

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ПКМ)

Павлова Я.Н.

Научный руководитель Ковалевская О.В.

Сибирский федеральный университет

Введение

Материалы, которые использовал человек в своей деятельности, всегда играли важную роль в прогрессе цивилизации. Они даже дали названия целым этапам развития человечества: каменный век, бронзовый век, железный век... Сейчас круг материалов, созданных и используемых в быту и технике, особенно военной, чрезвычайно широк, однако современную эпоху нельзя представить без полимеров.

Я остановлюсь лишь на одном типе полимерных материалов: полимерных композитах или армированных пластиках, которые состоят из высокопрочных волокон различной природы (стеклянных, углеродных, полимерных и других) и полимерного связующего — матрицы, склеивающей волокна в прочнейший монолитный материал.

История полимерных композитов чрезвычайно стара. Однако настоящий бум в современном материаловедении возник в конце первой половины XX века, когда появились хорошие прочные и легкиестеклопластики и из них начали делать планеры, а затем и многое другое. Современную авиацию, ракетно-космическую технику, судостроение, машиностроение вряд ли можно сейчас представить 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 аппарата) 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%.

Многообразие армирующих волокон и полимерных связующих, а также схем армирования позволяет направленно регулировать прочность, жесткость, уровень рабочих температур и другие свойства ПКМ. Эффективными средствами регулирования являются сочетание в одном материале волокон с различными упруго-прочностными свойствами (например, борных и стеклянных, углеродных и органических), введение нитевидных кристаллов и дискретных волокон в полимерную матрицу. Это определяет одно из важнейших достоинств ПКМ - возможность создавать элементы конструкций с заранее заданными свойствами, наиболее полно отвечающими характеру и условиям их работы.

Из ПКМ изготавливают однослойные изделия или их используют в качестве одного из слоев в многослойных конструкциях. Комбинированные конструкции обеспечивают снижение массы до 50% по сравнению с массой металлической конструкции равной прочности, повышение жесткости, демпфирующей способности и увеличение срока службы. Более четверти полимерных композиций используются в строительной отрасли, широкое применение ПКМ находят в производстве бытовой техники, спортивного инвентаря, товаров народного потребления и др.

Компоненты армированного пластика - это наполнитель (волокна, частицы) и полимерная матрица. В качестве матрицы используются практически любые полимерные материалы, в качестве наполнителей — абсолютно различные по природе и размерам материалы. В основном наполнители вводят в полимеры с целью повышения физико-механических и эксплуатационных характеристик, без значительного увеличения стоимости.

Армирующие волокна для ПКМ

Армирующие волокна несут основную механическую нагрузку и именно они определяют прочность и жесткость (модуль упругости) материала.

Стеклопластики - наиболее дешевые композиты, однако их главные недостатки - сравнительно большая плотность и низкий модуль упругости.

Для преодоления этих недостатков применяют углеродные волокна. В качестве сырья для получения углеродных волокон используют полимерные полиакрилонитрильные или вискозные волокна. Специальная многостадийная термическая обработка полимерных волокон при высоких температурах (2000°C и выше) приводит к карбонизации и графитизации волокон, в результате чего конечное волокно состоит только из углерода и имеет различную структуру и свойства в зависимости от режима термообработки и структуры исходного сырья. Углеродные волокна непрерывно совершенствуются, повышаются их прочность и жесткость, увеличивается ассортимент. Один из перспективных путей снижения их цены - использование нефтяных и других пеков (тяжелых полиароматических соединений) в качестве исходного сырья. Кроме того, волокна из пеков обладают повышенным модулем упругости, углеродные волокна и композиты на их основе имеют глубокий черный цвет и хорошо проводят электричество, что определяет и ограничивает области их применения.

На основе углеродных волокон делают различные углепластики, в том числе, и самый теплостойкий композит - углерод-углеродный, в котором матрицей, склеивающей углеродные волокна, служит практически чистый углерод.

Борные волокна получают методом химического осаждения из газовой фазы по реакции $BCl_3 + H_2 \rightarrow B + HCl$. Осаждение ведется на тонкую (диаметром несколько микрон) вольфрамовую проволоку. Технология получения борного волокна очень сложная, поэтому они имеют высокую стоимость.

Говоря об армирующих волокнах, следует остановиться на высокопрочных высокомодульных полимерных волокнах. Для них характерны низкая плотность, высокая удельная прочность при растяжении и достаточная прочность при сжатии и изгибе, высокое сопротивление динамическим нагрузкам. Полимеры, из которых получают такие волокна, делятся на жесткоцепные [полипарафенилентерефталамид (кевлар) и полибензоатиазол] и гибкоцепные (полиэтилен и поливиниловый спирт). Полиэтиленовые волокна могут иметь очень высокие прочность и модуль упругости при самой низкой плотности. Однако они имеют и недостатки - низкие рабочие температуры (до 100°C) и плохая адгезия к большинству полимерных матриц. Среди композитов этого типа можно также назвать органопластики (армированные пластики на основе органических полимерных волокон). В качестве армирующего наполнителя органопластиков применяют органические природные и синтетические волокна, нити, жгуты, ткани, трикотаж, холсты и др.

Физико-механические и эксплуатационные свойства ПКМ, в частности прочностные, в основном определяются свойствами наполнителя, тем более, что его массовое содержание в зависимости от плотности упаковки частиц наполнителя может составлять для волокон одного диаметра от 0,52 (хаотически ориентированная упаковка) до 0,907 (гексагональная упаковка). [41-43] Наполнитель в одном из измерений, как правило, имеет небольшой размер, обычно менее 500 мкм, а иногда и меньше микрона, иногда в качестве наполнителя используют наноразмерные частицы. [42] На свойства ПКМ оказывает влияние также форма частиц наполнителя, они могут быть сферическими, кубическими, плоскими и т.д. Для армирования композитов

используются тысячи материалов в различном структурном состоянии. Химический состав, структурное состояние и геометрические параметры армирующих элементов определяются требованиями, предъявляемыми к материалу. Выбор типа и количества наполнителя является проблемой при создании новых композиций на полимерной основе вследствие того, что поведение различных наполнителей не всегда может быть точно предсказано.

Матрицы для полимерных композиционных (ПКМ)

Разработка полимерных матриц для ПКМ — серьезная и важная проблема, поскольку многие свойства ПКМ определяются матрицей. В первую очередь именно матрица связывает волокна друг с другом, создавая монолитный конструкционный материал. Насколько реализуются высокие механические свойства волокон, зависит от таких свойств матрицы, как прочность, жесткость, пластичность, вязкость разрушения, ударная вязкость. Температурное поведение, ударная прочность, водо- и атмосферостойкость, химическая стойкость, трансверсальные (поперек волокон) механические свойства ПКМ решающим образом определяются полимерной матрицей и свойствами границы раздела фаз. Кроме того, при разработке связующих необходимо учитывать и их технологические свойства (время, кинетика отверждения, вязкость и давление переработки, смачиваемость армирующего материала, усадка и прочие), часто именно эти свойства могут оказаться решающими. Имеет значение и экологическое совершенство процессов получения и переработки препрегов (полуфабрикатов в виде пропитанных связующим ленты тканей) и изделий из ПКМ: наличие и токсичность применяемых растворителей и других компонент.

Создание оптимальных для конкретных применений полимерных матриц ограничено не столько возможностями синтетической полимерной химии, сколько необходимостью строго количественно формулировать широкий комплекс весьма противоречивых требований к связующему. Например, достичь максимальной прочности композитов и определить соответствующие требования к механическим характеристикам матрицы сложно из-за разнообразия механизмов разрушения ПКМ и связано с необходимостью адекватно описывать процесс разрушения и испытывать образцы в условиях, отражающих реальную работу материала в изделии.

Полимерные связующие делятся на два основных класса: термореактивные и термопластичные. Первые обычно представляют собой сравнительно низковязкие жидкости (при температуре переработки), которые после пропитки армирующего материала (волокон, нитей, лент, тканей) за счет химических реакций превращаются в неплавкую твердую полимерную матрицу. Этот химический процесс называется отверждением. Вторая группа — линейные полимеры, которые могут при повышении температуры многократно переходить в жидкое расплавленное состояние.

Заключение

Таким образом, создание, изучение и использование полимерных композиционных материалов — чрезвычайно перспективная и бурно развивающаяся область современного материаловедения.

Современная наука о полимерах позволяет конструировать на их основе материалы с заданными свойствами, отличающимися на несколько порядков. Достигается это путем создания композиционных материалов с использованием различных ингредиентов.

Высокие прочностные свойства, долговечность, технологичность и широкий ассортимент позволяют выбрать материал практически для любых областей, удовлетворяющий современным техническим требованиям.

Современные достижения материаловедения, информационных технологий, наличие объемных баз данных позволяют автоматизировать проектирование полимерных композитов.

Дальнейшим развитием композитов является создание «интеллектуальных» полимерных композитов, т.е. материалов, адекватно реагирующих на воздействия извне. Такие материалы способны не только противостоять внешним воздействиям, но и исправлять возникшие повреждения.