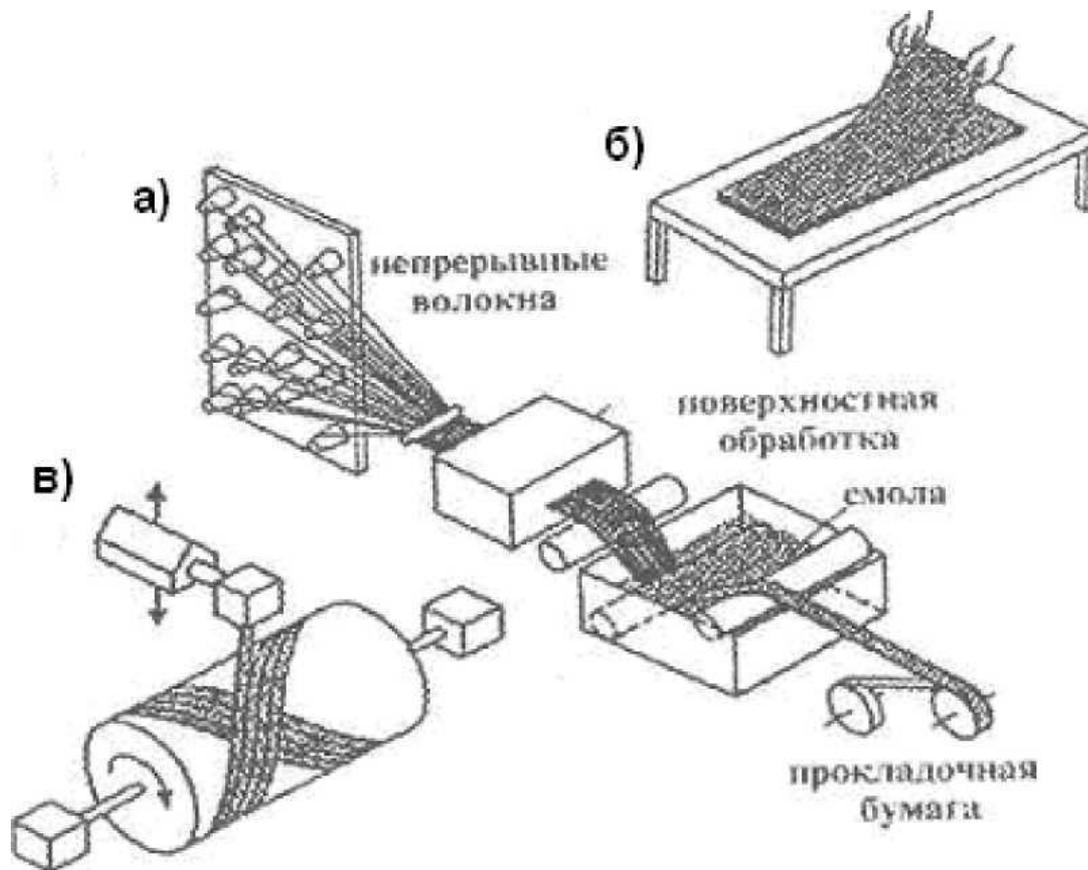


## **МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛОИСТЫХ И НАМОТАННЫХ ПКМ**

Выбор материала матрицы и геометрической структуры композита диктует и выбор способа его изготовления. На рисунке показан обычный способ изготовления слоистых и намотанных композитов с полимерной матрицей. Волокна сматывают с бобин, подвергают поверхностной обработке, улучшающей адгезию, протягивают через ванну с полимерной смолой. В результате смола скрепляет волокна в плоский жгут - ленту. Готовые ленты собирают в слоистый листовый материал (аналог фанеры) или наматывают на форму. Собранный в листы материал отверждают термообработкой. Слои можно накладывать поочередно с разным направлением волокон и формировать в композите клетчатую структуру арматуры, что придает материалу жесткость. Недостатком такого композита является отсутствие поперечного армирования в каждом отдельном слое и между слоями, поэтому материал может расслаиваться. К тому же появившаяся трещина в объемном образце из такого композита легко находит путь распространения между слоями. Для устранения этого недостатка изготавливают тканые композиционные материалы.



Изготовление слоистых намотанных композитов с полимерной матрицей: а - общая схема изготовления ПКМ; б - схема изготовления многослойного листового ПКМ; в - схема изготовления многослойного намотанного ПКМ

**В производстве слоистых ПКМ** используются твердые и жидкие связующие. Приготовление связующего включает измельчение, отсев нужной фракции, сушку, добавление необходимых ингредиентов (отвердителей, пластификаторов, катализаторов), гомогенизацию смеси или приготовление раствора, эмульсии, а для термопластов - переработку в листовой или пленочный материал.

Совмещение волокнистого наполнителя со связующим производится различными способами: нанесением раствора или расплава связующего на поверхность волокнистого наполнителя при прохождении его через жидкое связующее или с помощью вращающегося ролика, погруженного в связующее; напылением жидкого связующего: пропиткой под вакуумом или давлением армирующего наполнителя, имеющего форму изделия и заключенного в герметичную полость; напылением на поверхность ленты или ткани порошка связующего с последующей пропиткой расплавом полимера при прокатке между горячими роликами. Для улучшения проникновения связующего в межволоконное пространство применяют принудительную пропитку, например, с помощью отжимных роликов или ультразвука.

После совмещения волокнистого наполнителя с полимерным связующим полученный материал (препрег) подвергают тепловой обработке для удаления растворителей, летучих продуктов и придания препрегу липкости, необходимой для последующих технологических операций.

Таким образом, технология изделий из ПКМ включает комплекс операций, обеспечивающий получение изделий с заданными свойствами: прессование; литье под давлением (инжекция, центробежное литье); автоклавный метод литья под давлением; экструзия (выдавливание, шприцевание, шнекование); контактное формование; намотка; пневматическое формование; спекание; штампование; напыление и др.

Например, прессование применяют для получения листовых материалов и толстостенных изделий сложной формы, переменного сечения, а также заготовок простой формы, подвергающихся дальнейшей механической обработке. Метод обеспечивает получение изделий с высоким качеством поверхностей и высокой плотностью материала. Основной недостаток – локальная неоднородность содержания компонентов.

Для получения требуемой ориентации волокнистого наполнителя в деталях, имеющих форму тел вращения, широко применяют **метод намотки**, выполняемой из волокон, предварительно пропитанных связующим (препреги) и непропитанных. В последнем случае (метод мокрой намотки) пропитка связующим производится в процессе намотки. Метод намотки позволяет получать изделия с равномерным распределением наполнителя по объему. Содержание волокнистого наполнителя в ПКМ, получаемых намоткой, достигает 60-85%, что обеспечивает высокую прочность материала.

Многие изделия из волокнистых ПКМ могут быть изготовлены несколькими методами. Выбор метода изготовления и параметров технологического режима определяется природой полимерного связующего и армирующих волокон, текстильной формой армировки, геометрией изделия, условиями его эксплуатации и вытекающими из них техническими требованиями к материалу.

Для выпуска небольших партий изделий можно использовать малопроизводительные методы формования с применением дешевой оснастки, тогда как крупносерийное производство экономически оправдывает значительные расходы на изготовление оснастки с использованием наиболее производительных методов.

## **ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

Возможность существенного улучшения массовых характеристик изделий при замене легированных сталей, цветных металлов и их сплавов на ПКМ привела к довольно широкому их применению в качестве материалов конструкционного, теплоизоляционного, теплозащитного, антифрикционного, коррозионно-стойкого назначений.

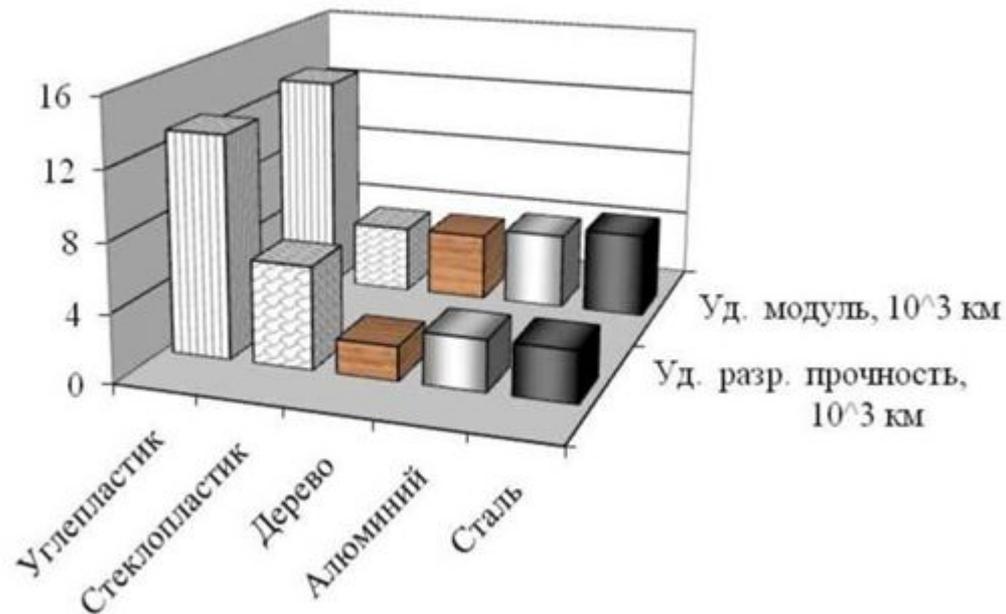
Современная авиация, ракетно-космическая техника, судостроение, машиностроение немыслимы без полимерных композитов. Чем больше развиваются эти отрасли техники, тем шире в них используют композиты, тем выше становится качество этих материалов. Многие из них легче и прочнее лучших алюминиевых и титановых сплавов, их применение позволяет снизить вес изделия (самолета, ракеты, космического корабля) и, соответственно, сократить расход топлива. В настоящее время в скоростной авиации используют от 7 до 25% по весу полимерных композитов, что снижает вес изделия на 5-30%.

Важно и то, что при изготовлении деталей из полимерных композитов в отходы идет не более 10-30% материала, в то время как у аналогичных деталей из высокопрочных сплавов алюминия и титана, применяемых в авиации, отходы могут в 4-12 раз превышать массу изделия. Кроме того, при изготовлении деталей из ПКМ требуются меньшие трудовые и энергетические затраты, уменьшается количество производственных циклов.

ПКМ с углеродными волокнами (*углепластики*) широко применяют в авиации, ракетостроении, для усиления металла в комбинированных конструкциях цилиндрических ёмкостей, работающих под давлением, деталей, находящихся в поле действия центробежных сил или подвергающихся вибрациям и др. Так, усиление оболочки корпуса компрессора газотурбинного двигателя Д-36, выполненного из алюминиевого сплава намоткой углепластика, позволило уменьшить уровень вибронапряжений на 15%, увеличить ресурс работы в 2 раза, снизив при этом массу на 15%.

Применение высокомодульных углепластиков в производстве лопастей несущих винтов, обшивок и других деталей вертолетов обеспечивает снижение массы и повышение долговечности изделия.

Стойкость углепластиков к тепловому удару делает эффективным использование их для тепловой защиты. Кроме того, углеродные волокна и углепластики имеют очень низкий, практически нулевой коэффициент линейного расширения, что делает их незаменимыми в некоторых специальных областях применения, например, в космических телескопах или других аналогичных элементах космической техники.



Сравнение свойств углепластиков со стандартными конструкционными материалами

Применение *боропластиков* эффективно в элементах конструкций, определяющим критерием работоспособности которых являются высокие удельные значения прочности и жёсткости при действии сжимающих нагрузок. Боропластики обладают рекордной прочностью при сжатии и применяются в военной аэрокосмической технике для изготовления деталей, работающих в сложном напряженном состоянии, из них делают небольшие глубоководные аппараты. Стоимость конструкций из бороволоконитов, несмотря на большую стоимость исходного сырья (волокон бора), оказывается меньше стоимости металлических конструкций.

Низкая плотность, высокие прочность, жесткость, влагостойкость, химическая стойкость, диэлектрические и теплофизические свойства *органопластиков* определили их применение в качестве конструкционных материалов в изделиях электроизоляционного, коррозионностойкого и фрикционного назначения. Органопластики (армированные пластики на основе органических полимерных волокон) применяют в авиационной технике и ракетостроении для изготовления деталей, работающих под растягивающей нагрузкой, например, сосудов внутреннего давления, высокоскоростных маховиков. Органопластики применяют для внутренней и внешней отделки самолетов вместо стеклопластиков.

Высокая эффективность применения органопластиков в качестве тепловой защиты определяется сочетанием в них сравнительно низкой теплопроводности и повышенной теплоемкости. Органопластики широко используются в качестве теплоизоляции контейнеров для хранения и транспортирования сжиженных природных газов, автомобилей-рефрижераторов .

## ДЕНДРИМЕРЫ - НОВЫЙ ВИД ПОЛИМЕРОВ

Полимерами нового поколения называют дендримеры, синтезированные в последнее десятилетие XX в. В отличие от обычных цепных полимеров, у которых длина цепи или линейного отрезка цепи существенно превосходит диаметр, дендримеры имеют принципиально иное строение, которое напоминает строение кораллов или дерева. Такие полимеры называют каскадными и их получают менее «затратным» одностадийным методом.

Синтезированные к настоящему времени дендримеры и дендрито-подобные полимеры являются вязкими жидкостями или твердыми аморфными веществами, хорошо растворимыми в большинстве известных органических растворителей. В отличие от цепных полимеров для них не характерно кристаллическое состояние, однако возможно жидкокристаллическое упорядочение. До настоящего времени физико-механические свойства дендримеров недостаточно изучены. Наличие каналов и пор в макромолекулах дендримеров позволяет использовать их для капсулирования «гостевых молекул», в том числе физиологически активных. Такие композиты, построенные по типу «гость-хозяин», перспективны для применения в биологии, медицине, фармакологии, косметике. Высокая степень функциональности создает поистине неограниченные возможности для широкого применения макромолекул дендримеров в различных областях.