

Государственное автономное общеобразовательное учреждение Московской области

«Химкинский лицей»

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА
«КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И В
БЫТУ. РАЗРАБОТКА НЕДОРОГОГО, ПРАКТИЧНОГО И ЭКОЛО-
ГИЧНОГО МАТЕРИАЛА»

Выполнил ученик 4 «а» класса

Гурьянов Павел

Преподаватель

Александренко А.Е.

Химки 2022 год.

Содержание

1. Введение	3
2. Цели и задачи исследовательской работы	4
3. Теоретическая часть.....	5
3.1. Суть и назначение композитных материалов.....	5
3.2. Преимущества композитных материалов.....	7
3.3. Недостатки композиционных материалов.....	8
3.4. Виды испытаний материалов	10
3.5. Применяемые в промышленности виды композитных материалов.	12
4. Практическая часть	16
4.1. Разработка прочного и экологичного материала	16
4.1.1. Требования к материалу, производству и готовому изделию.	16
4.1.2. Выбор материалов и технологии.....	18
4.2. Испытание образцов	21
4.3. Изготовление бытовых инструментов из композитного материала.	22
5. Заключение.....	23
6. Список использованной литературы	24

1. Введение

Композиционный материал (композит) — многокомпонентный материал, изготовленный из двух или более компонентов с существенно различными физическими или химическими свойствами, которые, в сочетании, приводят к появлению нового материала с характеристиками, отличными от характеристик отдельных компонентов. Яркий пример — фанера, стеклопластик или углепластик (карбон).

В настоящее время использование композитов весьма обширное в различных отраслях промышленности и в быту. Но каждый используемый материал обладает как существенными достоинствами, так и недостатками. И одними из существенных недостатков являются стоимость, невозможность вторичной переработки (а также использование вторсырья для производства) и не экологичность материала (а иногда и токсичность, что не позволяет использовать его в повседневности).

Многие активно применяющиеся материалы в данной сфере хорошо изучены и применяются как в крупной промышленности, так и энтузиастами-самодельщиками — например, стеклопластик, карбон. Но с другой стороны — множество достаточно интересных для изучения и испытания технологий и материалов было незаслуженно забыто в угоду прогрессу и кажущейся экономии, что в длительной перспективе неблагоприятно сказывается на экологической ситуации на планете — например, тяжело перерабатываемые полимеры, получаемые переработкой нефти и природного газа, из которых состоит одноразовая тара и различные бытовые изделия успешно пополняют запасы микропластика в мировом океане, отравляя его и делая непригодным для жизни водных обитателей.

Данной работой мы хотим доказать, что используя достоинства композитных материалов, являющиеся следствием их природы и технологии производства, можно применять экологически чистые и безопасные материалы, в результате конечный продукт не будет наносить вред окружающей среде ни в момент производства, ни после утилизации продукции.

2. Цели и задачи исследовательской работы

Цели проекта: изобрести недорогой композитный материал из доступных в быту, не дефицитных и недорогих, вторично перерабатываемых материалов, например, макулатура. Композит должен быть лёгким, не дорогим, прочным, экологичным и также пригодным для вторичной переработки. В практической части исследования мы изготовим из изобретённого материала кухонные приборы.

Задачи проекта:

- изучить сущность композитных материалов;
- изучить свойства, достоинства и недостатки композитных материалов;
- изучить применяемость композитных материалов в промышленности и в быту;
- найти существующие или существовавшие ранее в промышленности материалы, которые будут отвечать определённым критериям, разработать или найти не используемые в настоящее время технологии производства;
- произвести тестовые образцы продукции из найденного материала.

Продукт исследования – образцы изделий, изготовленные из созданного композитного материала.

3. Теоретическая часть

3.1. Суть и назначение композитных материалов

Композиционный материал (КМ), композит — многокомпонентный материал, изготовленный (человеком или природой) из двух или более компонентов с существенно различными физическими и/или химическими свойствами, которые, в сочетании, приводят к появлению нового материала с характеристиками, отличными от характеристик отдельных компонентов и не являющимися простой их суперпозицией. При этом отдельные компоненты остаются таковыми в структуре композитов, отличая их от смесей и твёрдых растворов. В составе композита принято выделять матрицу/матрицы и наполнитель/наполнители. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении её механических характеристик.

По структуре композиты делятся на несколько основных классов: волокнистые, дисперсно-упрочнённые, упрочнённые частицами и нанокомпозиты. Волокнистые композиты армированы волокнами или нитевидными кристаллами — кирпичи с соломой и папье-маше можно отнести как раз к этому классу композитов. Уже небольшое содержание наполнителя в композитах такого типа приводит к появлению качественно новых механических свойств материала. Широко варьировать свойства материала позволяет также изменение ориентации размера и концентрации волокон. Кроме того, армирование волокнами придаёт материалу анизотропию свойств (различие свойств в разных направлениях), а за счёт добавки волокон проводников можно придать материалу электропроводность вдоль заданной оси.

В слоистых композиционных материалах матрица и наполнитель расположены слоями, как, например, в особо прочном стекле, армированном несколькими слоями полимерных плёнок.

Микроструктура остальных классов композиционных материалов характеризуется тем, что матрицу наполняют частицами армирующего вещества, а различаются они размерами частиц.

В отличие от волокнистых композиционных материалов в дисперсно-упрочненных композиционных материалах матрица является основным элементом, несущим нагрузку, а дисперсные частицы тормозят движение в ней дислокаций.

Высокая прочность достигается при размере частиц 10-500 нм при среднем расстоянии между ними 100-500 нм и равномерном распределении их в матрице.

Прочность и жаропрочность в зависимости от объемного содержания упрочняющих фаз не подчиняются закону аддитивности¹. Оптимальное содержание второй фазы для различных металлов неодинаково, но обычно не превышает 5-10 об. %.

Композиты, в которых матрицей служит полимерный материал, являются одним из самых многочисленных и разнообразных видов материалов. Их применение в различных областях даёт значительный экономический эффект. Например, использование ПКМ при производстве космической и авиационной техники позволяет сэкономить от 5 до 30 % веса летательного аппарата. А снижение веса, например, искусственного спутника на околоземной орбите на 1 кг приводит к экономии 1000\$. В качестве наполнителей ПКМ используется множество различных веществ.

¹ Аддитивность — свойство математических или физических величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту, равно сумме значений величин, соответствующих его частям

3.2. Преимущества композитных материалов.

Области применения композиционных материалов не ограничены. Они применяются в авиации для высоконагруженных деталей самолетов (обшивки, лонжеронов, нервюр, панелей и т. д.) и двигателей (лопаток компрессора и турбины и т. д.), в космической технике для узлов силовых конструкций аппаратов, подвергающихся нагреву, для элементов жесткости, панелей, в автомобилестроении для облегчения кузовов, рессор, рам, панелей кузовов, бамперов и т. д., в горной промышленности (буровой инструмент, детали комбайнов и т. д.), в гражданском строительстве (пролеты мостов, элементы сборных конструкций высотных сооружений и т. д.) и в других областях народного хозяйства.

Применение композиционных материалов обеспечивает новый качественный скачок в увеличении мощности двигателей, энергетических и транспортных установок, уменьшении массы машин и приборов.

Технология получения полуфабрикатов и изделий из композиционных материалов достаточно хорошо отработана.

Композитные материалы с неметаллической матрицей, а именно полимерные карбоволокниты используют в судо- и автомобилестроении (кузова гоночных машин, шасси, гребные винты); из них изготавливают подшипники, панели отопления, спортивный инвентарь, части ЭВМ. Высоко модульные карбоволокниты применяют для изготовления деталей авиационной техники, аппаратуры для химической промышленности, в рентгеновском оборудовании и другом.

Карбоволокниты с углеродной матрицей заменяют различные типы графитов. Они применяются для тепловой защиты, дисков авиационных тормозов, химически стойкой аппаратуры.

Изделия из борволоконитов применяют в авиационной и космической технике (профили, панели, роторы и лопатки компрессоров, лопасти винтов и трансмиссионные валы вертолетов и т. д.).

Органоволокниты применяют в качестве изоляционного и конструкционного материала в электрорадиопромышленности, авиационной технике, автостроении; из них изготавливают трубы, емкости для реактивов, покрытия корпусов судов и другое.

Главное преимущество КМ в том, что материал и конструкция создается одновременно. Исключением являются препреги, которые являются полуфабрикатом для изготовления конструкций.

- высокая удельная прочность
- высокая жёсткость
- высокая износостойкость
- высокая усталостная прочность
- из КМ возможно изготовить размеростабильные конструкции
- легкость

3.3. Недостатки композиционных материалов

Несмотря на множество достоинств композитов, у них имеется ряд недостатков, некоторые из которых весьма существенны и делают невозможным повсеместное использование композитов:

-Высокая стоимость

Высокая стоимость КМ обусловлена высокой наукоёмкостью производства, необходимостью применения специального дорогостоящего оборудования и сырья, а, следовательно, развитого промышленного производства и научной базы страны.

- Анизотропия свойств

Анизотропия — зависимость свойств КМ от выбора направления измерения. Например, упругость однонаправленного углепластика вдоль волокон в 10-15 раз выше, чем в поперечном. Тем не менее, во многих случаях анизотропия свойств оказывается полезной. Например, трубы, работающие при внутреннем давлении испытывают в два раза большие разрывающие напряжения в окружном направлении по сравнению с осевым. Следовательно, труба не должна быть равнопрочной во всех направлениях. В случае композитов это условие легко обеспечить, увеличив вдвое армирование в окружном направлении по сравнению с осевым.

- Низкая ударная вязкость

Низкая ударная вязкость (низкая прочность при ударах) также является причиной необходимости повышения запаса прочности. Кроме этого, низкая ударная вязкость обуславливает высокую повреждаемость изделий из КМ, высокую вероятность возникновения скрытых дефектов, которые могут быть выявлены только инструментальными методами контроля.

- Высокий удельный объём

Высокий удельный объём является существенным недостатком при применении КМ в областях с жесткими ограничениями по занимаемому объёму. Это относится, например, к области сверхзвуковой авиации, где даже незначительное увеличение объёма самолёта приводит к существенному росту волнового аэродинамического сопротивления.

- Гигроскопичность

Композиционные материалы гигроскопичны (впитывают влагу из воздуха), то есть склонны впитывать влагу, что обусловлено неоднородностью внутренней структуры КМ. При длительной эксплуатации и многократном переходе температуры через 0 по Цельсию вода, проникающая в структуру КМ, разрушает изделие из КМ изнутри (эффект по природе аналогичен разрушению автомобильных дорог в межсезонье). Справедливости ради нужно отметить, что указанный недостаток относится к композитам первых поколений, которые имели недостаточно эффективное сцепление связующего с наполнителем, а также большой объём каверн в матрице связующего. Современные типы композитов с высокой адгезией связующего к наполнителю (достигается применением специальных замазливателей), получаемые методами вакуумного формования с минимальным количеством остаточных газовых каверн этому недостатку не подвержены, что позволяет в частности строить композитные корабли, производить композитную арматуру и композитные опоры воздушных линий электропередач.

Тем не менее КМ могут впитывать другие жидкости, обладающие высокой проникающей способностью, например, авиационный керосин или другие нефтепродукты.

- Токсичность

При эксплуатации КМ могут выделять пары, которые часто являются токсичными. Если из КМ изготавливают изделия, которые будут располагаться в непосредственной близости от человека, то для одобрения применяемых при изготовлении КМ материалов требуются дополнительные исследования воздействия компонентов КМ на человека.

- Низкая эксплуатационная технологичность

Композиционные материалы могут иметь низкую эксплуатационную технологичность, низкую ремонтпригодность и высокую стоимость эксплуатации. Это связано с необходимостью применения специальных трудоёмких методов (а подчас и ручного труда), специальных инструментов для доработки и ремонта объектов из КМ. Часто изделия из КМ вообще не подлежат какой-либо доработке и ремонту.

3.4. Виды испытаний материалов

Неразрушающие, а также разрушающие испытания материалов исследуют способность некоего материала к механическому нагружению до его разрушения или до определенной деформации. Испытания можно проводить в различных окружающих условиях.

На основе полученных характеристик составляется однозначное описание свойств материала, что позволяет сравнивать материалы между собой.

Испытания материалов проводятся не только в исследовательских институтах, на производстве посредством испытаний также получают ценные знания для разработки новой продукции или улучшения уже выпускаемой.

Инженерные расчеты конструкций невозможны без сведений о материалах, из которых они изготавливаются. Все фактические сведения о конструкционных материалах, т.е. их механические характеристики, получают экспериментально. При опытном изучении образцов получают сведения об основных механических свойствах материалов, к которым относятся прочность, жесткость, упругость, пластичность, твердость и др., устанавливают степень влияния на механические характеристики температуры, радиоактивного облучения, термообработки и других факторов.

Прочность - это способность конструкции сопротивляться разрушению при действии на нее внешних сил (нагрузок).

Жесткость - способность элемента конструкции сопротивляться деформации.

Упругость - это способность твердого деформируемого тела восстанавливать свою форму и объем после прекращения действия внешних нагрузок.

Пластичность - это свойство твердого деформируемого тела до разрушения необратимо изменять свою форму и объем от действия внешних сил.

Твердость – способность материала оказывать сопротивление деформированию и разрушению при местных контактных воздействиях.

Вязкость - это свойство оказывать сопротивление за счет трения происходящего при перемещении элементарных частиц тела относительно друг друга в процессе деформирования. Отметим, что при этом, как показывают результаты экспериментов, сила сопротивления, возникающая за счет внутреннего трения материалов, прямым образом зависит от величины скорости перемещения элементарных частиц относительно друг друга.

Ползучесть - это явление, характеризующее изменения во времени величин деформаций и напряжений в теле при действии статических нагрузок.

Выносливость - это явление, которое характеризуется чувствительностью и изменениями прочностных свойств материалов в зависимости от числа циклов нагружения.

В ряде случаев опытному изучению подвергаются отдельные конструкции, их узлы, целые сооружения или их модели. В этих испытаниях проверяются расчетные формулы и схемы, фактическое распределение напряжений в опасных сечениях, выявляются опасные зоны или участки, устанавливается степень надежности сооружения или конструкции.

В связи с различным использованием материалов на практике созданы разнообразные виды и методы испытаний.

Виды испытаний можно классифицировать следующим образом:

1) По характеру воздействия:

- кратковременные испытания;
- длительные испытания.

2) По виду напряженного состояния:

- испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, срез;
- испытания в условиях сложного напряженного состояния.

3) Технологические испытания:

- испытания для контроля пластичности;
- измерение твердости;
- испытание на вытяжку.

4) Испытание переменной нагрузкой:

- испытание на выносливость;
- испытание на малоцикловую усталость.

5) Испытание ударом:

- испытание на ударное растяжение;

- испытание изгибом на ударную вязкость;
- испытание поворотным ударом.

б) Натурные испытания:

- испытание на стендах;
- испытание готовых изделий.

Добавить интересующие нас способы испытания и как мы планируем их проводить.

3.5. Применяемые в промышленности виды композитных материалов.

Изначально композитные материалы разрабатывались исключительно со стратегическими, военными целями, однако, по прошествии относительно небольшого промежутка времени, они прочно заняли свое место как материалы широкого потребления, нашедшие применение в судостроении, автомобилестроении, химической промышленности, ветроэнергетике, авиационной промышленности и т.д. Композиты успешно заменяют привычные нам материалы, такие как металл, камень и дерево.

Благодаря таким своим свойствам как прочность, легкость, долговечность, неподверженность коррозии, пожаростойкость, композитные материалы широко применяются в строительстве как в качестве конструкционных, так и отделочных материалов. На основе композитов изготавливается искусственный камень, без которого сложно представить себе современное строительство и интерьеры.

Композитный материал на основе смолы и стеклянных армирующих элементов - стеклопластик успешно применяется в химической промышленности, заменяя при этом металл.

Несомненным преимуществом стеклопластика является то, что он не подвержен воздействию агрессивных сред, и гораздо более долговечен, чем металл. Это позволяет применять стеклопластик там, где использование изделий из других материалов невозможно, или же связано с большими сложностями и рисками, например, хранение и транспортировка очень агрессивных химически активных веществ.

Из стеклопластика изготавливают корпуса и надстройки яхт и кораблей, детали и элементы тюнинга автомобилей, отделочные панели, используемые в поездах и метро, изделия для активного отдыха (бассейны, лыжи, горки в аквапарках). Также следует отметить

важную роль современных композитных материалов в ветроэнергетике, где они используются для изготовления лопастей ветрогенераторов. Это одна из наиболее динамично развивающихся областей их применения, поскольку идея создания экологически чистой энергетики актуальна как никогда.

Ведутся активные исследования в области нанокompозитов, которые, благодаря своему составу, будут иметь как абсолютно новые свойства, так и качества, присущие обычным композитам, но увеличенные в несколько раз. Применение композитных материалов во всех областях находится в постоянном развитии. С каждым днем появляются новые материалы с более совершенными.

Видное место занимают эти материалы в производстве изделий для автомобильного и городского транспорта. Из них изготавливают корпуса легковых автомобилей, автобусов, детали внутреннего интерьера, кабины грузовиков, баки для горючего, цистерны для перевозки жидких и сыпучих грузов, корпуса и детали внутреннего интерьера трамваев и автобусов.

Широкое применение нашли композиционные материалы в авиационной и ракетно-космической технике, где используются такие их свойства, как высокая удельная прочность и стойкость к воздействию высоких температур, стойкость к вибрационным нагрузкам, малый удельный вес. Из этих материалов изготавливаются корпусные детали и детали внутреннего интерьера.

Очень широко композиционные материалы применяются в области судостроения. Уникальные свойства композиционных материалов позволяют изготавливать высокопрочные, легкие корпуса катеров, яхт, шлюпок.

Из композиционных материалов также изготавливаются спасательные шлюпки для танкеров, перевозящих нефтепродукты. Такие шлюпки способны вынести экипаж судна из зоны разлившейся горячей нефти в случае аварии. Этой возможности позволили достигнуть уникальные свойства применяемых материалов, их высокая теплоизоляция и огнестойкость.

Развитие промышленности композитов в районе Персидского залива происходит чрезвычайно быстро. Композиционные материалы применены в одном из наиболее престижных проектов в регионе - строительстве гостиницы Jumeirah Reach Tower. Гостиница Jumeirah Reach Tower, строительство которой уже закончено в Дубаи, как объявляют, явля-

ется самым высоким зданием гостиницы в мире. Ее высота 321 метр, это выше, чем Эйфелева башня в Париже. Приблизительно 33 000 квадратных метров сэндвичевых панелей соединяют гостиничные номера и гиганский, почти 200 метров высотой атриум. Панели произведены из композиционных материалов. Огнестойкая смола и гелькоут были спроектированы и полностью проверены для использования в этом проекте. Рекомендация и опыт этого проекта, как ожидается, вызовет значительный интерес в строительной промышленности.

В области железнодорожного транспорта композиционные материалы постепенно занимают лидирующее место благодаря своим великолепным свойствам. С каждым годом все больше компаний переходят на изготовление из композиционных материалов не только отдельных деталей, но и кузовов в целом.

Настоящий переворот совершили композиционные материалы в области сельского хозяйства. Антикоррозионные свойства этих материалов позволяют применять их там, где не выдерживают другие материалы. Это элементы животноводческих ферм, емкости для хранения минеральных удобрений, отходов, сельскохозяйственных заготовок. Композиционные материалы используются для изготовления кузовов сельскохозяйственной техники. Это позволяет значительно сэкономить средства не только при производстве, но и в процессе эксплуатации, так как в межсезонье трактора, уборочные машины не требуют затрат на обслуживание кузовных деталей, а срок службы этих деталей намного больше.

Одной из все более расширяющихся областей применения композиционных материалов является мостостроение. Использование стеклопластика открывает перспективный путь строительства мостов из новых материалов. Рассматриваемое строительство - мост длиной 40 метров, протянутый поперек одной из наиболее загруженных железных дорог в Дании. Изготовлен первый композитный мост, специально разработанный, для создания железнодорожных переходов. Ключевым условием создания моста, для одной из наиболее загруженных железных дорог Дании, было то, что он должен был быть установлен в самые сжатые сроки. В то же время сооружение должно было соответствовать определенным практическим и эстетическим критериям. Мост был смонтирован за 16 часов. Работа была выполнена ночью. Мост состоял из трех компонентов, которые были установлены на опоры с болтами - кстати, единственные элементы моста, требующие соединений.

Композиционные материалы будут все больше и больше использоваться как Материал в наземном строительстве. Налицо многочисленные преимущества: мосты из композиционных материалов, которые требуют только косметического обслуживания в течение

более чем 50 последующих лет. Подобный мост, построенный из стали весил бы 28 тонн и нуждался в замене некоторых частей каждые 25 лет. То же самое применимо и к железобетонному мосту, который весил бы 90 тонн. Одно из главных преимуществ конструкций из композитов, имеющих небольшую массу, состоит в том, что они требуют меньших, менее дорогих опор. Кроме того, они не подвержены коррозии. Мост разработан из стандартных профилей и может производиться по более низкой стоимости, чем аналогичный стальной или бетонный мост.

Новый сложный мост был построен в Швейцарских Альпах прошлой осенью. Этот мост состоит из двух элементов, весящих по 900 кг, которые были установлены при помощи вертолета. Элементы были склеены и соединены болтами вместе. Мост, собранный из стали, едва ли смог бы транспортироваться вертолетом. Еще одно преимущество проекта состоит в том, что мост может быть легко демонтирован в случае весенних наводнений.

В оборонной промышленности композиционные материалы сыграли важную роль в стратегии и направлении новейших разработок. Так защитные каски, бронежилеты, традиционно изготавливаемые во всех странах многие годы из металла, в настоящее время также изготавливаются из композиционных материалов. Скоростные суда, транспортные корабли, самолеты невидимки, все это создано только благодаря использованию композиционных материалов, постоянному поиску новых материалов и технологий.

В очень большом количестве композиционные материалы используются в нефтеперерабатывающей промышленности. В настоящее время из этих материалов изготавливают элементы нефтяных платформ, трубы для нефте- и газопроводов.

4. Практическая часть

4.1. Разработка прочного и экологичного материала

4.1.1. Требования к материалу, производству и готовому изделию.

В первую очередь при разработки материала, являющегося продуктом настоящего исследования, необходимо определиться с требованиями к ним. Требования определяются областью дальнейшего применения продукции, изготавливаемого из найденного материала.

Разделим требования на следующие категории:

1. Требования к происхождению исходных компонентов
2. Требования к производству. По возможности – применение уже существующих или используемых в прошлом технологий.
3. Требования к готовым изделиям.
4. Требования к вторичному использованию и переработке.

Разберём данные критерии более подробно. Указанные требования являются гипотетическими и их следует рассматривать как техническое задание к проекту. Конечный результат может отличаться от задания в разумных пределах.

Происхождение исходных компонентов.

Материал должен быть изготовлен из распространённых компонентов, желательно возобновляемых природных ресурсов, возможно органического происхождения.

Добыча компонентов (основных – связующее и матрица, а также вспомогательных) не должна быть трудозатратной и экологически небезопасной, т.е. само производство должно быть максимально безвредным.

Требования к производству.

Критерии данного раздела частично повторяют предыдущие – это минимальная трудозатратность и экологичность. Производство должно быть достаточно простым как по количеству операций, так и по времени.

Дополнительные немаловажный критерий – минимальное количество отходов или полное их отсутствие, т.е. должно использоваться всё сырьё.

Если избежать безотходного производства невозможно, необходимо свести к минимуму ущерб экологии, наносимый самым производством и утилизацией неиспользованных отходов.

Критерий использования уже существующих или забытых технологий в первую очередь касается сложностей в разработки самой технологии – если технология где-то уже применялась, то не составит труда найти подробное описание технологических процессов, их особенностей и конечного результата. Достаточно частое явление, когда в угоду экономике или веяниям моды некоторые технологии признаются устаревшими и несовершенными и вытесняются более свежими или утрачиваются по каким-либо другим причинам.

Требования к готовым изделиям.

Продукция должна не иметь посторонних запахов, не выделять вредные и токсичные вещества при эксплуатации и при горении, не разлагаться под воздействием воды, бытовых химических реагентов (моющие средства), не разрушаться под воздействием солнечного света (в первую очередь ультрафиолетового диапазона, чем часто подвержены материалы из различных видов пластмасс, производимых из нефтепродуктов или природного газа).

Продукция должна быть прочной – сопротивление к упругой и ударной деформации или разрушениям должна быть в пределах, допустимых для бытовой утвари. Например, ложка или тарелка, изготовленные из нашего материала, не должны сломаться или разбиться при нормальной эксплуатации или при падении.

Продукция должна быть легко окрашиваемой. Это может быть, как на стадии производства самого материала, так и после производства изделия. Данный критерий связан как правило с тем, что вторсырьё зачастую имеет не презентабельный вид – наличие красителей и неоднородность естественной окраски может существенно ухудшить товарный вид и сделать изделие эстетически непривлекательным, а использование различных очистителей и отбеливателей в подавляющем большинстве случаев усложнит производство и является не экологичным.

Материал можно окрашивать как в объёме, добавляя безвредные красители непосредственно в сырьё, так и после изготовления изделия – поверхностная окраска. Вторым вариантом необходим, если предполагается использование нескольких цветов на одном изделии или украшениях (узоров). Соответственно, поверхность изделия должна легко принимать красители (высокая адгезия без специализированной подготовки). Проблема на самом деле достаточно высокая, т.к., например, большинство полимеров крайне плохо окрашиваются красителями на водной основе, а красители на основе растворителей, изготовленных из продуктов нефтепереработки, часто являются токсичными (как минимум на этапе нанесения).

Требования к вторичному использованию и переработке.

Учитывая цель нашего исследования, мы не могли пройти стороной этот этап жизненного цикла изделия – что будет, когда оно больше не будет нужно или сломается?

Основных критериев два: возможность вторичной переработки (путём минимальных вложений сил и средств произвести из изделия что-то новое – такое же изделие или другие материалы) и при утилизации с твёрдыми бытовыми отходами – естественное разложение и не причинения вреда окружающей среде продуктами естественного разложения.

4.1.2. Выбор материалов и технологии.

Мы определились с тем, как должны производить наш материал и что в итоге хотим от него получить и углубившись в изучение забытых технологий, относительно недавно активно использовавшихся в промышленности – производство казеина и производных материалов из него.

Казеин (от латинского слова «сыр») — сложный белок (фосфопротеид), образующийся из предшественника казеина — казеиногена при створаживании молока.

Казеин (казеиноген) присутствует в молоке в связанном виде как соль кальция (казеинат кальция). Свёртывание казеина в молоке происходит под действием протеолитических ферментов сычужного сока (сыр), кислот, вырабатываемых молочнокислыми бактериями (творог), либо при прямом добавлении кислот (технический казеин).

Казеин (казеиноген) является одним из основных белков молока, сыров, творога и других молочных продуктов наряду с сывороточными белками (альбумины и др.). Содержание в коровьем молоке — 78—87 % от всех белков (2,8—3,5 % от общей массы).

Высушенный казеин представляет собой белый порошок без вкуса и запаха.

Из казеина производили полимер под названием «Галалит» путём длительной обработки казеина формальдегидом. Сам казеин получали из коровьего молока и неостребованного творога. Также существует технология производства казеина из растительного сырья.

Галалит — пластмасса из казеина, казеин-формальдегидная смола. Коммерческое название «галалит» происходит от греческих слов молоко и камень. Галалит — вещество без запаха, нерастворимое в воде, биоразлагаемое, неаллергенное, антистатическое и практически негорючее. Технология его получения хоть и относительно не сложная, но весьма длительная (обработка казеина формальдегидом занимает до шести недель).

В СССР организация производства галалита была предпринята в 1925 году. По постановлению Моссовета было решено построить завод, приобретя оборудование и ноу-хау за границей. Осенью и зимой 1926 года было закуплено оборудование двух германских фирм с несколько различной конструкцией. Это было сделано с расчётом на то, чтобы при работе на первых иностранных машинах выяснить их достоинства и недостатки. В дальнейшем при расширении производства можно было бы оборудовать производство лучшим вариантом машин. Летом 1927 года для нового производства были приспособлены готовые здания ликвидированной старой красильной фабрики у деревни Терехово в Нижних Мнёвниках. 15 июля 1928 года Мнёвниковский галалитовый завод (впоследствии — завод «Галалит»), первый завод в СССР, построенный на основе опыта германской техники, был принят в эксплуатацию и через 10 дней был получен первый советский галалит, который вначале перерабатывался на месте в готовые изделия — пуговицы и гребни. Для скорейшего запуска производства был приглашен немецкий специалист для освоения технологии. Это мероприятие дало возможность без проволочек сразу пустить завод полным ходом.

Производство на заводе «Галалит» было прекращено в 1967 году.

Сам казеин производится из нежирного коровьего молока при нагреве до 30 градусов с постепенным добавлением кислоты (например, уксусной). Казеин выпадает в осадок, который необходимо отфильтровать и тщательно промыть, после чего полученную массу (творог) просушить и измельчить в порошок. Побочный продукт данной стадии – сыворотка – безвредное вещество, в основном состоящее из воды, жиров и сахаров и легко утилизируется с жидкими отходами, а в природе быстро разлагается микроорганизмами. Концентрация кислоты крайне незначительная – кислота выступает в роли катализатора процесса.

Следует заметить, что казеин крайне неохотно растворяется в воде и для его растворения необходимо использовать водный раствор гидроксида аммония (раствор аммиака в воде или нашатырный спирт). Аммиак безвреден для окружающей среды, но при производстве может оказать вредное воздействие на человека, поэтому производство должно быть оснащено системой вентиляции и фильтрации воздуха, а специалисты должны использовать средства индивидуальной защиты.

Аммиак можно заменить другими видами щелочей (например, пищевой содой), но данная комбинация считается наименее вредной и наиболее эффективной.

Пропорции казеина и аммиака – $\frac{1}{2}$ (2 части казеина на 1 часть раствора гидроксида аммония 10% по массе).

После смешивания состав достаточно быстро начинает густеть и полимеризоваться – 5-10 минут и состав становится непригодным для дальнейшего использования.

Но как показал практический опыт – полученный состав гигроскопичный (впитывает воду) и растворяется в ней, а также довольно хрупкий и для целей нашего проекта непригоден.

После изучения методики производства казеина был обнаружен рецепт производства казеината кальция – результат химической реакции казеинового белка с гидроксидом кальция (природный минерал, «гашёная известь» или «известь пушёнка», применяемая в строительстве). При смешивании порошков казеина и гидроксида кальция и добавлении воды происходит химическая реакция, результатом которой является не растворимый в воде казеинат кальция. Поскольку казеин плохо растворим в воде, его нужно полностью растворить в гидроксиде аммония (нашатырном спирте).

Испытания различных последовательностей смешивания для получения устойчивой химической реакции и оптимального времени для производства привёл к такой последовательности:

Казеин растворяется в растворе гидроксида аммония.

Добавляется гидроксид кальция в пропорциях 1 к 1 к содержанию сухого казеина. После полимеризации вещество получается совершенно не растворимым в воде и крайне прочным и твёрдым.

Сам казеин мы получали путём скисания молока жирностью 0,5% с последующей сушкой, а также путём промывки и сушки нежирного творога. Использование молока и творога в рамках массового производства облегчается тем, что допускается применение молока и творога с истёкшим сроком годности, уже не пригодного для продажи и употребления в пищу.

Следует заметить, что полученное вещество, обладая высокой прочностью и твёрдостью, было слишком хрупким и имело высокий удельный вес – готовое изделие было бы слишком хрупким и тяжелым. Для уменьшения данных недостатков было решено использовать дополнительные материалы.

Проведя исследование по доступным в первую очередь для вторичной переработки материалов, было решено использовать бумагу (макулатуру). Наша гипотеза – добавление измельчённой бумаги в казеиновый состав уменьшило бы удельный вес и увеличило упругость материала, сделав его более лёгким и менее хрупким.

Измельчение как самого казеина, так и бумаги в бытовых условиях осуществлялось электрической кофемолкой. Измельчённый казеин легко просеивался через сито, а бумага требовала ручной очистки от слишком крупных неизмельчённых частиц.

Поскольку оптимального рецепта для конечного материала найти не удалось (по всей видимости такой материал не применялся раньше) мы провели ряд экспериментов, варьируя концентрацию следующих компонентов:

- масса готового казеинового клея (смесь казеина и гашёной извести);
- масса измельчённой бумаги;
- масса воды, в которой была размочена измельчённая бумага.

При соотношении бумаги от 1/20 до 1/10 по отношению к казеиновому клею и воды от 100% до 50% от массы клея после высыхания материал был твёрдым, но пористым. Прочность была не очень велика.

При уменьшении объёма воды пористость материала заметно снижалась и при пропорции от 0 до 10% от массы клея материал стал полностью однородным.

Уменьшение массы бумаги также увеличивало прочность материала, но вместе с ней и хрупкость. Оптимальное значение составило от 5 до 10% от массы клея. При увеличении массы бумаги смесь было невозможно перемешать до полимеризации клея.

4.2. Испытание образцов

Для испытания образцов материала мы изготавливали смесь с различными пропорциями исходных компонентов, отливали их в формы и нарезали брусками.

Проверку прочности – сопротивлению деформации проводили путём измерения усилия на излом одинаковых по размеру брусков. После разлома изучали полученный срез.

Проверку динамической прочности – путём кидания образцов на кафельный пол с одинаковой высоты (1 метр). После падения изучали полученные повреждения.

Также подвергались изучению органолептические показатели материала – в первую очередь запах. Вкус полностью отсутствовал, т.к. материал нерастворим в воде.

Устойчивость к воде – образцы погружались в воду комнатной температуры. Ни один не растворился и не разрушился. По этой же причине материал не выделяет в окружающую среду вредных соединений. При попадании в водную среду выпадает в осадок.

Исследование на окрашивание в объёме не проводилось.

Поверхностное окрашивание водорастворимыми красками происходило во всех случаях отлично.

Поскольку материал не растворяется в воде, повторная переработка в нашем понимании заключается в использовании измельчённого изделия из полученного материала как наполнителя для нового изделия.

4.3. Изготовление бытовых инструментов из композитного материала.

Многочисленные эксперименты показали, что полученный материал при высокой пористости даёт ощутимую усадку – уменьшение в объёме при высыхании воды. При концентрации воды более 10% объём уменьшался более, чем на 80%.

При концентрации воды от 0 до 10% усадки практически не происходило, но состав получался совершенно не текучим и его было совершенно невозможно залить в замкнутые формы (сделать отливку) без применения дополнительного оборудования.

Гипотеза – литьё в формы такого материала возможно с применением давления или вакуума.

С учётом данной особенности считаем оптимальной производство крупных плит или брусков материала с последующей механической обработкой – распиловка на части, шлифовка.

Материал показал отличные результаты при механической обработке: резание, пиление, шлифование. Срез ровный, при качественном перемешивании исходных компонентов срез однородный.

5. Заключение

Мы провели изучение понятие «композитных материалов» - их видов, применения в производстве и быту, способе производства, достоинствах и недостатках.

Вывод – композитные материалы, несмотря на сложности при их изготовлении и прочих недостатках, благодаря множеству достоинств имеют большое значение для промышленности. Но в подавляющем большинстве случаев наиболее распространённые материалы обладают существенными недостатками:

- экологически не безопасные – используемые составляющие токсичны как для окружающей среды, так и для человека на стадии производства.

- не биоразлагаемые – изделия из таких материалов практически не разрушаются в природе, их невозможно переработать и повторно использовать.

В связи с этим мы провели ряд экспериментов и разработали концепцию с прототипом нового материала, ранее не применявшегося в промышленности.

Материал изготавливается из распространённых веществ, добываемых промышленностью или получаемых из воспроизводимых ресурсов, экологически нейтральных (безвредных).

Изделие, полученное из нового материала, обладает всеми необходимыми требованиями, которые мы заложили в качестве задания к данному проекту, что можно считать успешным результатом исследования:

- Продукция должна не иметь посторонних запахов, не выделять вредные и токсичные вещества при эксплуатации и при горении, не разлагаться под воздействием воды, бытовых химических реагентов (моющие средства);

- Продукция должна быть прочной;

- Продукция должна быть легко окрашиваемой.

6. Список использованной литературы

1. Кербер М. Л., Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. — СПб.: Профессия, 2008. — 560 с.
2. Васильев В. В., Механика конструкций из композиционных материалов. — М.: Машиностроение, 1988. — 272 с.
3. Карпинос Д. М., Композиционные материалы. Справочник. — Киев, Наукова думка.
4. Казеин // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
5. Пласт Экперт. Всё о пластиках и полимерах [Электронный ресурс]. URL: <https://e-plastic.ru/specialistam/composite/kompozicionnye-materialy/> (дата обращения: 10.10.2021)
6. Преимущества и недостатки композиционных материалов. [Электронный ресурс]. URL: <https://bolgarttx.livejournal.com/139255.html> (дата обращения: 10.10.2021)
7. Zwick Roell. Испытание материалов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zwickroell.com/ru/otrasli/isyptaniya-materialov/> (дата обращения: 05.10.2021)
8. Группа компаний Композит. Области применения композитных материалов. [Электронный ресурс]. URL: https://composite.ru/oblasti_primeneniya/ (дата обращения: 05.10.2021)
9. Компания Нафтарос. Композитные материалы, области применения [Электронный ресурс]. URL: <http://naftaros.ru/articles/42/index.html> (дата обращения: 05.10.2021)
10. ХК Композит. Композитные материалы для автомобилестроения. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hccomposite.com/sectors/132/> (дата обращения: 10.10.2021)
11. НПО Катализатор. Композитные материалы в автомобилестроении. [Электронный ресурс]. URL: <https://ktzcomposit.ru/responsible-to-environment/> (дата обращения: 25.10.2021)
12. Галалит. Википедия. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82> (дата обращения: (25.10.2021)