст]: В.И. Петухов, Н.С. Кавун, П.А. Абрамов, А.А. Юдин – М.: ВИАМ.Авиационные материалы и технологии. Научно-технический сборник.. 2009. №4. С. 17–21.

6. Асеев Р.М. Горение полимерных материалов [Текст]: Г.Е. Заиков – М.: Наука. 1981. 280 с.

7. Постнов В.И. Пути повышения пожаробезопасности панелей интерьера самолета [Текст] / В.И. Петухов, С.В. Стрельников, Н.И. Швец О.Б. Застрогина–М.: ВИАМ. 2009. С. 33–35.

## ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТРИЦ

Ленартович Л.А. - м.н.с., к.т.н., Прокопчук Н.Р. - проф., чл-корр. НАН Беларуси, д.х.н.,  
Мануленко А.Ф. - к.т.н., доцент

Белорусский государственный технологический университет (г. Минск)

В настоящее время полимерные композиционные материалы находят широкое применение во всех отраслях промышленности. Полимерные изделия подвергаются постоянному воздействию факторов внешней среды: повышенным и пониженным температурам, УФ-облучению, воздействию кислорода воздуха. Поэтому увеличение срока эксплуатации таких изделий является важнейшей задачей [1].

Целью нашей работы было исследование свойств композиций, содержащих промышленные стабилизаторы и наполнитель, а также влияния способа их введения на свойства композиций. В качестве полимерных матриц использовали ПЭВД 10803-020 и ПП марки Каплен 01030. При создании композиций был использован наполнитель неорганической природы, широко применяемый при производстве пластмасс - карбонат кальция (мрамор). Для повышения устойчивости к воздействию температуры использовали промышленные стабилизаторы Irganox 1010, Irganox B561, Sandostab P-EPQ. Содержание наполнителей в используемых композициях составляло 10 мас. %, стабилизаторов - 0,3 мас. %. Стабилизирующие добавки вводились как непосредственно в полимерную матрицу, так и путем обработки поверхности наполнителя растворами стабилизирующих добавок. Предварительную обработку поверхности наполнителя растворами стабилизаторов осуществляли при интенсивном перемешивании. Затем раствор удаляли, наполнитель высушивали и использовали для получения композиций [2].

Ускоренное термоокислительное старение образцов проводилось в термошкафу в воздушной среде при температуре 150°C (для ПП) и 90°C (для ПЭ) согласно требованиям ГОСТ 26996-86.

Для изучения взаимного влияния наполнителей и стабилизаторов, а также влияния предварительной обработки поверхности наполнителей растворами стабилизирующих добавок на устойчивость композиций к тепловому старению рассчитывали энергию активации термоокислительной деструкции. Результаты расчета энергии активации термоокислительной деструкции представлены в таблице.

Таблица – Значения энергии активации термоокислительной деструкции наполненных композиций ПЭ и ПП

Композиция	$E_d$ , кДж/моль
ПЭ	105
ПЭ+Irganox 1010	128
ПЭ+Irganox B561	112

ПЭ+ Sandostab P-EPQ	112
ПЭ+мрамор	145
ПЭ+мрамор+Irganox 1010	155
ПЭ+мрамор+Irganox 1010 (a)	173
ПЭ+мрамор+ Sandostab	133
ПЭ+мрамор+ Sandostab (a)	136
ПЭ+мрамор+Irganox B561	128
ПЭ+мрамор+Irganox B561 (a)	164
ПП	94
ПП+Irganox 1010	108
ПП+Irganox B561	102
ПП+Sandostab P-EPQ	100
ПП+мрамор	110
ПП+мрамор+Irganox 1010	115
ПП+мрамор+Irganox 1010 (a)	145
ПП+мрамор+ Sandostab	110
ПП+мрамор+ Sandostab (a)	128
ПП+мрамор+Irganox B561	113
ПП+мрамор+Irganox B561 (a)	134

Примечание – (a) – предварительная адсорбция стабилизатора на поверхности наполнителя.

Для исходного ПЭ значение энергии активации термоокислительной деструкции составляет 105 кДж/моль. Использование Irganox 1010 приводит к возрастанию энергии активации до 128 кДж/моль. Применение Irganox B561 и Sandostab P-EPQ для стабилизации ПЭ приводит к повышению значений энергии активации термоокислительной деструкции до 112 кДж/моль. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности действия данных стабилизаторов.

Использование мрамора приводит к значительному увеличению  $E_d$  по сравнению с исходным ПЭ. В таблице представлены значения энергии активации для композиций, содержащих наполнитель, обработанный растворами стабилизирующих добавок. Установлено, что введение в ПЭ мрамора, предварительно обработанного раствором стабилизатора Irganox 1010 приводит к увеличению значений  $E_d$  в 1,14 раза по сравнению с материалом, содержащим необработанный мрамор и стабилизатор, введенные традиционным способом (от 145 до 173 кДж/моль).

Для композиций на основе ПП использование мрамора, обработанного растворами стабилизаторов, также приводит к повышению устойчивости композиций к термоокислительной деструкции. Наибольший стабилизирующий эффект наблюдается при использовании мрамора, обработанного стабилизатором Irganox 1010. При этом наблюдается повышение энергии активации термоокислительной деструкции от 115 до 145 кДж/моль.

Полученные данные свидетельствуют о значительном повышении устойчивости к тепловому старению композиций, содержащих наполнитель, предварительно обработанный растворами стабилизаторов. Поверхностная обработка наполнителя приводит к изменению природы взаимодействия на границе раздела фаз полимер – наполнитель. На поверхности наполнителей адсорбируются стабилизирующие добавки за счет взаимодействия гидрофильных групп стабилизаторов и полярных центров на поверхности наполнителей. Однако при этом не утрачивается способность стабилизатора десорбироваться с сохранением своего функционального назначения, особенно при протекании термоокислительной деструкции при повышенных температурах, за счет чего достигается значительное повышение стабилизирующего эффекта.

## Литература

1. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер [и др.]; под общ. ред. А.А. Берлина. – Спб.: Профессия, 2008. – 560 с.
2. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел / Ч. Джайлс [и др.]; под общ. ред. Г. Парфита, К. Рочестера. – М.: Мир, 1986. – 488 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕРФИНГОВОЙ ДОСКИ

Орлова Н.В – студентка, Головина Е.А – к.т.н., доцент

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

Доски для серфинга бывают различные по материалам их поверхностного покрытия.

Фиберглассовые – самые распространенные и популярные доски, большинство используют именно их. Плюсы – дешевизна, мягкость поведения на волне, минусы – хрупкость (проблемы при перелетах, ударах о дно и т.д.).

Эпокси – новое поколение досок, особенно хороши для обучения, их сложно сломать. Плюсы – устойчивость к ударам, высокая скорость движения по волне. Минусы – дороговизна, сложность управления на неровной волне.

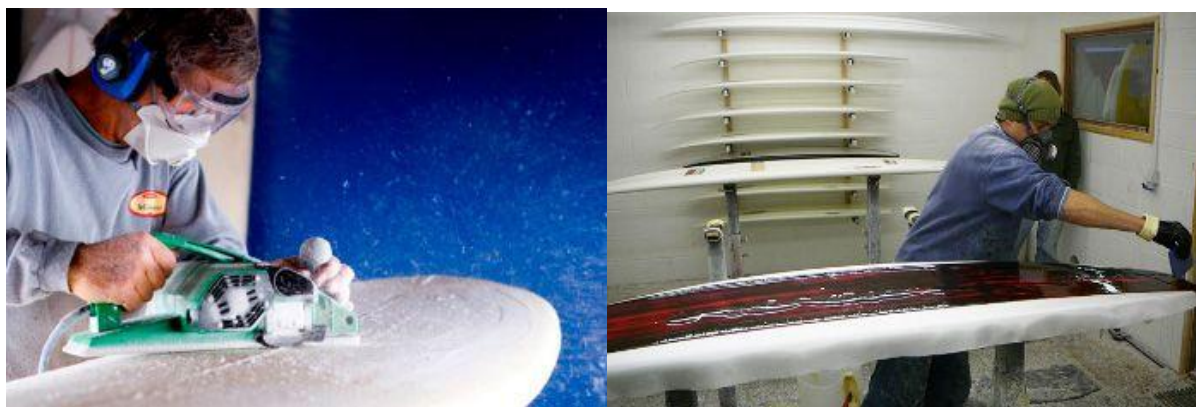


Рисунок 1 – Процесс производства доски

"Эпокси-борды" – доски нового поколения

Основное отличие эпокси-борда заключается в материале, используемом для заготовки. Это – пенополистирол, обычно экструдированный. По технологии полистирольную пену выдавливают из специальной тубы, вследствие чего у нее имеется своя собственная направленная структура, по свойствам отличная от древесного волокна. Одной из самых важных особенностей этой пены в том, что это т.н. «закрытые» гранулы: они практически не впитывают воду. Кроме того, эта пена сохраняет постоянную плотность в отличие от полиуретановых заготовок, которые достаточно крепкие и прочные снаружи, но мягкие и легко деформируемые внутри. Эта немаловажная характеристика делает «эпокси» заготовки прочными со всех сторон. Поэтому они менее подвержены деформации под воздействием давления и расслоению. И из-за обилия воздуха в пенополистироле, заготовки получаются более легкими, в отличие от своих полиуретановых конкурентов.

Минусы в работе с такими заготовками – трудность их обработки. Песчинки пенополистирола постоянно стремятся к сцеплению. В сравнении с пенополиуретаном, пенополистирол гораздо сложнее довести до идеальной гладкости.

Как только пенополистирольная заготовка готова, ее подвергают различным процедурам остекления.

Флиберглассовая доска

Доска из полиуретана / полиэстера (стекловолокна) создается главным образом вручную. Шейпер обрабатывает заготовку из полиуретановой пены, а также занимается

шлифованием, чтобы получить готовый продукт. Для придания дополнительной жесткости и прочности в конструкцию включается стрингер. После формирования заготовка покрывается композитной тканью из стекловолокна и ламинируется с помощью полиэфирной смолы. После затвердевания покрытия доска шлифуется.

Фибергласс – стеклонаполненный материал (70% стекловолокна) на основе полиэфирных смол, обладает прочностью и долговечностью металла, биологической стойкостью полимера (не гниёт, не меняет цвет, не становится хрупким).

Свойства фибергласса:

- малый вес; удельный вес фибергласса колеблется от 0,4 до 1,8 и в среднем составляет 1,1 г/см<sup>3</sup>;
- хороший внешний вид; фибергласс при изготовлении хорошо окрашивается в любой цвет и может сохранять его неограниченно долго;
- высокие механические свойства; при своем небольшом удельном весе фибергласс обладает высокими физико-механическими характеристиками, а по своим прочностным свойствам превосходит некоторые сплавы цветных металлов и стали;
- фибергласс долговечен, экологичен.

Преимущества фибергласса перед эпоксидной смолой:

1. Имеет намного большую устойчивость к механическим повреждениям.
2. Не бьется.
3. Изделия имеют меньший вес.

В целом эпоксидные доски неплохо переносят небольшое механическое воздействие – даже лучше, чем аналоги из стекловолокна. Но сильные удары одинаково сказывались на состоянии бортов обоих видов. С эпоксидными досками легче грести, ловить волну и поворачивать. Однако более опытные серферы сообщали о небольшой потере контроля при сложных трюках.

Эпоксидные доски показали себя лучше, чем старые варианты из стекловолокна, хотя в большинстве случаев разница была лишь незначительной.

Заготовка эпоксидной смолы намного легче. На этапе “остекления” могут быть использованы дополнительные слои стеклоткани и большее количество финишных слоев. В итоге доска будет иметь вес практически такой же, как у пенополиуретановой доски, но с увеличенным количеством слоев. С течением времени они не теряют свою прочность, но расположены к пожелтению больше, чем обычные доски, из-за особых свойств эпоксидной смолы.

Пенополистирол проще в обработке; кроме того, он гораздо менее токсичен, эпоксидная смола практически не токсична и выделяет в атмосферу меньше летучих органических веществ.

Эпоксидные доски гораздо сильнее по многим характеристикам, но их жесткость одновременно делает их и более хрупкими, у них имеется тенденция на излом. Обычная полиуретановая доска имеет достаточно гибкости для погашения некоторого количества ударов, а вот у “эпоксидных” гибкости нет, но они более плавучи.

Список использованной литературы:

1. <http://www.medlinelab.com.ua/catalogue.htm>
2. <http://www.surfersparadise.ru/ekipirovka/epoksi-bordy-doski-novogo-pokoleniya>
3. <http://prosurfing.ru/useful/for-beginners/доски-для-серфинга-эпоксидное-покрытие.html>

## РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОЛИМЕРОВ

Садыков У.А. – студент, Головина Е.А. – к.т.н., доцент

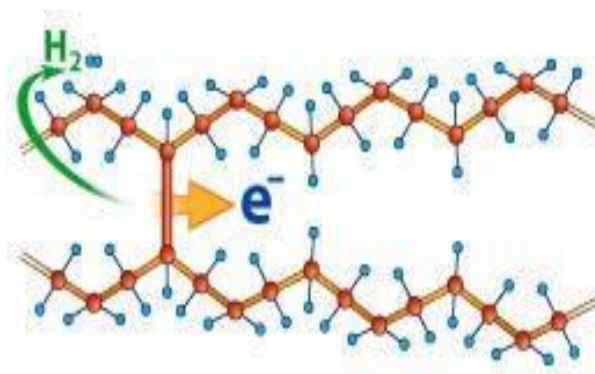
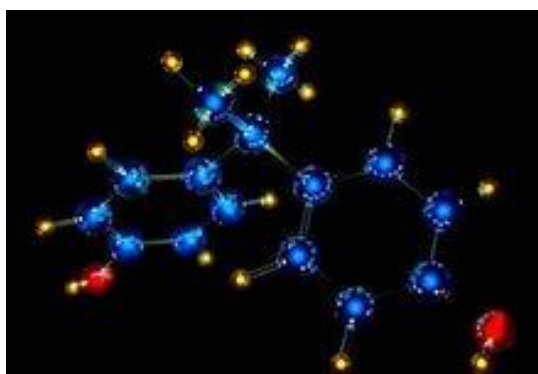
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Радиационная стойкость – способность материалов после радиационного облучения до определенного уровня сохранять свои свойства. Радиационная стойкость является главным

критерием, определяющим возможность применения материалов защиты в условиях воздействия ионизирующего излучения. Наиболее часто радиационную стойкость материалов оценивают по изменению в процессе облучения их физико-механических характеристик: прочности при сжатии, растяжении и ударе, эластичности, твердости.



В результате облучения происходит изменение строения полимеров. Часть изменений наблюдается лишь в процессе облучения и носит обратимый характер. Эти изменения в первую очередь сводятся к появлению наведенной электропроводности, которая постепенно исчезает после прекращения облучения. Необратимые процессы связаны, главным образом, с изменениями в облучаемой системе и сводятся, в основном, к следующим эффектам: сшиванию - образованию поперечных связей между молекулами; деструкции - разрывам главной цепи полимерной молекулы; газовыделению; образованию внутримолекулярных связей; окислению; полимеризации.



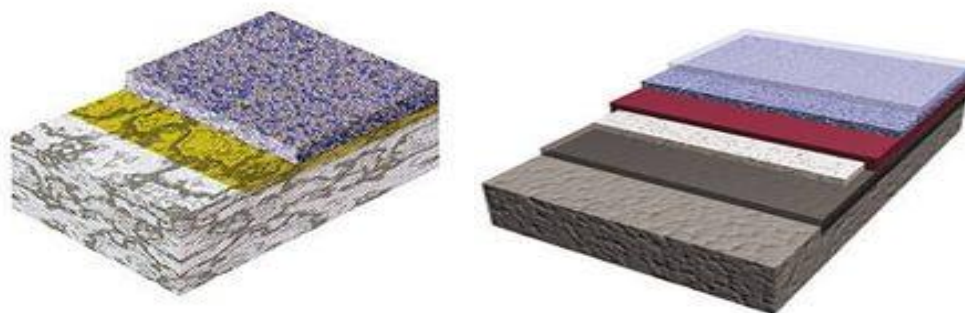
В результате облучения происходит изменение строения полимеров. Часть изменений наблюдается лишь в процессе облучения и носит обратимый характер. Эти изменения в первую очередь сводятся к появлению наведенной электропроводности, которая постепенно исчезает после прекращения облучения. Необратимые процессы связаны, главным образом, с изменениями в облучаемой системе и сводятся, в основном, к следующим эффектам: сшиванию - образованию поперечных связей между молекулами; деструкции - разрывам главной цепи полимерной молекулы; газовыделению; образованию внутримолекулярных связей; окислению; полимеризации.

Для защиты от радиоактивных излучений все большее применение находят полимерные композиционные материалы, эпоксидные смолы, самыми радиационно-стойкими являются полиимиды.





Высоконаполненные полимерные материалы могут применяться для облицовки ограждающих конструкций. Такие материалы обладают достаточно высокой радиационной стойкостью и высокими защитными свойствами.



## ПРОИЗВОДСТВО ПЛАСТИКОВЫХ ОКОН

Соловьев Е.И. – студент, Головина Е.А. – к.т.н., доцент

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

Современное окно—это элемент стеновой или кровельной конструкции, предназначенный для сообщения внутренних помещений с окружающим пространством, естественного освещения помещений, их вентиляции, защиты от атмосферных, шумовых воздействий и состоящий из оконного проема с откосами, оконного блока, системы уплотнения монтажных швов, подоконной доски, деталей слива и облицовок; оконный блок, свето-прозрачная конструкция, предназначенная для естественного освещения помещения, его вентиляции и защиты от атмосферных и шумовых воздействий [2].

Окна производятся из традиционных материалов таких как, дерево или алюминий. В настоящее время наибольшей популярностью пользуются окна, изготовленные из ПВХ профиля.

Производство пластиковых окон впервые было организовано немецкой фирмой Trocal в 1954 году. Однако сама идея их создания принадлежит американцам. Они ещё в начале 20-го века хотели модернизировать производство окон, но отказались от этой идеи, сочтя её нерентабельной [1].

Сегодняшний производитель пластиковых окон уже не рискует разориться. С тех пор, как было организовано первое производство, пластиковые окна заметно изменились. Раньше изготовители (и фирмы) пластиковых окон предлагали покупателям металлические рамы, покрытые полумягким слоем поливинилхлорида, что не могло сделать их столь же популярными, как деревянные конструкции. Поэтому процесс производства окон ПВХ постоянно менялся и совершенствовался. Производство металлопластиковых окон сегодня – это чётко отработанный технологический процесс, а готовые изделия стали намного более надёжными и практичными [1].

Производители окон ПВХ стараются сделать процесс изготовления максимально автоматизированным, снижая таким образом временные и денежные затраты на их создание. Изготовление окон начинается с компьютерного проектирования будущей конструкции, определения количества расходных материалов и расчета их конечной стоимости для заказчика. Процесс производства стеклопакетов включает в себя нарезку стекла, герметизацию и склеивание. Пластиковые окна далее укомплектовывают профилями, состоящими из рам, створок и импостов.

Рабочие - производители пластиковых окон армируют их, фрезеруют отверстия для фурнитуры и водостока. После того, как края этих заготовок сварят и охладят, в них устанавливают резиновые уплотнители для наилучшей изоляции. Оснащение готовых профилей фурнитурой и вставка стеклопакетов являются заключительным этапом производства. ПВХ окно готово. Теперь остаётся только проверить его качество, доставить заказчику и установить [1].

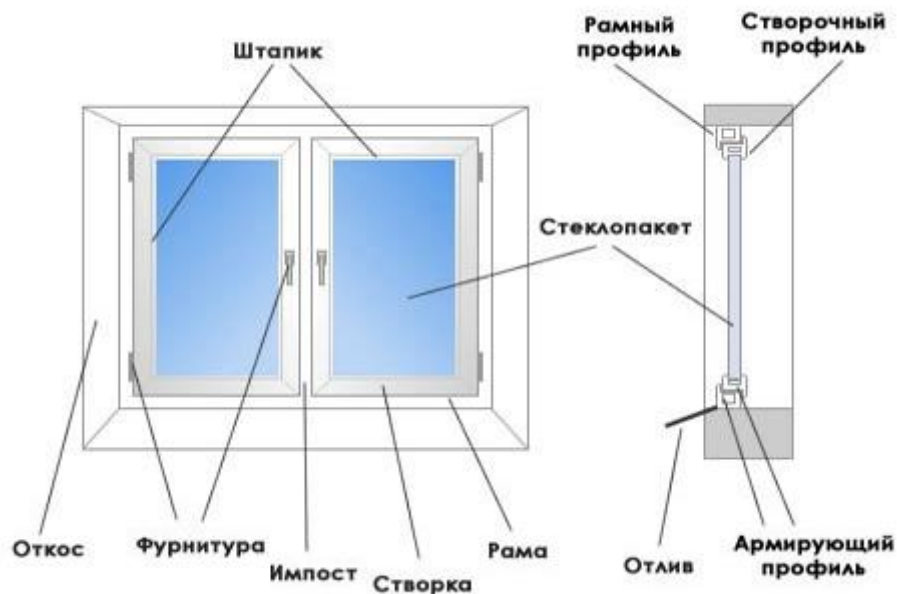


Рисунок 1– Особенности конструкции окон-ПВХ [3]

Процесс изготовления пластиковых окон состоит из множества различных операций. Истоки технологического процесса заложены в эскизе изделия, который делается конструкторами, исходя из результатов произведенного ими замера. Затем производится компьютерная обработка данных. Из предоставленного конструктором эскиза изделия технологи берут следующую информацию:

- конфигурация;
- габаритные размеры изделия;
- тип профиля;
- цвет изделия;
- тип остекления;
- дополнительные материалы [1].

Эти данные вводят в компьютер. Специальная программа обрабатывает данные и выдает на принтер чертежи, по которым на производстве специалисты делают раскрой ПВХ-профиля, установку соответствующей фурнитуры, изготавливают пластиковые окна.

В итоге получается конструкция окна из ПВХ, имеющая следующие составляющие:

1. стеклопакет, обеспечивающий повышенную звуко- и теплоизоляцию;
2. двойное накладное уплотнение внутри и снаружи, защищающее от влаги и сквозняков;

3. штапики и уплотнительная перемычка;
4. внешние камеры с отличными изоляционными и статистическими характеристиками;
5. основная камера с металлическим профилем;
6. высококачественный пластик [1].

Список использованной литературы:

1. [Электронный ресурс] [http://www.beautokna.ru/plastic\\_windows/manufacturing/default.html](http://www.beautokna.ru/plastic_windows/manufacturing/default.html)
2. [Электронный ресурс] [http://xn----7sbabr0btcdjuiof9l.xn--p1ai/1\\_html/shop/pvh/complect.html](http://xn----7sbabr0btcdjuiof9l.xn--p1ai/1_html/shop/pvh/complect.html)
3. [Электронный ресурс] [http://vproizvodstvo.ru/klassifikator/konstrukciya\\_okon\\_pvh\\_vidy/](http://vproizvodstvo.ru/klassifikator/konstrukciya_okon_pvh_vidy/)

## ГИДРОФОБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Ступаков М. С. – студент, Головина Е. А – к.т.н., доцент

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

Традиционно под гидрофобными понимают материалы и покрытия, угол смачивания которых водой и водными растворами превышает  $90^\circ$ . Особенности таких материалов являются неустойчивость тонких смачивающих водных слоев на их поверхностях. Гидрофобность – свойство, которое определяется не столько характеристиками материала в целом, сколько свойствами и структурой приповерхностного слоя толщиной у несколько нанометров. Поэтому для создания гидрофобных материалов и покрытий в первую очередь требуется анализ процессов, происходящих в наноразмерных системах, а это – типичная задача нанотехнологии.

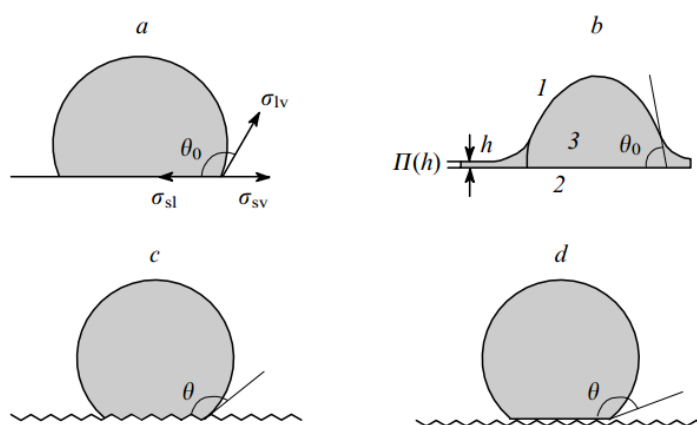


Рисунок 1 – Капля на подложке, где а – гладкая гидрофобная подложка, б – гладкая гидрофильная подложка, с – гомогенный режим смачивания на шероховатой подложке, д – гетерогенный режим смачивания на шероховатой подложке

Практический интерес представляют высокогидрофобные материалы с краевыми углами натекания воды  $>120^\circ$ . Особое место среди таких материалов занимают супергидрофобные материалы и покрытия, характеризующиеся высокими краевыми углами ( $150^\circ$ ) и малыми углами наклона поверхности к горизонту ( $1\sim 5^\circ$ ), при котором капля воды скатывается с поверхности, так же эти углы называют углами соскальзывания.

Гидрофобные и супергидрофобные материалы обладают рядом уникальных функциональных свойств – водонепроницаемостью, стойкостью к коррозии, устойчивостью к биообрастанию, к неорганическим, а в ряде случаев и к органическим загрязнениям. Вблизи гидрофобной поверхности таких материалов облегчено скольжение жидкого потока. Благодаря многообразию функциональных свойств создание гидрофобных материалов и

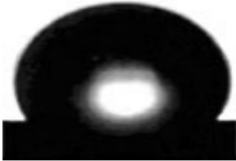

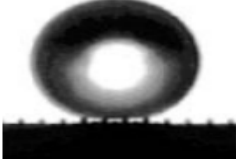


покрытий выделилось в отдельное направление современного материаловедения, бурно развивающееся как у нас в стране, так и за рубежом. В то же время возрастает число публикаций, посвященных особенностям смачивания супергидрофобных поверхностей, описанию новых методов получения поверхностных текстур, созданию новых гидрофобных агентов, формированию условий и составов для получения поверхностей и переключаемым смачиванием.

Материал	Поверхностная энергия, мДж · м <sup>-2</sup>	Краевой угол, град
Поли(метилпропенокси-фторалкилсилоксан) с числом CF <sub>2</sub> -групп ( <i>n</i> )		
<i>n</i> = 3	14.2	105
<i>n</i> = 5	16.4	102.4
<i>n</i> = 7	12.6	106.7
<i>n</i> = 9	12.2	109.3
Политетрафторэтилен	21	110
Октадекантиол	20	117
Перфторэйкозан	6.7	122

В настоящее время активно используются следующие основные методы:

- нанесение толстых слоев димеровалкилкетенов методом извлечения подложки из расплава с последующей кристаллизацией покрытия и образованием фрактальной структуры;
- нанесение пленок сублимирующихся материалов;
- электроосаждение и электрохимическое осаждение нано частиц и пленок с последующей обработкой гидрофобными материалами;
- применение органических и неорганических наполнителей с многомодальным распределением частиц по размерам, выстроенных в матрицу гидрофобного материала;
- применение темплатных методов для создания шероховатости с последующим удалением темплата и обработкой гидрофобными материалами;
- контролируемое агрегированное наночастиц на поверхности, приводящее к многомодальной шероховатости, с последующей обработкой гидрофобными материалами;
- применение фотолитографических методов с последующей обработкой гидрофобными материалами;
- травление поверхности материалов с последующей обработкой гидрофобными материалами.
- полимеризация покрытия из растворов с образованием губчатой фазы на различных поверхностях;
- химическое осаждение из паров упорядоченных структур с последующей обработкой гидрофобными материалами;
- плазменное травление поверхности полимеров;

Таблица 1 – Влияние высоты столбиков на режим смачивания и краевой угол

Капля	$\theta$ , град	$r$	$c$ , МКМ
	114	1.0	0
	138	1.1	10
	155	1.2	36
	151	2.0	148
 600 МКМ	163	3.1	282

Однако следует отметить и не решенные пока проблемы. Основным факторами, ограничивающими более широкое применение гидрофобных материалов, являются недостаточные износостойкость и химическая стойкость гидрофобных слоев. В ряде случаев поверхностные текстуры и покрытия, обеспечивающие оптимальные гидрофобные свойства поверхности, характеризуются недостаточной механической прочностью.

Очень большое значение для долговременного использования гидрофобных материалов имеет разработка методов очистки поверхности от органических загрязнений, попадающих на поверхность при эксплуатации материалов в условиях загрязненной атмосферы. Актуальной остается задача снижения скорости деградации гидрофобного состояния в результате взаимодействия с молекулами воды при подводной и подземной эксплуатации гидрофобных материалов. На решении упомянутых выше проблем, по-видимому, и будет сосредоточены в ближайшее несколько лет основные усилия исследователей и материаловедов, работающих в области создания гидрофобных и супергидрофобных материалов и покрытий.

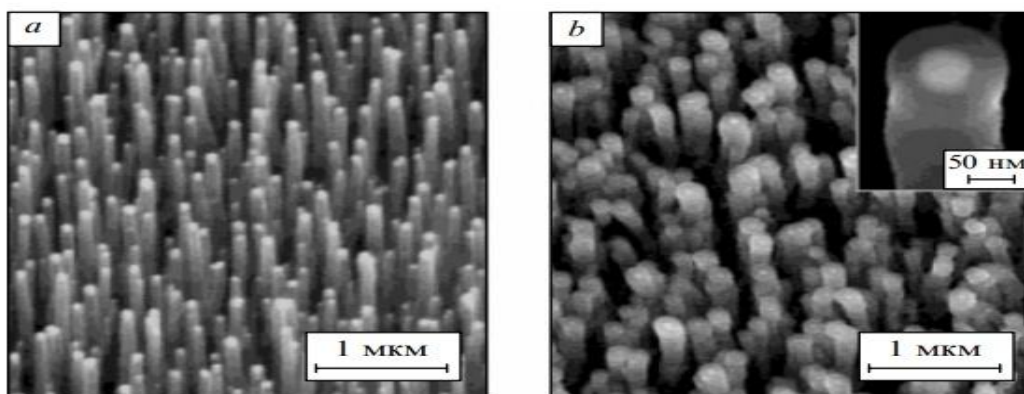


Рисунок 2 – Изображение поверхности, покрытой углеродными нанотрубками, в сканирующем электронном микроскопе, где а – негидрофобизованная поверхность, б – поверхность после гидрофобизации путем химического осаждения политетрафторэтилена из паров при термическом разложении гексафторпропиленоксида

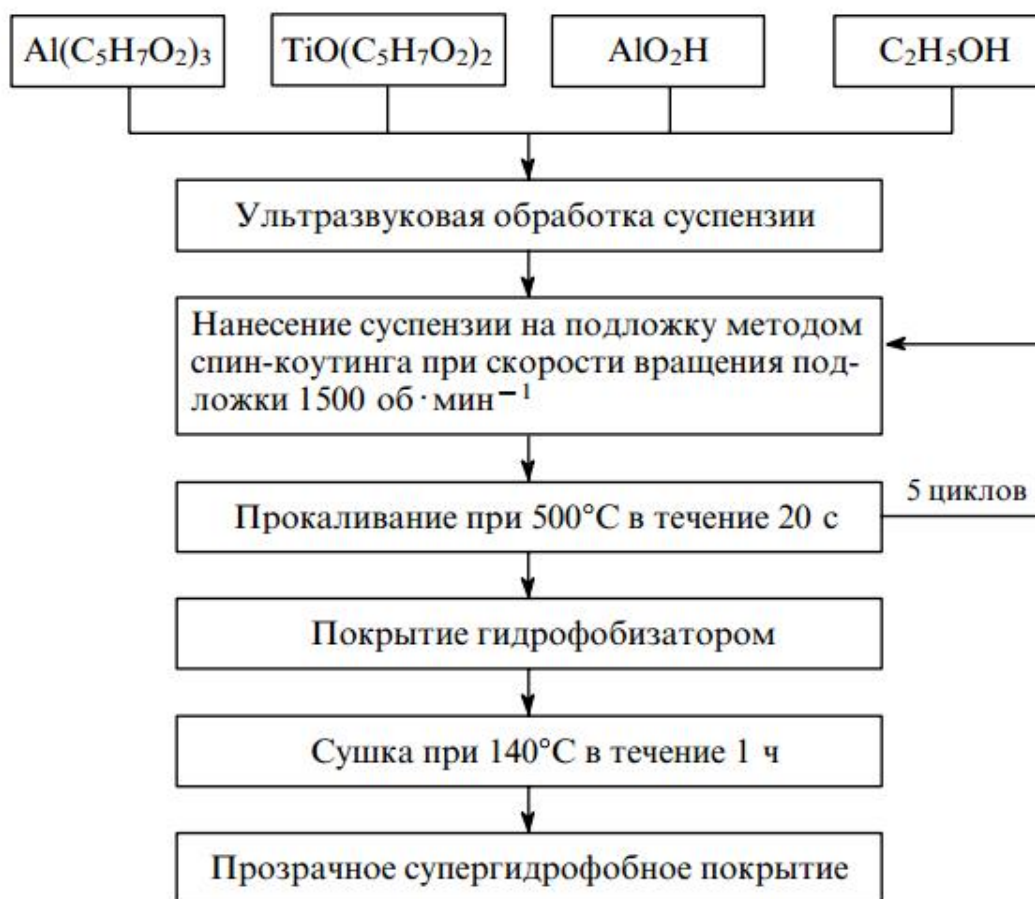


Рисунок 3 – Блок-схема процесса получения прозрачного супергидрофобного покрытия, содержащего диоксид титана

Подложку из полидиметилсилоксана (1) предварительно растягивают (2) и выдерживают в озоне, при том она подвергается УФ-облучению для создания на поверхности гидроксильных групп (3). На следующем этапе (4) на поверхности путем адсорбции из паровой фазы наносится самоорганизующийся монослой хлорсилана. После снятия напряжений на подложке (5) образуются плотноупакованный монослой привитых молекул с числом структурных дефектов, значительно меньшим, чем в самом организованном монослое на подложке, не подвергавшейся первичному растяжению.

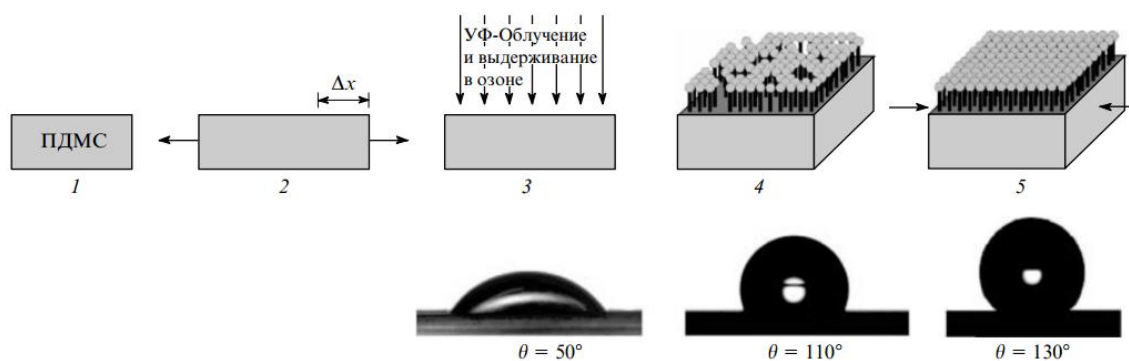
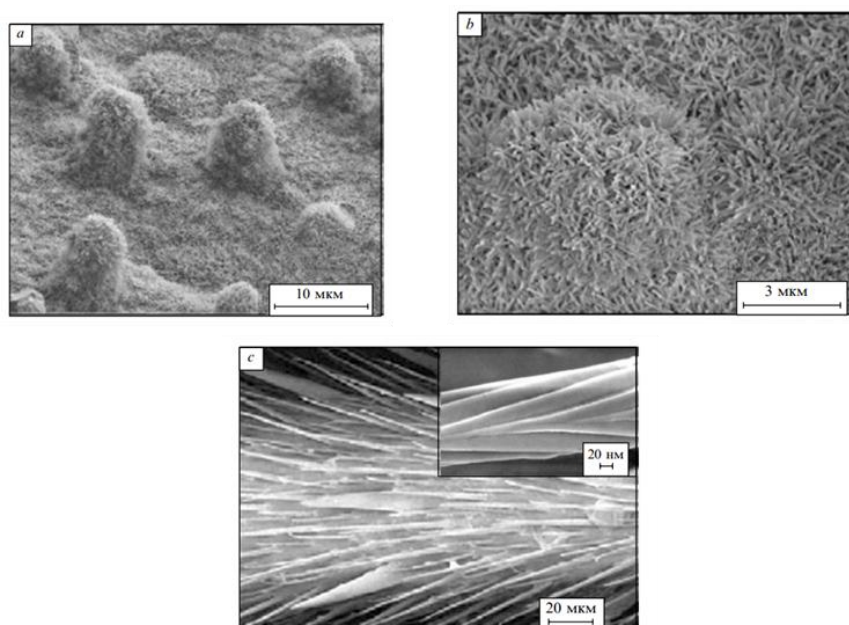


Рисунок 4 – Схема получения механически организованного монослоя



Полученное таким образом покрытие имеет самый высокий угол смачивания водой для гладкой поверхности.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВОЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

Тихонов В.А. – студент, Головина Е.А. – к.т.н., доцент

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

### Введение

Во время боевых действий основной причиной гибели раненых солдат является острая кровопотеря. Для борьбы с наружным кровотечением был разработан большой спектр медицинских средств, который включает в себя различные жгуты, бинты, специальные препараты и т.д. Каждое средство для остановки кровотечений просто оно, или сложное требует знание его использования и умение оказания первой помощи. И только в конце 20 века начались разработки новых средств остановки массивных кровотечений с применением полимерных материалов.

В 2003 г. в вооруженных силах НАТО появились первые местные гемостатические средства (МГС) на основе синтетического цеолита «QuikClot» и хитозана «Hemcon», на замену традиционных средств первой помощи. Эти новые препараты стали фундаментом для создания двух групп Местных Гемостатических средств – концентратов свертывания крови и мукоадгезивных МГС. Новые препараты показали высокую эффективность предотвращения больших кровопотерь, но в ходе испытаний был выявлен один побочный

эффект, нанесении препаратов на основе синтетического цеолита, приводит к экзотермической реакции с повышением температуры в месте нанесения. В свою очередь гемостатик на основе хитозана «Немсон» лишен данного побочного эффекта и считается более безопасным.

Самой последней разработкой препаратов из мукоадгезивных средств, помимо ранее перечисленных, стал МГС «Celox». Во время полевых испытаний он показал высокую степень безопасности и эффективности.

Пока что в России только начинается замещение табельных и импровизированных жгутов на более современные препараты, завозимых из зарубежья.

Цель исследования

Выявить достоинства и недостатки МГС «Celox»

Материалы и методы изготовления

Гемостатическое средство «Celox» представляет собой гранулы на основе хитозана, полученные переработкой хитина, содержащийся в панцирях ракообразных. В России основным источником хитина является краб-стригун, углохвостые креветки и крамчатский краб. Общий объем получаемого хитина составляет 80 тысяч тонн в год.

Хитозан представляет собой полидисперсный по молекулярному весу полимер D – глюкозамина, содержит 5-15% ацетамидных групп, а так же до 1% групп, соединённых и пептидами (Рисунок 1).

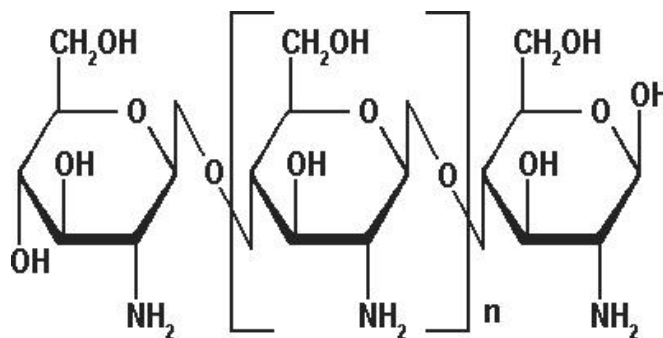


Рисунок 1 – Структурная форма хитозана

Получение хитозана основывается на реакции отщепления от структурной единицы хитина ацетильной группы. Сам процесс деацетилирования производится с помощью NaOH с концентрацией от 35 до 50%, при температуре от 20 до 140 °C и временем обработки от 0,5 до 10 дней.

Конечный молекулярный вес полученного продукта зависит от источника сырья и способа его получения [1].

По внешнему виду хитозан выглядит как чешуйки или порошок белого или кремового цвета.

Механизм мукоадгезии

Очевидно, что для использования мукоадгезивных полимеров (МАП) в медицине, должен выполняться ряд требований к данным материалам, а именно:

1. Исключать отторжение организмом

Так как МАП природного происхождения, то мы можем с достаточно большой уверенностью использовать этот материал.

2. Растворимость

При длительном нахождении хитозана в крови, он постепенно растворяется в ней.

3. Оптимальная молекулярная масса полимера

Она должна составлять от  $10^4$  до  $4 \times 10^6$  Да. Полимеры имеющие большую молекулярную массу не будут быстро увлажняться и раскрывать свободные группы для взаимодействия с субстратом, но и полимеры с маленькой молекулярной массой будут быстро растворяться.

4. Гибкость полимерных цепей



Гибкость обеспечивает диффузию и переплетение цепей полимера с тканями и кровяными тельцами.

#### 5. Степень набухания полимера

Набухание позволяет возникновению механических переплетений и последующем образованию электростатического взаимодействия между полимером и компонентами крови.

И всё таки как происходит процесс взаимодействия? В момент нанесения кровоостанавливающего средства на пораженный участок происходит плотный контакт между МАП и тканью, обусловленный достаточным увлажнением ткани и набуханием адгезива. Затем происходит диффузия цепей полимера и механическое переплетение. Шероховатости поверхностей способствуют надежному закреплению материала и электростатического взаимодействия, в следствии переноса электронов между положительно заряженным полимер и отрицательно заряженными тканями [2].

#### Методы испытаний препаратов на основе МАП

Для исследования мукоадгезивных свойств хитозана используется методы:

##### 1. Испытание на животных.

В данном методе воспроизводится модель обильного кровотечения, на животных со схожими с человеческим организмом физиологическими параметрами.

##### 2. Механический методом

Суть метода состоит в определении мукоадгезивных свойств при воздействии на место аппликации некоторой нагрузкой. В ходе испытания определяется нагрузка, которую способна выдержать мукоадгезивная система на отрыв, сдвиг или отслаивание от поврежденной ткани (Рисунок 2).

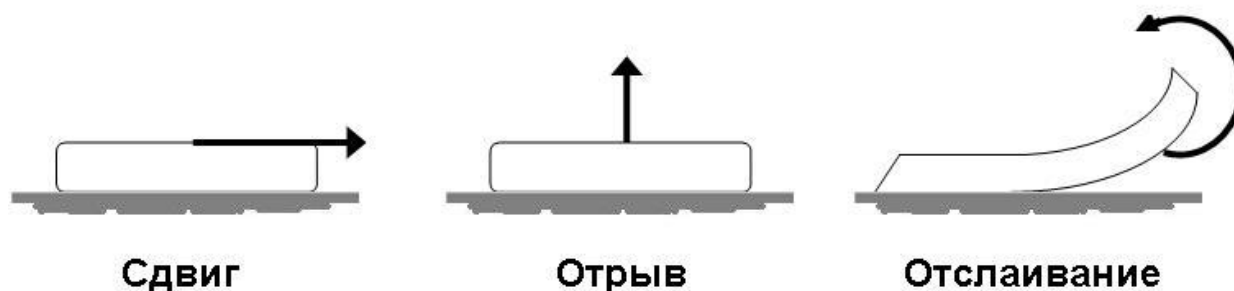


Рисунок 2 – Механическое определение силы мукоадгезивного взаимодействия: варианты приложения нагрузки

В эксперименте на отрыв нагрузка распределена равномерно по всей площади контакта, а при отслаивании нагрузка приходится на края соединения.

В процессе проведения теста кронштейн анализатор текстуры с тензодатчиком и кровоостанавливающей формой опускаются до контакта с зафиксированной моделью, эмитирующая живую ткань. Тест производится в течении некоторого времени ( $t_c$ ), при постоянном давлении ( $P_c$ ) и с возвращением в исходное положение с фиксируемой скоростью ( $V_{отр}$ ).

Полученные данные с приборов обрабатываются вычислительной техникой, с последующим построением кривых напряжения ( $\sigma$ ) (Рисунок 3).

Для определения характеристик полимеры нам нужно знать следующие параметры материала при испытании:

- Напряжение отрыва ( $\sigma$ )
- Деформация отрыва ( $d$ )
- Работа мукоадгезии ( $W_{адг}$ )

Хотя метод достаточно приближен к физиологическим условиям, но нужно учитывать продолжительность и сила начального контакта МАП и ткани [3].

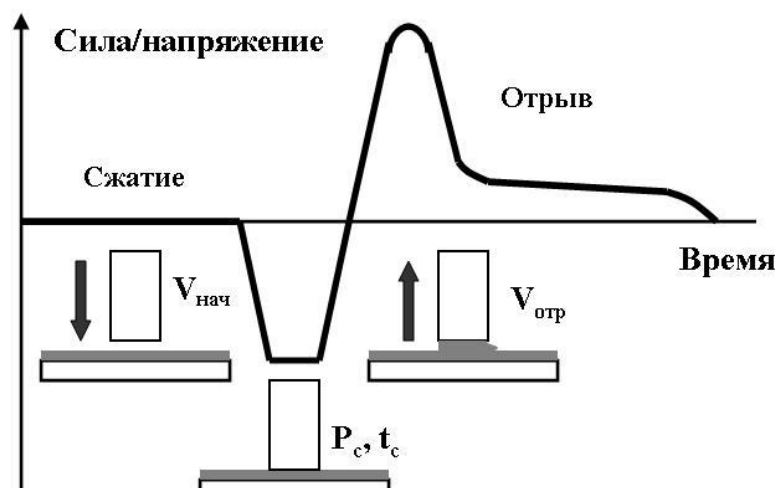


Рисунок 3 – Схема исследования мукоадгезивных объектов с помощью анализатора текстуры

#### Вывод

В ходе эксперимента было установлено:

1. Применение гемостатического препарата «CELOX» эффективно для остановки продолжающегося артерио – венозного кровотечения.

2. Так как в России имеется большое количество ресурсов морепродуктов, то будет достаточно легко ввести новую технологию изготовления кровоостанавливающих средства для снабжения Вооруженных Сил.

#### Список использованной литературы:

1. Грицюк А. И., Амосова Е. Н., Грицюк И. А. Практическая гемостазиология. – Киев: Здоровье, 1994.

2. Яхонтов Л.Н., Глушков Р.Г. "Синтетические лекарственные средства" М.: Медицина, 1983.

3. Коваленко, Р.А. Разработка и оценка эффективности местного гемостатического средства на основе хитозана для остановки массивных наружных кровотечений: автореф. Дисс. канд. мед. наук / Р.А. Коваленко. – СПб, 2010. – 22с.

4. Самохвалов, И.М. Боевая травма кровеносных сосудов. Кровотечение и кровопотеря. Инфузионно-трансфузионная терапия у раненых / И.М. Самохвалов, С.В. Гаврилин // Военно – полевая хирургия локальных войн и вооруженных конфликтов: рук. для врачей / под. Ред. Е.К. Гуманенко, И.М. Самохвалова. – М. : ГЕОТАР – Медиа, 2011. – С. 135 – 147.

5. Рева, В.А. Обоснование системы временной остановки наружного кровотечения при ранениях магистральных сосудов конечностей на догоспитальном этапе: дис. ... канд. мед. наук / В.А. Рева. – СПб., 2011. – 237с.

6. Самохвалов, И.М. Местные гемостатические средства: новая эра в оказании догоспитальной помощи / И.М. Самохвалов [и др.] // Политравма. – 2013. - №1. – С. 80 – 86.

7. Granville – Chapman, J. Pre – hospital haemostatic dressings: a systemic review / J. Granville – Chapman, N. Jacobs, M.J. Midwinter // Injury. – 2011. – Vol. 42, № 5. – P.447 – 459.

#### ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОСНАСТКИ ИЗ ПРЕПРЕГА

Фукс Ю.В. – студент, Черных Е.С. – студент, Головина Е.А – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Изготовление оснастки – это очень важный и ответственный этап производственного процесса. От качества изготовленной оснастки будет зависеть качество будущего изделия.

Если оснастка выполнена с изъянами, то это обязательно отразится на детали, соответственно это приведет к браку, финансовым издержкам и задержке производственного цикла.

Чтобы изготовить оснастку необходимо учитывать ряд требований:

1) материал оснастки и её конструкция должны обеспечивать многократное формование деталей из КМ при температуре 170–190 °С;

2) коэффициент линейного теплового расширения (КЛТР) материала оснастки и будущего изделия должны быть соизмеримы;

3) оснастка должна иметь наименьшую массу с целью сокращения времени прогрева (не более 40 кг/м<sup>2</sup>, конструкции оснастки);

4) оснастка должна обеспечивать равномерность и постоянство распределения давления по всей поверхности детали, равномерность прогрева детали, возможность монтажа ограничительной рамки;

5) оснастка должна иметь четкую линию обреза, в соответствии с требованиями чертежей изделия, и обеспечить возможность переноса ее на деталь путем отпечатка.

На практике, материал и конструкция оснастки являются не единственной гарантией долговечности, также она зависит от качества работы с ней обслуживающего персонала.

Если к её поверхностной обработке и при транспортировке относятся бережно, то и служить она будет долго.

Для начала необходимо изготовить мастер-модель. Мастер-модель – это первичная модель, с которой впоследствии снимаются формы для изготовления копий с помощью различных технологий. Мастер-модель изготавливается по чертежам в натуральную величину со всеми входящими в конструкцию деталями и узлами. Материалы для её изготовления могут быть различными: пенопласт, модельные пасты, плиты, МДФ. Технологии их изготовления также весьма разнообразны.

Рассмотрим мастер-модель из модельного пластика. Для обработки фрезерованием, модельный пластик является очень удобным и пластичным материалом, с помощью которого можно произвести модель максимально высокой точности. Кроме того, модельный пластик имеет небольшой вес, поэтому из него можно изготавливать формы для различных целей и буквально любых масштабов. Также этот материал прекрасно обрабатывается как станками с ЧПУ, так и вручную. Модельный пластик является долговечным материалом, к тому же изделия из него можно ремонтировать и склеивать между собой. Это вещество можно смело считать крайне неприхотливым в использовании – модельный пластик отлично справляется с механическим воздействием, не подвергается влиянию влаги и не оставляет каких-либо следов на готовом изделии, обладает термостойкостью 200 °С, что очень важно для высокотемпературной оснастки (170–190 °С).

Выбор материала матрицы напрямую зависит от материала, из которого будут изготавливать деталь. По удельным характеристикам стеклопластик уступает углепластику, но не уступает традиционным. Стеклопластики – материалы на основе полимерного связующего, упрочняющим наполнителем является непрерывное стеклянное волокно, стеклонити, стекложгуты, ткани различного переплетения, стеклонити в виде листов или непрерывной ленты. Стеклопластики являются одним из наиболее распространенных композиционных материалов, сочетающих высокую прочность (1700 МПа), небольшую плотность (1800–1900 кг/м<sup>3</sup>), хорошие диэлектрические свойства и приемлемую цену.

Использование различных сочетаний армирующих и связующих компонентов позволяет создавать материалы с широким диапазоном регулируемых свойств, что предопределяет большое разнообразие сфер применения стеклопластиков.

Изготавливать оснастку можно несколькими способами: методом контактного формования, но при этом будут низкие физико-механические свойства изделия из-за низкого давления уплотнения; методом RTM можно изготовить качественные с точными геометрическими параметрами изделие, но главный недостаток этого метода высокая цена и

сложность процесса. Так же метод инфузии является достаточно дорогостоящим. Наиболее эффективным и оптимальным методом получения оснастки является использование препреговой технологии. На рисунке 1 представлен препрег. Это материал уже готов к использованию, не имеет излишек смолы и воздушных включений.

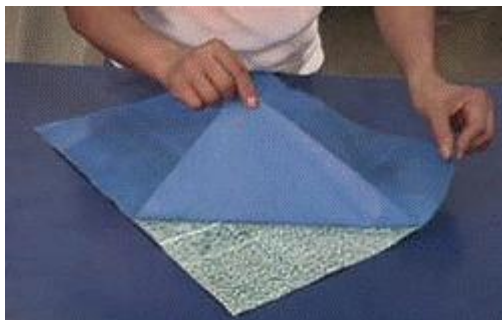


Рисунок 1 – Препрег – слоистый наполнитель, пропитанный термореактивным связующим, частично отвержденный

Рассмотрим основные этапы изготовления высокотемпературной оснастки из препрега:

- 1) входной контроль исходных компонентов (соответствие требованиям соответствующих стандартов, документации, подтверждающих их качество);
- 2) раскрой модельного пластика с применением станка ЧПУ. Раскрой производится в соответствии с техническим заданием. Необходимо оставить припуск на линию обреза и на зону приклейки вакуумного мешка, она составляет 150 мм;
- 3) чистовая обработка на ЧПУ;
- 4) контроль шероховатости ГОСТ 10632-89, допускается шероховатости поверхности  $\sqrt{0,16}$ ;
- 5) антиадгезионная обработка поверхности (разделительным составом Frecote);
- 6) нанесение наружного защитного слоя (Гелькоут марки Infusioncoat). Очень важно нанести равномерный слой толщиной не более 1 мм, в зависимости от качества проделанной работы, будет зависеть лицевая поверхность выкладываемой оснастки. Отверждается в течение 4-х часов при комнатной температуре «до отлипа», после чего можно начинать выкладку;
- 7) укладка препрега. Важно чтобы крайние слои имели тонкую поверхностную структуру A1, A2, для получения более ровной и гладкой поверхности, середину можно заполнить более толстым препрегом, чтобы набрать толщину. Необходимо 10-12 слоев;
- 8) укладка вспомогательных элементов и изготовление вакуумного мешка;
- 9) контроль герметичности вакуумного мешка. Ультразвуковой датчик утечки DIATEX;
- 10) термоформование. Нагрев в автоклаве до 125 °С с 3-х часовой выдержкой под давлением, дополнительная термообработка при 180 °С в свободном состоянии;
- 11) механическая обработка изделия. Окончательная обрезка, зачистка кромок и полировка декоративного слоя после полного отверждения на станке ЧПУ;
- 12) маркировка изделия согласно требованиям чертежа и СТП 08.015-05;
- 13) контроль качества сформованной детали. Визуально-оптический метод контроля, а также механические и теплофизические испытания.

В качестве технологии изготовления высокотемпературной оснастки препреговой метод является наиболее целесообразным и экономически выгодным, так как количество смолы уже заложено в материале, не нужно тратить на дорогостоящее оборудование, метод относительно чистый. При отверждении в автоклаве можно получать равнотолщинные изделия с качественно отформованными стенками. За счет равномерного распределения давления физико-механические характеристики повышаются.

Температура отверждения определяет температуру эксплуатации и температуру

стеклования. Чем выше температура стеклования, тем лучше материал. Для этого необходимо изготовление высокотемпературной оснастки (170–190 °С).

Список использованной литературы:

1. Бабичев, А. П. Справочник инженера-технолога в машиностроении, [текст] / Рысева Т. Н., Чукарина И. М, Мотренко П. Д.М.:Машиностроение,1990 – 382 с.
2. Васильев, В. В. Композиционные материалы: справочник [Текст] /В. В. Васильев, Д. В. Протасов, В. В. Болотин и др.; под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского – М.: Машиностроение, 1990. – 150 с.
3. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн. 1 [Текст] / Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А.Б. Геллера, М.М. Гельмонта; Под ред. Б.Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 448 с.
4. Киселев, Б.А. Стеклопластики. [Текст]/ Б. А. Киселев – М.: Госхимиздат. 1961.–120 с.
5. Композитные материалы, стеклопластики, технологии изготовления: Статья. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.stroimsamolet.ru>
6. Попов, А.Г. Способ изготовления многослойной панели из композиционного материала [Текст] / И.А., Лебедев С.А., Ривин Г.Л. Патент RU 95109951 А1.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ К УФ-ИЗЛУЧЕНИЮ

Хабазин Е.П. – студент, Головина Е. А. – к.т.н., доцент

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

Полимеры – это активные химические вещества, которые в последнее время приобретают широкую популярность из-за массового потребления пластмассовых изделий.

Существует мнение, что пластмассовым изделиям особый вред наносят солнечные лучи. На самом деле, разрушительное влияние оказывает только ультрафиолет. Связи между атомами в полимерах могут быть уничтожены только под воздействием лучей этого спектра. Последствия такого неблагоприятного воздействия можно наблюдать визуально. Они могут выражаться:

- В ухудшении механических свойств и прочности пластмассового изделия;
- Повышении хрупкости;
- Выгорании;
- Малый срок службы;

Сравнение стойкости различных пластиков к(УФ).

5 – Отличная стойкость к ультрафиолету;

НП– Не используется в применениях на открытом солнечном свете;

4 – Можно использовать при солнечном свете;

Полимеры чувствительны к воздействию УФ-излучения, поэтому срок службы изделий сокращается под воздействием атмосферных факторов вследствие светодеструкции полимера. Применение светостабилизатора позволяет получить изделия с высокой стойкостью к УФ-излучению и значительно увеличить срок их эксплуатации.

Светостабилизаторы особенно важны в изделиях большой площади, подвергаемых солнечному или другому облучению, – пленок, листов.

Таблица 1– Стойкость конструкционных пластиков к ультрафиолету (УФ)

Стойкость конструкционных пластиков к ультрафиолету (УФ).			
Наименование	Физические свойства	Скорость старения	Пояснения
Ацетальная смола	НП	НП	Специальные! модификации показывают отличную стойкость к

			УФ.
Нейлон	НП	НП	Специальные! модификации показывают отличную стойкость к УФ.
Полибутилентерефталат	4	5	Стоек к УФ по природе, саженаполненные модификации еще лучше.
Поликарбонат	НП	НП	Специальные! модификации показывают неплохую стойкость к УФ.
Полиэфиримид	5	5	Стоек к УФ по природе.
Твердый (литой)! полиуретан	4	5	Составы с наполнителем не подвержены изменению цвета.
АБС	НП	НП	Не применяйте на прямом солнечном свете.
Полисульфон	4	4	"Черные" модификации показывают неплохую стойкость к УФ.

#### Характеристики УФ-стабилизаторов

Механизм действия светостабилизаторов сложен. Они могут просто абсорбировать свет, выделяя поглощенную энергию затем в виде тепла; могут вступать в химреакции с продуктами первичного разложения; могут замедлять (ингибировать) нежелательные процессы. Различают два способа введения УФС: поверхностное покрытие и введение в блок полимера. Считается, что в блок вводить дороже, зато действие УФС долговечнее и надежнее.

Правда, основная масса изделий стабилизируется нанесением полимерного поверхностного слоя – как правило, 40-50 мкм. Кстати, для долгого срока службы (3–5 лет или до 6–10 сезонов) недостаточно добавить много УФС, нужны еще достаточная толщина и запас прочности. Так, для срока службы 3 года пленка должна быть толщиной не менее 120 мк, для 6–10 сезонов необходим трехслойный материал толщиной до 150 мк, с упрочненным средним слоем.

УФС можно подразделить на абсорберы и стабилизаторы. Абсорберы вбирают излучение и преобразуют его в тепло (и их эффективность зависит от толщины слоя полимера, они малоэффективны в очень тонких пленках). Стабилизаторы стабилизируют уже появившиеся радикалы.

Хорошим примером эффекта стабилизации полимера можно считать поликарбонат, полиэтилен и пленки. Срок действия поликарбоната в виде сотового листа колеблется от 2 до 20 лет, в зависимости от степени стабилизации. Из-за экономии на стабилизаторах, 90% производителей не могут подтвердить заявленный срок действия ПК-листов (обычно – 10 лет). То же с пленками. Например, агропленки вместо 5–10 сезонов выдерживают лишь 2–3, что приводит к существенным потерям в агросекторе. Полиэтилен без УФС не работает долго, поскольку быстро разлагается УФ-излучением. Из-за этого, например, полиэтиленовые газовые или водные трубы запрещают прокладывать по поверхности земли и даже внутри помещения. [3].

Качественные УФС, стоят дорого и из-за этого многие местные производители на них экономят (их надо добавлять в количестве 0,1–2, а то и 5%). Вместо новых ГОСТов в производстве используются ТУ, и ГОСТы 20-летней давности. Для сравнения, в ЕС обновление стандартов по стабилизаторам проходит раз в 10 лет. Каждый из видов УФС имеет особенности, которые следует учитывать при использовании. К примеру, аминные УФС приводят к потемнению материала, и для светлых изделий их использовать не рекомендуется. Для них используются фенольные УФС[4].

Применение УФС предотвращает потерю цвета, помутнение, потерю механических свойств и образование трещин в готовой продукции из полимеров, а так же позволяет получить изделия с высокой стойкостью к УФ-излучению и значительно увеличить срок их эксплуатации.

Список использованной литературы:

- 1 Манин В.Н., Физико-химическая стойкость полимерных материалов в условиях эксплуатации: [Текст]: справочник / Манин В.Н., Громов А.Н.: Химия, 1980.– 248 с.
- 2 Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы :[Текст] / Ю.А. Михайлин. – СПб. : Химия, 2006. – 623 с.
- 3 Зуев, Ю. С. Разрушение полимеров под действием агрессивных сред / Ю. С. Зуев. М. : Химия, 1972. – 232 с.
- 4 Оудиан, Дж. Основы химии полимеров : пер. с англ: [Текст]: справочник / Дж. Оудиан; З. Г. Роговина. –М. : Химия, 1976 – 34с.

## ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ. ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ

Черепанова Н.О. – студент, Головина Е.А. – к.т.н., доцент

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

В настоящее время современные строительные технологии все чаще используют для монтажа отопительной системы полипропиленовые трубы, так как они обладают значительными преимуществами, чем трубы из чугуна и стали, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики труб

Характеристики	Сталь	Чугун	Полипропилен
Прочность	500 МПа	400 МПа	60 МПа
Долговечность	Около 80 лет	Около 75 лет	Около 100 лет
Подверженность к коррозии	Высокая	Высокая	Низкая
Работа при монтаже	Сложная	Сложная	Легкая
Цена (за одну штуку)	1138 рублей	1200 рублей	638 рублей

Одно из основных свойств полипропиленовых труб является термостабильность.

В своей статье я рассмотрю, благодаря чему эти трубы способны выдержать высокие температуры при этом не теряя свое качество и не деформироваться.

При изготовлении пластиковых армированных труб используют два вещества – полипропилен и алюминий.

В системах центрального отопления добавляют щелочные реагенты, чтобы предотвратить образования накипи. На полипропилен щелочи практически не влияют даже при нагревании, так как полипропилен устойчив к действию многих химических веществ. Также полипропилен имеет гораздо более высокую температуру плавления (не менее +140°C), по сравнению с полиэтиленом, поэтому не теряет прочности при контакте с горячей водой. PPR не подвергается коррозии и не гниет, гладкая внутренняя поверхность трубы из этого материала остается неизменной в течение многих лет. Однако, коэффициент линейного температурного расширения полипропилена составляет  $K_p=0,15$  мм/мК, тогда как для алюминия этот показатель  $K_p=0,022$  мм/мК. Это означает, что полипропиленовые трубы,

нагреваясь горячей водой, значительно удлиняются и деформируются. А при попадании кислорода в структуру материала способствует постепенному разрушению полипропилена.

Алюминий, в отличие от PPR, устойчив к действию кислорода и гораздо меньше расширяется при нагревании, но неустойчив к действию щелочей.

Создав из этих веществ композитный материал, армированная алюминием труба из полипропилена получила новые свойства:

- коэффициент теплового расширения  $K_p = 0,03-0,05$  мм/мК;
- кислородопроницаемость  $0,056$  г/м<sup>3</sup> сутки (для перфорированной фольги).

Благодаря таким свойствам армированные пластиковые трубы служат для отопления не меньше 25-ти лет в системах с горячей водой, а в системах с холодной водой – не меньше 50-ти лет. Композитные трубы для отопления со структурой PPR-AL-PPR называют термостабильными.



Рисунок 1 – Структура полипропиленовой трубы

Армированные изделия со структурой PPR-AL-PPR состоят из внутренней полипропиленовой трубы, слоя алюминиевой фольги и наружного слоя пластика, также перед армированием фольгой и нанесением защитного слоя на изделие наносят слой термокля.

На данный момент армирование полипропиленовых труб производится перфорированной фольгой. По этой технологии, когда на поверхность фольги наносится второй слой полимера, он надежно соединяется с пластиковой трубой через отверстия. Таким образом, обеспечивается прочное соединение всех слоев в единый монолит, устойчивый к расслоению. Из-за того, что слой алюминия не является сплошным, кислородопроницаемость готового изделия несколько увеличивается и составляет около  $0,056$  г/м<sup>3</sup> сутки. Однако благодаря тому, что площадь отверстий не превышает 3% общей площади, этот показатель значительно ниже того предела, который разрешает СНиП 41-01-2003, п. 6.4.1 (не более  $0,1$  г/м<sup>3</sup> сутки).

Список использованной литературы:

1. <http://kanalizaciya-prosto.ru/polipropilenovye-truby-dlya-otopleniya.html>
2. <http://o-trubah.ru/materialy/polipropilenovie/polipropilenovye-truby-dlya-otopleniya-43>
3. <http://www.komsys.ru/catalog/ssystems.php>
4. <http://promresursy.com/materialy/polimery/polipropilen/trubu-armirovanye-aluminiem.html>



## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБШИВКИ РУЛЯ ВЫСОТЫ САМОЛЁТА ТУ-214 ИЗ КМ

Черных Е.С. – студент, Фукс Ю.В. – студент, Головина Е.А – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной работе описаны основные требования к материалам для изготовления обшивки руля высоты самолёта ТУ-214. Выбран материал для её изготовления. Разработан технологический процесс изготовления обшивки руля высоты из углепластика.

Руль высоты – аэродинамический орган управления самолёта, осуществляющий его вращение вокруг поперечной оси.

Обшивка – оболочка, образующая внешнюю поверхность корпуса и оперения летательного аппарата, служит для придания обтекаемой формы. От качества поверхности обшивки в определенной степени зависят аэродинамические характеристики планера самолёта.

Надежная и продолжительная работа руля высоты определяется его прочностью и жесткостью:

- конструкция не должна разрушаться при действии нагрузок меньше расчетных;
- конструкция должна противостоять деформированию и не иметь остаточных деформаций при минимальной его массе;
- при действии повторных нагрузок в элементах конструкции руля высоты не должно быть повреждений;

Последнее требование выполняется выбором материалов с малой скоростью распространения трещин, снижением уровня расчетных напряжений, применением форм деталей и технологических процессов, обеспечивающих уменьшение концентрации напряжений.

Технология изготовления элементов руля высоты существенно влияет на уменьшение его массы: применение штамповочных или прессованных конструкций, снижение напряжений в отверстиях путем снятия фасок и др.

Выбор авиационных материалов достаточно трудоемкий и во многом противоречивый процесс. Необходимо получить конструкцию минимально возможной массы при сохранении необходимой статической и усталостной прочности.

Материалы проектируемого руля высоты должны удовлетворять следующим условиям:

- обладать высокими механическими свойствами при минимальной массе и плотности;
- иметь хорошие производственно – технологические свойства;
- быть устойчивыми к воздействию эксплуатационного диапазона температур и коррозии в ожидаемых условиях эксплуатации;
- обладать приемлемой долговечностью;
- иметь возможно меньшую стоимость;
- иметь гарантируемое качество при поставках, что обеспечивается хорошо освоенными технологиями производства материалов.

Преимущества композитных деталей, перед деталями изготовленными из сплавов металлов:

- весовые качества – деталь из композитов может быть до 80% легче металлической;
- высокая прочность;
- устойчивость к коррозии;
- высокие усталостные характеристики;
- износостойкость;
- экологические свойства.

В современном самолётостроении преимущественное распространение получила жёсткая металлическая обшивка, как наиболее полно удовлетворяющая

требованиям аэродинамики, прочности, жёсткости и массы. Она воспринимает одновременно внешние аэродинамические нагрузки, нагрузки в виде изгибающих и крутящих моментов, а также перерезывающих сил, действующих на каркас летательного аппарата. Материалами для изготовления работающей обшивки являются: алюминиевые, титановые и стальные сплавы, композиционные материалы, авиационная фанера.

В авиастроении применяется практически весь спектр композитных материалов:

—арамидные ткани применяются в первую очередь при производстве нижней части фюзеляжа и пилонов авиадвигателя;

—углеткани используют для изготовления рулевых поверхностей, дверей, капота авиадвигатели и многих других элементов;

—стеклоткани же используются при производстве менее нагруженных частей конструкции, таких как приемники воздушного давления, внутренней отделки и т.д.;

—боропластики используют для изготовления высоконагруженных деталей, например панелей стабилизаторов, поверхностей управления.

При изготовлении обшивки руля самолета необходимо учитывать характеристики представленные выше. Для наглядности в таблицу 1 запишем свойства материалов применяемых в авиастроении.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики материалов

Материалы	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Временное сопротивление $\sigma_b^+$ , МПа	Модуль упругости E, ГПа	Удельные характеристики	
				Удельная прочность $\sigma/\rho$ , м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	Удельная жесткость $\sigma/E$
Алюминиевые сплавы	2700	400–500	72	14,8–20,4	2,6
Магниеые сплавы	1800	200–340	45	11,0–18,7	2,5
Титановые сплавы	4500	500–1300	120	11,0–29,0	2,6
Стеклопластики	1900	1600	70	7,9	3,5
Углепластики	1450	1100	170	8	12,0

Из таблицы видно, что углепластик удовлетворяет большинству требований. Он имеет наименьшую плотность, наибольший модуль упругости и высокое значение удельной жесткости.

Совместная работа арматуры и связующего предусматривает с позиций теории монолитности сплошность всех компонентов системы, отсутствие нарушения связи на границе раздела фаз при деформировании композиционного материала до потери сплошности армирующих элементов.

Проведен расчет с помощью системы неравенств, связывающих упруго-прочностные свойства и относительное содержание исходных компонентов. В следствие расчета, выбран армирующий наполнитель (углеткань с добавлением нити армос) и (эпоксидное) связующее.

Для изготовления обшивки руля высоты целесообразней использовать метод автоклавного формования. Он позволяет осуществлять формование изделий различного конструктивного исполнения, в том числе больших размеров и сложной конфигурации. При этом давление на любой части поверхности изделия одинаково. Это позволяет получать гладкую поверхность изделия без воздушных включений. На рисунке 1 представлена схема технологического процесса.

Рассмотрим основные технологические операции. Для того чтобы обеспечить нужные качества композиту, необходимо создать определенные условия для отверждения

связующего и его сцепления с армирующим материалом.

Температурный режим обеспечивает необходимые условия для полимеризации связующего. Повышенное давление необходимо для плотной укладки слоев армирующего материала, удаления излишков связующего и для более прочного сцепления связующего с арматурой.

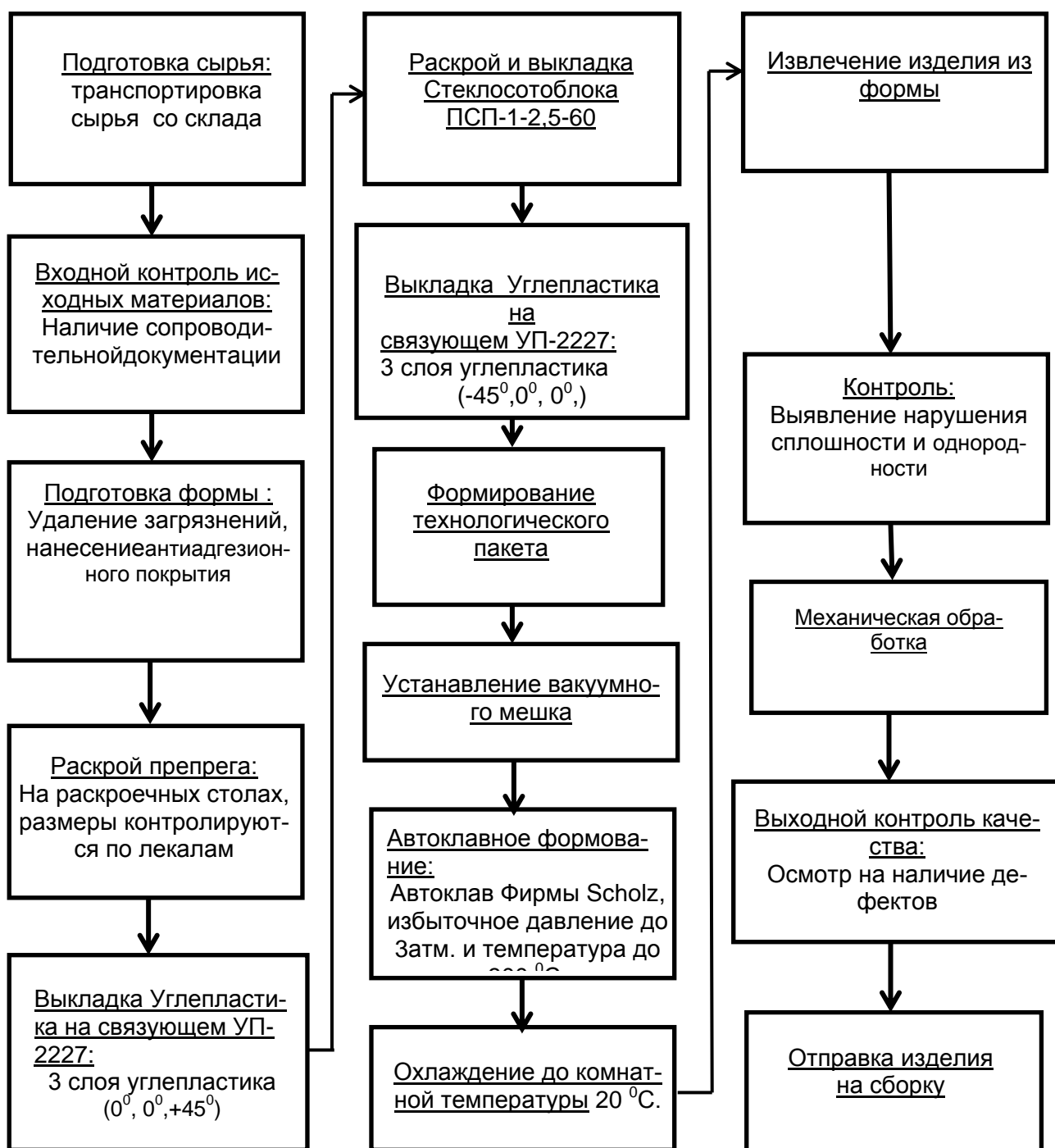


Рисунок 1 – Схема технологического процесса

К основным технологическим параметрам относятся: давление, температура, скорость их изменения по времени и степень отверждения.

Конкретной комбинации связующего и арматуры соответствуют свои параметры. В процессе производства их величину необходимо строго выдерживать.

Основные операции:

- подготовка формы (оснастки): очистка поверхности от загрязнения и потеков отверждающего связующего, ремонт поверхности и ее обезжиривание;
- нанесение антиадгезионного слоя с предварительной установкой ограничителей;
- упорядоченная укладка заранее раскроенных заготовок препрега;
- формирование первого слоя: прикатка уложенных заготовок препрега подогретым нежестким валиком с целью уплотнения пакета и удаления воздушных включений (пузырей);
- формирование последующих слоев с теми же технологическими операциями осуществляется друг за другом до нужного количества слоев;
- укладка впитывающего слоя из ткани объемного плетения;
- перфорированной разделительной пленки;
- цулага, представляющей собой жесткую оболочку, эквидистантную поверхности изделия, выполненная из тонколистового металла или ПКМ. Служит для распределения равномерного давления на поверхность изделия при формовании и недопущения сползания выкроек или слоев;
- дренажный слой, обеспечивает равномерное распределение вакуума под вакуумным мешком;
- на весь пакет устанавливается вакуумный мешок со штуцерами для присоединения вакуумной системы.

Для обеспечения герметичности для созданного мешка устанавливается жгут из герметика. Вакуумный мешок из газонепроницаемой пленки.

Режим изготовления детали в автоклаве. После изготовления вакуумного мешка форму необходимо установить термopару в основании формы, вторую термopару под вакуумный чехол или его имитатор, третья термopара фиксирует температуру в рабочей зоне автоклава. Затем транспортировать в автоклав и создать необходимые для качественного формования условия:

- создать вакуум  $0,8-0,9 \times 10^5$  Па;
- поднять температуру до  $125 \pm 50$  °С со скоростью не более 20 °С/мин;
- выдержать при заданной температуре 60-65 мин;
- поднять давление до  $2-2,25 \times 10^5$  Па, при достижении давления  $1 \times 10^5$  Па, отключить вакуумный насос, соединить вакуумный мешок с атмосферой;
- поднять температуру до  $180 \pm 50$  °С со скоростью не более 20 °С/мин;
- выдержать при заданной температуре и давлении  $2-2,25 \times 10^5$  Па, 180-185 мин;
- охладить под давлением 196,1-220,6 кПа, до температуры не более 40 °С со скоростью не более 10 °С/мин;
- сбросить давление.

Выкатить форму с заготовкой из автоклава, снять чехол и дренажные слои, провести контроль качества.

При автоклавном формовании получаем равнотолщинное изделие с гладкой глянцевой поверхностью, без воздушных включений. Данный метод позволяет использовать широкий спектр армирующих наполнителей и связующих, это относительно недорогой метод формования и он позволяет получать качественные изделия.

#### Список используемой литературы

- 1 Алексеев Г.В., Технология изготовления композиционных конструкций из ПКМ.
- 2 Композиционные материалы : Справочник. В.В.Васильев, Д.В.Протасов, В.В.Болотин и др. Под ред. В.В.Васильева, Ю.М.Тарнопольского. М.: Машиностроение, 1990.
- 3 Крысин В.Н., Слоистые композиционные конструкции в авиастроении.
- 4 Маркин, В.Б., Композиционные материалы [Текст]: учебное пособие, часть II / С.В. Ананьин, Е.С. Ананьева. – Изд-во АлтГТУ, 2007 -96 с.
- 5 Справочник по композиционным материалам в 2-х кн. Под ред. Дж.Любина. Пер. с

англ. А.Б.Геллера и др. Под ред. Б.Э.Геллера.- М.: Машиностроение, 1988.

6 Углеродные волокна: пер. с японского./ Под ред. С.Симамуры.- М.: Мир, 1987.

7 Углеродные волокна и углекомполиты: Пер с англ./ Под ред. Э.Фитцера.- М.: Мир, 1988.

8 Халиулин В.И., Шапаев И.И. Технология производства изделий из КМ; Подготовка производства и формирование структуры изделий из ПКМ; Конспект лекций. Казань: Изд-во КГТУ, 1998 - 63с.

## ВЫБОР МАТЕРИАЛА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАНОЭ

Шахурина И.С. – студент, Головина Е.А – к.т.н., доцент

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

В настоящее время лодки популярны во всём мире. Чаще они, сохраняя традиционную форму, изготавливаются с применением современных материалов [1].

Современное каноэ представляет собой лодку чёлочнообразной формы. Количество гребцов может быть от одного до нескольких десятков человек, они располагаются сидя на дне лодки или на сиденьях-банках.

Среди каноэ различают лодки хозяйственно-бытового назначения, предназначенные для перевозки грузов и пассажиров, для рыболовства и охоты, туристские и спортивные каноэ, на которых проводится гребной слалом на горных реках или гладкие гонки на спокойной воде [1].

В рамках данной статьи более подробно будут рассмотрено каноэ-двойки для водного туризма (рисунок 1) и спроектирован материал и технология его изготовления. Эти каноэ являются беспалубными («открытыми») лодками (в отличие, например, от слаломного каноэ, по форме напоминающего каяк). Такие каноэ обычно имеют вместимость 2–3 человека, вес современных туристических каноэ, как правило, варьирует в диапазоне от 17 до 38 кг, длина – от 4,6 до 5,5 м. Преимущество туристического каноэ перед каяком или байдаркой заключается, прежде всего, в большой вместимости при относительно небольшом весе самой лодки и в удобстве обращения на суше. Требования, предъявляемые к материалу и конструкции каноэ для успешной эксплуатации данного плавсредства, следующие:

1 высокая прочность (предел прочности  $\sigma_B$  не менее 10 МПа);

2 низкий модуль упругости ( $E$  не более 0,210 ГПа);

3 малая масса готового каноэ ( $m$  не более 38 кг);

4 каноэ должно обладать износостойкостью, коррозионной стойкостью и стойкостью к ультрафиолетовому излучению;

5 приспособленность для многодневных экскурсий по рекам и озерам;

6 удобство в обращении на суше.

Кроме того, каноэ должно замечательно себя показывать при движении по волнам, поглощая удары волн и шум от движения по волнам своим корпусом, не передавая эти толчки пассажирам.

Существует четыре основных вида каноэ по типу и материалу изготовления. Это разборные, надувные, композитные и полиэтиленовые.

Разборные каноэ представляют собой сборно-разборный каркас, который обтягивается водонепроницаемым материалом. Единственное его преимущество – удобство транспортировки и хранения. Однако наличие большого количества соединительных узлов делает такую конструкцию непрочной – для активного отдыха такое судно вряд ли подойдет [2].

Надувное каноэ представляет собой набор надувных элементов, которые обеспечивают плавучесть судна, и чехла из плотной ткани, в который вкладываются надувные элементы. Этот чехол и формирует само судно. Это недорогой вид каноэ, удобный при транспортировке, редко используется в экстремальном отдыхе. Можно сказать, такой вид

надувной лодки. Проблемы с ним такие же, как и с надувной лодкой – проколы и порезы.



Рисунок 1 – Каное-двойка для водного туризма

Композитные каноэ представляют собой стеклопластиковый корпус, достаточно легкий, но и хрупкий. Чаще из стеклопластика или кевлара изготавливают слаломные каноэ.

Благодаря достижениям современной науки, сейчас появился материал, который превосходит стеклопластик – это полиэтилен высокого и низкого давления. Каноэ из полиэтилена легкие, прочные, гораздо менее хрупкие, а значит более безопасные. Окрашивание такого каяка происходит не поверхностно, как у стеклопластиковых изделий, а в массе – добавлением пигмента в полиэтилен на этапе его приготовления. Такие полиэтиленовые каноэ представляют собой цельное изделие (не склеенное из частей) – без швов. На сегодня, подавляющее большинство судов подобного типа изготавливается из полиэтилена [2].

Рассмотрим механические свойства полимерных и композиционных материалов, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика полиэтилена высокого давления с полиэтиленом низкого давления, эпоксидным стеклопластиком, эпоксидным углепластиком

Характеристики	Полиэтилен высокого давления (ПЭВД)	Полиэтилен низкого давления (ПЭНД)	Эпоксидный стеклопластик на основе ткани	Эпоксидный углепластик (однонаправленный)
Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	910–930	950–960	1800–2000	1450–1600
Модуль упругости E, ГПа	0,210	0,216	55–69	120–130
Удельная прочность, $\epsilon \times 10^3$ , км	11–17	9–11	89–94	53–112
Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	10–16	9–11	590	2355
Коэффициент линейного расширения $\alpha$ , °C $\times 10^{-5}$	21–55	10 (до 50°)	11–13	5–11

Сравнение показывает, что ПНД и ПВД по прочности на растяжение уступают эпоксидным стеклопластику и углепластику. С другой стороны, по модулю упругости они даже превосходят стеклопластик, и почти близки к углепластику. Но самое главное преимущество ПВД это то, что он обладает наименьшей плотностью, что играет важную

роль в эксплуатации каное. Данные таблицы показывают, что ПВД является весьма высокотехнологичным и обеспечивает высокий уровень рабочих свойств [3].

Стеклопластик – композиционный материал, состоящий из стеклянного наполнителя и синтетического полимерного связующего. Наполнителем служат в основном стеклянные волокна в виде нитей, жгутов (ровингов), тканей, матов, рубленых волокон; связующим – полиэфирные, феноло-формальдегидные, эпоксидные, кремнийорганические смолы, полиимиды, алифатические полиамиды, поликарбонаты и др. Для стеклопластика характерно сочетание высоких прочностных, диэлектрических свойств, сравнительно низкой плотности и теплопроводности, высокой атмосферо-, водо- и химстойкости. Механические свойства стеклопластика определяются преимущественно характеристиками наполнителя и прочностью связи его со связующим, а температуры переработки и эксплуатации – связующим [4].

Однако есть несколько общих недостатков у стеклопластика, если мы рассматриваем вопрос применения альтернативных материалов:

- слабая износостойкость (неспособность противостоять абразивным материалам);
- небольшой модуль упругости;
- чувствительность к процессу изготовления и к режиму последующей эксплуатации;
- анизотропия прочностных, упругих и других свойств;
- гетерогенность структуры, способствующая ускоренному проникновению внешней среды в материал;
- достаточная высокая стоимость [5].

Углепластики (или карбон, карбопластики, от «carbon», «carbone» – углерод) – полимерные композиционные материалы из переплетённых нитей углеродного волокна, расположенных в матрице из полимерных (например, эпоксидных) смол. Плотность – от 1450 кг/м<sup>3</sup> до 2000 кг/м<sup>3</sup> [6].

Материалы отличаются высокой прочностью, жёсткостью и малой массой, часто прочнее стали, но гораздо легче (по удельным характеристикам превосходит высокопрочную сталь, например 25ХГСА).

Но, несмотря на это углепластики имеют и недостатки. При производстве углепластиков необходимо очень строго выдерживать технологические параметры, при нарушении которых прочностные свойства изделий резко снижаются. Необходимы сложные и дорогостоящие меры контроля качества изделий (в том числе, ультразвуковая дефектоскопия, рентгеновская, токовихревая, оптическая голография и даже акустический контроль).

Другим серьёзным недостатком углепластиков является их низкая стойкость по отношению к ударным нагрузкам. Повреждения конструкций при ударах посторонними предметами (даже при падении инструмента на неё) в виде внутренних трещин и расслоений могут быть невидимы глазу, но приводят к снижению прочности; разрушение повреждённой ударами конструкции может произойти уже при относительной деформации, равной 0,5 % [6].

Полиэтилен – термопластичный полимер этилена, является органическим соединением. Представляет собой воскообразную массу белого цвета (тонкие листы прозрачны и бесцветны). Химически- и морозостоек, изолятор, не чувствителен к удару (амортизатор), при нагревании размягчается (80–120 °С), при охлаждении застывает, адгезия (прилипание) – чрезвычайно низкая. Иногда в народном сознании отождествляется с целлофаном – похожим материалом растительного происхождения [7].

Устойчив к действию воды, не реагирует с щелочами любой концентрации, с растворами нейтральных, кислых и основных солей, органическими и неорганическими кислотами, даже с концентрированной серной кислотой, но разлагается при действии 50%-ой азотной кислоты при комнатной температуре и под воздействием жидкого и газообразного хлора и фтора [7].

При комнатной температуре нерастворим и не набухает ни в одном из известных растворителей. При повышенной температуре (80 °С) растворим в циклогексане и

четырёххлористом углероде. Под высоким давлением может быть растворён в перегретой до 180 °С воде [7].

Исходя из выше перечисленных видов каноэ, по типу и материалу изготовления, а также требований, которые предъявляются к каноэ для водного туризма (длительных экспедиций) наиболее оптимальными являются полиэтиленовые каноэ.

Наиболее эффективный и оптимальным методом получения каноэ является метод ротационного формования, которое позволяет повысить качество производимых каноэ, а также изготовить каноэ, стенки которого содержат армирующие наполнители – стекловолоконная крошка.

Армирование повышает прочность, а также придает полимерным материалам некоторые особые качества: вибродемпфирующие свойства, размерную стабильность изделий. Так, например, стеклопластиковые каноэ восприимчивы к ударным нагрузкам, поэтому их эксплуатация и транспортировка требуют большей осторожности, чем каноэ из армированного стеклянной крошкой полиэтилена. Но самым главным преимуществом таких каноэ является то, что при этом легкие прочные, гораздо менее хрупкие, а значит более безопасные [8].

При ротационном формовании (РФ) дозированную по объему или массе порцию материала загружают в полую металлическую форму, которую герметично закрывают и приводят во вращение в одной или в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Одновременно форму нагревают в печи таким образом, чтобы полимер расплавился или набух в пластификаторе. Материал равномерно распределяется по внутренней поверхности формы, гомогенизируется и образует на поверхности горячее тонкое монолитное покрытие, которое удерживается центробежными силами и адгезией. Затем вращающуюся форму охлаждают в специальной камере. При этом изделие затвердевает или желатинируется. Охладившуюся форму останавливают, открывают и извлекают из нее изделие, которое легко отделяется от холодной поверхности. Ротационное формование производится на установках непрерывного, или периодического действия. Неподвижная часть установки состоит из последовательно расположенных рабочих мест:

- стола, на котором осуществляется замыкание форм, их заполнение перерабатываемым материалом, а также размыкание форм и извлечение готовых изделий (иногда эти операции производятся на различных столах);

- туннельной печи с входными и выходными дверцами;

- охлаждающей камеры [9].

Ротационное формование имеет некоторые преимущества перед другими методами изготовления полых изделий – литьем под давлением и экструзионно-раздувным формованием:

- простота изготовления крупногабаритных изделий сложной замкнутой формы и многослойных конструкций;

- возможность получения изделий с постоянной толщиной стенок;

- отсутствие отходов материала;

- отсутствие внутренних напряжений в готовых изделиях;

- простота и дешевизна оборудования;

- высокая экономичность.

При всех своих достоинствах ротационное формование имеет основной недостаток – длительность процесса [13].

Весь процесс изготовления каноэ-двойки для водного туризма методом ротационного формования представлен в технологической схеме (рисунки 2).

Контроль качества готового каноэ производится с помощью толщиномера проверяется толщина стенок каноэ, которая не должна превышать 15 мм.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что полимерные композиционные материалы нашли широкое применение в судостроении. Еще с момента начала их использования в качестве промышленных материалов в 40-х годах XX столетия. Их



применение как конструкционных материалов было обусловлено удачным сочетанием уникальных свойств: высокого отношения прочности к массе, долговечности и стойкости к морской среде, простоты эксплуатации и ремонта, жесткости, особенно при очень низких температурах, их немагнитных и диэлектрических свойств, а также их низкой теплопроводности по сравнению с металлами. Кроме того, эти материалы дают возможность судостроителям использовать в конструкциях эластичность композитов, отсутствующую у обычных металлов. Например, при правильном выборе исходных компонентов, а также процесса получения композитов, в том числе и ориентации армирующей волокнистой добавки, удастся получить конструкционный материал, удовлетворяющий специфическим требованиям к данной конструкции, а также создать надежную конструкцию, причем более легкую и эффективную.

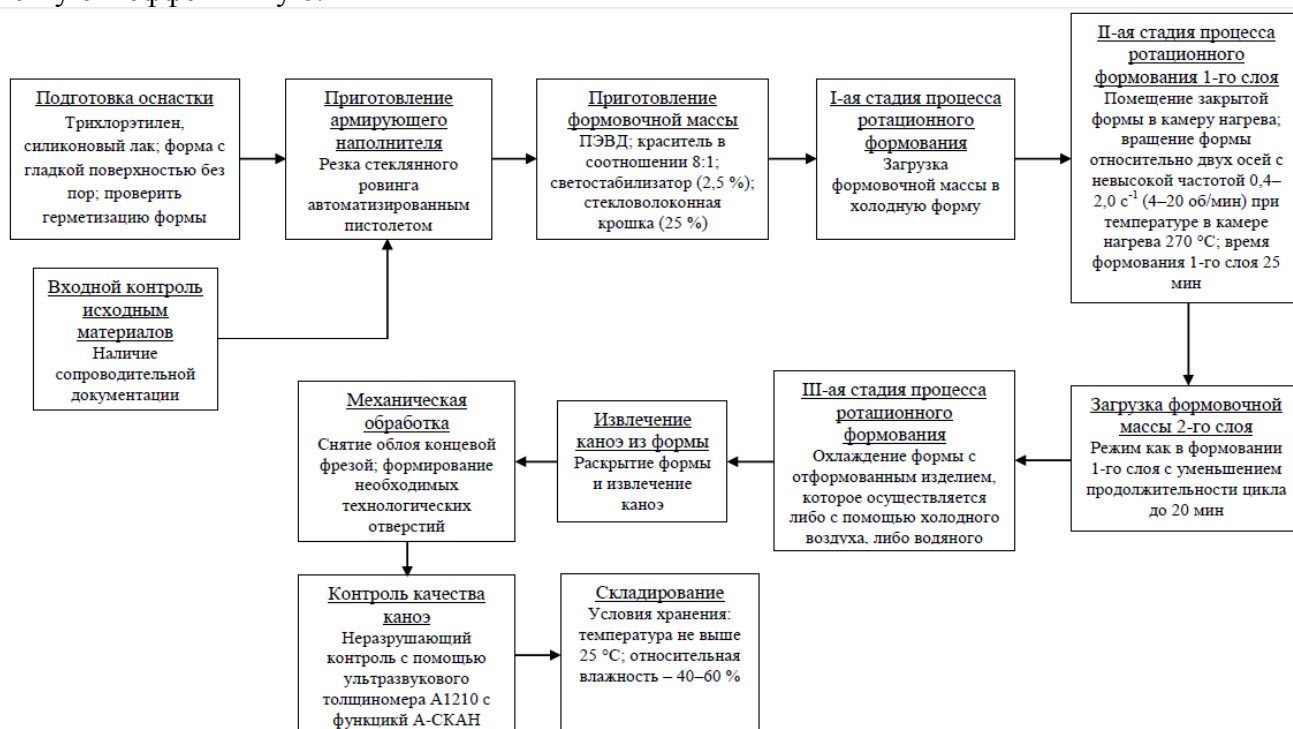


Рисунок 2 – Технологическая схема изготовления каноэ-двойки для водного туризма методом ротационного формования с использованием армирующего наполнителя – стекловолоконной крошки

Использование монолитной бесшовной конструкции снижает до минимума количество швов и исключает многие дорогостоящие вторичные процессы сборки (например, механические соединения с помощью сварки или клепки) [10].

Список использованной литературы:

1. Каноэ [Электронный ресурс]: Википедия – свободная энциклопедия. – Электрон.данные. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>. – Загл. с экрана.
2. Акваспорт: первое знакомство с каноэ [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа: <http://www.aquasport.biz/kayak-kanoes.html>. – Загл. с экрана.
3. Структура и механические свойства волокна Кевлар [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа: [http://www.twistcom.ru/p\\_structura.html](http://www.twistcom.ru/p_structura.html). – Загл. с экрана.
4. «ПластЭкспер» [Электронный ресурс]: все пластиках и полимеров. – Электрон.данные. Режим доступа: <http://www.e-plastic.ru/specialistam/composite/stekloplastiki>. – Загл. с экрана.
5. Стеклопластики – технологии, разработки, проекты [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа: <http://www.steklo-tech.ru/About/nedostatki.htm>. – Загл. с экрана.
6. Углепластики [Электронный ресурс]: Википедия – свободная энциклопедия. –

Электрон.данные. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>. – Загл. с экрана.

7. Полиэтилен [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа:<http://alttz.ru/polietilen>. – Загл. с экрана.

8. Информация о материалах [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа:<http://nordcast.ru/info/informaciya-o-materialax-baidarok.html>. – Загл. с экрана.

9. Крыжановский, В. К. Производство изделий из полимерных материалов [Текст]: учебник для вузов / В. К. Крыжановский, М. Л. Кербер, В. В. Бурлов, А. Д. Панيماتченко – СПб.: Профессия, 2008. – 460 с., ил.

10. Справочник по К: Композиционные материалы в судостроении [Электронный ресурс] // – Электрон.данные. Режим доступа:<http://msd.com.ua/spravochnik-po-kompozicionnym-materialam/kompozicionnye-materialy-v-sudostroenii>. – Загл. с экрана.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шмеер В.А. – студент, Головина Е.А. – к.т.н., доцент

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

Антифрикционные материалы (от англ.friction– трение)– это группа материалов, обладающих низким коэффициентом трения, или материалы способные уменьшить коэффициент трения других материалов.

Твердые антифрикционные материалы обладают повышенной устойчивостью к износу при продолжительном трении. Используются для покрытия трущихся поверхностей. Например такими материалами могут служить латунь, железо–графит, бронза или баббит.

Эти материалы должны иметь минимальный коэффициент трения, структура покрытия должна обеспечивать антисхватывание и возможность быстрой приработки к контртелу, механические характеристики материала должны соответствовать эксплуатационным нагрузкам, должны быть достаточно износостойкими и пластичными.

Антифрикционные материалы на основе полимеров предназначены, как правило, для работы с жидкостями, не обладающие смазочными свойствами (водой и др.), а также без смазки в т.ч. В вакууме. Основа полимерных антифрикционных материалов: терморезистивные смолы: фенолоформальдные, эпоксидные, фурановые, полиэтилен.

Одним из условий нормальной работы узла трения является такой выбор материалов, который обеспечивает приемлемые потери на трение и минимальные затраты на изготовление, обслуживание и ремонт.

В одних случаях детали пары трения изготовлены из однотипных материалов с примерно одинаковой твердостью (подшипники качения, шестерни зубчатых передач).

В других – применяются разнотипные материалы с разной твердостью (подшипники скольжения, червячные передачи). Поскольку износ трущихся деталей неизбежен, в подобных случаях дешевая деталь «приносится в жертву» более дорогостоящей. Например, стальной червяк должен изнашиваться меньше колеса и выдержать несколько его замен. Вал подшипника должен изнашиваться меньше опоры.

Материалы, из которых изготавливают более изнашиваемую деталь узла трения, часто называют антифрикционными (АФ). Они должны обладать следующей совокупностью свойств:

Совместимость – АФ материал должен иметь малый коэффициент трения, небольшую склонность к заеданию с материалом сопряженной детали и не изнашивать её. Совместимость может меняться со временем (во время и после приработки) и зависит от режима смазки

Прирабатываемость - способность материала изменять геометрию поверхности, степень микронеровностей и структуру поверхностного слоя. После приработки снижается коэффициент трения

Стойкость к заеданию – Чем выше значения нагрузок и скоростей, при которых

происходит схватывание с материалом сопряженной детали, тем выше стойкость к заеданию.

Способность к поглощению твердых частиц - Речь идет об абразивных частицах и продуктах износа. Если они способны «вдавливаться» в основу, то абразивное воздействие на сопряженную деталь минимизируется.

Сопrotивление усталости – Чем большее число циклов нагружения при заданной нагрузке выдерживает материал, тем позже развивается усталостное изнашивание. Т.е. сопротивление усталости определяется кривой усталости соответствующего материала.

Температуростойкость - Чем меньше зависят от температуры физико-химические и механические свойства АФ материала, тем менее чувствителен он к повышению температуры во время работы. Прежде всего, это важно с точки зрения предупреждения заедания при перегреве. Кроме этого, желательно, чтобы коэффициент теплопроводности был большим (лучше отвод тепла), а коэффициент теплового расширения минимальным (стабильность зазоров).

### ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ВВЕДЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ГРУНТОВКИ ЭП-045

Шутова А.Л. – к.т.н., доцент, Сабадаха Е.Н. – к.т.н., ассистент, Хованская Е.И. – студент  
Белорусский государственный технологический университет  
(г. Минск, Республика Беларусь)

Лакокрасочные материалы представляют многокомпонентные гетерогенные системы, поэтому введение в них даже небольших количеств углеродных нанотрубок (УНТ), обладающих высокой удельной поверхностью существенно меняет конформацию макромолекул пленкообразователя за счет адсорбции на поверхности наночастиц и приводит к увеличению степени наполнения покрытий. УНТ также могут заполнять пустоты между частицами пигментов и наполнителей. Все это влияет на степень отверждения лакокрасочных покрытий, что проявляется в изменении показателей их физико-механических и защитных свойств [1].

В работе изучено влияние углеродных нанотрубок, полученных путём каталитического синтеза в псевдооживленном слое (УНТ1), активированных и неактивированных углеродных нанотрубок (УНТ2), полученных в плазме высоковольтного разряда, и способа их введения на физико-механические (твердость, адгезия, прочность при ударе) и защитные (стойкость к статическому воздействию воды и растворов хлористого натрия) свойства покрытий на основе эпоксидной грунтовки ЭП-045 (ОАО «Лакокраска» г. Лида, Республика Беларусь).

Модифицированные лакокрасочные композиции наносили пневмораспылением на стандартные подложки: стеклянные пластины специального назначения размером 90×120 мм и толщиной 1,2 мм (ГОСТ 683); пластины из стали марок 08 кп или 08 пс (ГОСТ 16523) размером 70×150 мм и толщиной 0,8–1,0 мм. Формирование покрытий осуществляли в естественных условиях при (20±2)°С. Через 2 сут после нанесения определяли физико-механические свойства покрытий (твердость по маятниковому прибору типа ТМЛ маятник А (ГОСТ 5233), прочность при ударе (ГОСТ 4765), адгезия методом решетчатых надрезов (ГОСТ 15140)), через 10 сут – стойкость к статическому воздействию агрессивных сред по ГОСТ 9.403.

Эпоксидные грунтовка ЭП-045 – 2-ухупаковочная композиция естественной сушки в работе исследованы 2 способа введения УНТ в эпоксидную грунтовку:

- 1) в виде суспензии в растворителе Р-5А (таблица 1);
- 2) в виде суспензии в отвердителе (таблица 2).

Таблица 1 – Свойства эпоксидной грунтовки ЭП-045, модифицированной суспензией УНТ различной природы в растворителе Р-5А, и покрытий на ее основе

Наименование показателя	Количество УНТ, %									
	–	УНТ1			УНТ2 неактив.			УНТ2 актив		
		0,005	0,01	0,1	0,005	0,01	0,1	0,005	0,01	0,1
Твердость по маятнику типа ТМЛ (А), отн. ед., не менее	0,35	0,41	0,30	0,42	0,36	0,36	0,36	0,41	0,30	0,42
Адгезия методом решетчатых надрезов, балл, не более	1									
Адгезия методом решетчатых надрезов с обратным ударом, см, не менее	5	5	5	5	5	5	5	30	30	30
Прочность при ударе, см, не менее	90	45	50	70	90	50	45	90	90	90
Стойкость к статическому воздействию при (20±2)°С, сут., не менее										
– воды	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
– 0,5% раствора NaCl	7	8	20	20	8	18	14	7	7	8
– 3% раствора NaCl	3	2	7	17	8	18	18	8	3	7

Примечание – толщина покрытий 40–44 мкм

Таблица 2 – Свойства покрытий на основе эпоксидной грунтовки ЭП-045, модифицированной суспензией УНТв отвердителе

Наименование показателя	Количество УНТ, %									
	–	УНТ1			УНТ2 неактив.			УНТ2 актив		
		0,005	0,01	0,1	0,005	0,01	0,1	0,005	0,01	0,1
Твердость по маятнику ТМЛ (А), отн. ед., не менее	0,47	0,34	0,31	0,31	0,43	0,37	0,43	0,27	0,30	0,30
Адгезия методом решетчатых надрезов, балл, не более	1									
Прочность при ударе, см, не менее	90	90	90	90	10	<10	15	80	90	80
Стойкость к статическому воздействию при (20±2)°С, сут., не менее										
– воды	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
– 0,5% раствора NaCl	7	9	9	2	2	7	9	5	5	4
– 3% раствора NaCl	3	4	3	6	3	3	3	3	4	2

Примечание – толщина покрытий 30–35 мкм.

В ходе исследований разработана методика введения УНТ в пигментированные лакокрасочные материалы, заключающаяся в предварительном диспергировании их в растворителе или отвердителе в ячейке ультразвуковой ванны BandelineSonorex (рабочая частота 40 кГц) в течение 15 мин с последующим смешением в течение 20 мин на лабораторном диссольвере DISPERMAT®CA с помощью фрезерной мешалки при скорости 2000 об/мин [2].

Водостойкость всех покрытий на основе эпоксидной грунтовки ЭП-045 как модифицированной УНТ, так и немодифицированной очень хорошая и составляет более 40 сут. Модифицирование по 1-ому способу, практически для любой концентрации УНТ, особенно для УНТ1 и неактивированных УНТ 2 (0,01, 01%) привело к значительному увеличению солестойкости покрытий – в 2–3 раза.

В таблице 2 представлены результаты исследования физико-механических и защитных свойств грунтовочных покрытий на основе эпоксидной грунтовки ЭП-045, модифицированной суспензией УНТ различной природы в отвердителе.

Модифицирование эпоксидной грунтовки ЭП-045 2-ым способом во многих случаях привело к ухудшению свойств лакокрасочных покрытий, вероятно за счет адсорбции функциональных групп отвердителя на поверхности УНТ, что приводит к недоотверждению покрытий, что видно по снижению их твердости, а следовательно и защитных свойств.

Исследования показали, что модификация эпоксидной грунтовки ЭП-045 целесообразна

лишь в случае введения УНТ1 и неактивированных УНТ2 в количестве 0,01% и 0,1% (от массы лакокрасочного материала с учетом сухого остатка) в виде суспензии в растворителе, что приводит к значительному улучшению солестойкости грунтовочных покрытий.

Установлено, что модификация суспензий УНТ в растворителе более эффективна, чем в отвердителе. Введение УНТ в виде суспензии в растворителе позволило увеличить твердость покрытий на основе эпоксидной грунтовки на 10–20% и повысить солестойкость покрытий: до 20 сут. при добавлении 0,01–0,1% УНТ1 и до 14–18 сут. – при УНТ2 неактивированных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шашок Ж. С., Прокопчук Н.Р. Применение углеродных наноматериалов в полимерных композициях. – Минск: БГТУ, 2014. – 232 с.

2. Шутова А.Л., Сабадаха Е. Н., Прокопчук Н. Р., Хованская Е. И. Влияние способа введения наноразмерных добавок на свойства покрытий на основе модифицированной алкидной грунтовки / Технология органических веществ: тезисы 79-ой науч.-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 2–6 февраля 2015 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. М. Жарский; УО «БГТУ». – Минск: БГТУ, 2015. – С. 62.