

УДК 620.20

ПРИРОДНЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Ал. Ал. Берлин

*(Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН)**Копируя природу, человек ее улучшает...*

Сделана попытка показать, что человек взял у природы, а что придумал сам; где он обогнал природу и стал делать лучше и где еще имеются ресурсы для поиска. Проведено сравнение различных конструкционных материалов. Показаны преимущества разработанных человеком способов получения и переработки различных материалов, особенно полимерных. Отмечено отставание в создании градиентных материалов.

Материалы, используемые человеком в его деятельности, всегда играли важную, а часто и определяющую роль в развитии цивилизации. Они дали названия целым эпохам развития человечества: каменный век, бронзовый век, железный век... Конечно, сейчас чрезвычайно много искусственных материалов, используемых в быту и технике, особенно военной. Однако с небольшой долей пристрастности современную эпоху можно назвать веком полимеров.

Сравнение различных конструкционных материалов

Под конструкционными понимаются такие материалы, основная задача которых заключается в способности нести механические нагрузки. Следовательно, одно из основных требований, предъявляемых к ним, – наличие высокой прочности. Говоря о прочности изделия, обычно имеют в виду два обстоятельства. Во-первых, изделие должно выдерживать высокие статические нагрузки, а во-вторых, оно не должно быть хрупким, т.е. легко разрушаться при ударе, или, другими словами, должно обладать стойкостью к распространению трещин. Первое свойство количественно характеризуется величиной статической прочности (в дальнейшем просто прочностью), второе – вязкостью разрушения.

Можно выделить четыре основных типа конструкционных материалов, созданных природой и человеком: металлы, неорганические материалы (минералы, керамика, стекло и пр.), органические полимеры и композиты. С точки зрения возможного

применения каждому из них присущи свои достоинства и недостатки.

У металлов обычно наблюдается прекрасное сочетание прочности и вязкости разрушения – они могут выдерживать большие нагрузки, не являясь при этом хрупкими материалами (отметим, что чем прочнее металл, тем он более хрупок). Однако металлы имеют высокий удельный вес (для стали $\sim 7,8$ г/см³), и поэтому изделия из них получаются тяжелыми. Кроме того, получение и переработка металлов требуют больших энергетических и трудовых затрат, особенно это касается высокопрочных металлов и сплавов.

Для керамики, неорганического стекла и стеклокристаллических материалов характерны, с одной стороны, высокие значения прочности (бездефектных образцов), жесткости (сопротивление изменению формы, высокий модуль упругости) и термостойкости, а также сравнительно низкий удельный вес (2–4 г/см³). С другой стороны, эти материалы очень хрупки, а наличие в них различных поверхностных и внутренних дефектов (царапин, трещин, раковин, включений и пр.) значительно снижает их реальную прочность. Кроме того, производство изделий из этих материалов – процесс длительный, протекающий при высоких температурах, а иногда и при высоких давлениях и механических нагрузках.

Главными достоинствами органических полимеров являются низкий удельный вес (1–1,5 г/см³) и высокая технологичность. Кроме того, у многих полимеров наблюдается неплохое сочетание прочности и вязкости разрушения. Они не обладают окислитель-

*Берлин А.А., академик РАН, директор Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН. Автор около 600 научных публикаций, в том числе семи монографий. Лауреат премии Правительства РФ по науке и технике (2004 г.), государственной премии республики Татарстан по науке и технике (2001 г.), премии им. В.А. Каргина (1999 г.).

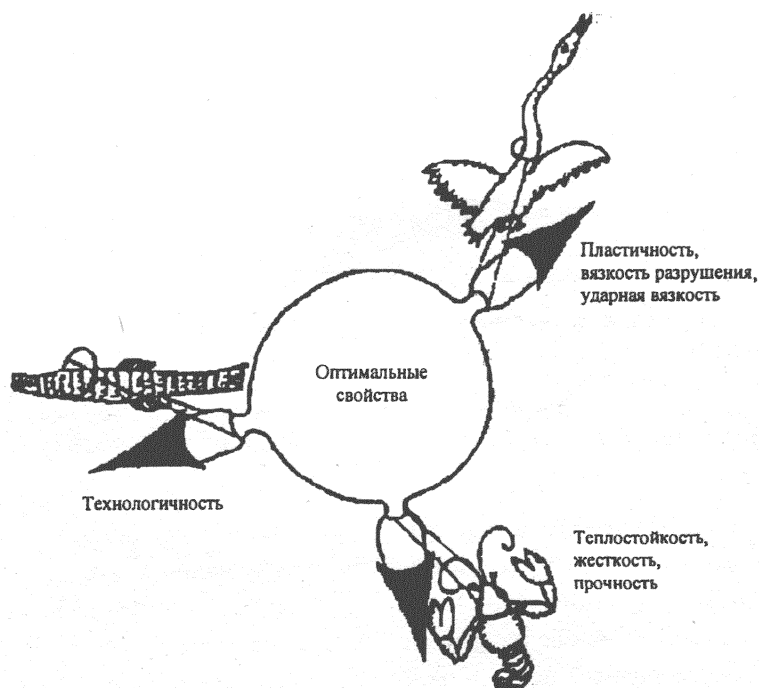


Рис. 1. Поиск компромисса "по Крылову"

ной и радиационной стойкостью, имеют низкую термостойкость и высокую горючесть.

Композиты на основе различного типа волокон и матриц (связующих) обладают уникальным сочетанием высокой прочности и вязкости разрушения, но их создание требует непростых технических решений и значительных затрат времени при переработке в изделия.

Конечно, приведенные выше представления достаточно условны, но позволяют понять, что при разработке новых конструкционных материалов всегда приходится искать компромисс между тремя группами свойств, как это показано на рис. 1.

Переработка

Получение материалов и их переработка в изделия – это, пожалуй, то поле деятельности, где человек намного опередил природу по эффективности и скорости проводимых процессов.

Природа никогда никуда не спешила! Все делала медленно и сразу, грубо говоря, в одну стадию, получая изделие без предварительного создания полуфабриката – материала. Вторичная переработка в природе протекает также медленно – в результате полного разложения изделия биологическим путем.

У человека, который многое должен успеть за свою короткую жизнь, гораздо меньше времени. Сна-

чала он просто брал готовые, сделанные природой материалы (ломал сучья у деревьев, делая, например, копье или лук, обрабатывал камни и дерево), затем научился работать с металлами (выплавлять, лить заготовки и обрабатывать их, ковать, обтачивать). Параллельно человек научился работать с глиной, создавать и обжигать керамические изделия.

С появлением полимеров возникли новые, чрезвычайно эффективные, требующие малых энергетических затрат способы переработки (литье, экструзия, химическое формование и пр.), что способствовало широкому распространению полимерных материалов, обладающих хорошими физико-механическими свойствами, в различных областях. В настоящее время весовые объемы производства полимеров почти достигли весовых объемов производства металлов, несмотря на большую разницу в их удельном весе.

Температура переработки материала (плавка, литье, экструзия и пр.) определяется его теплостойкостью – температурой плавления $T_{пл}$ для кристаллических веществ и температурой стеклования $T_{ст}$ (размягчения) для аморфных тел. Для большинства веществ эти две величины связаны соотношением $T_{ст} = (0,5-0,7)T_{пл}$.

Для плавления трехмерных и двумерных полимеров, представляющих собой единые макромолекулы,

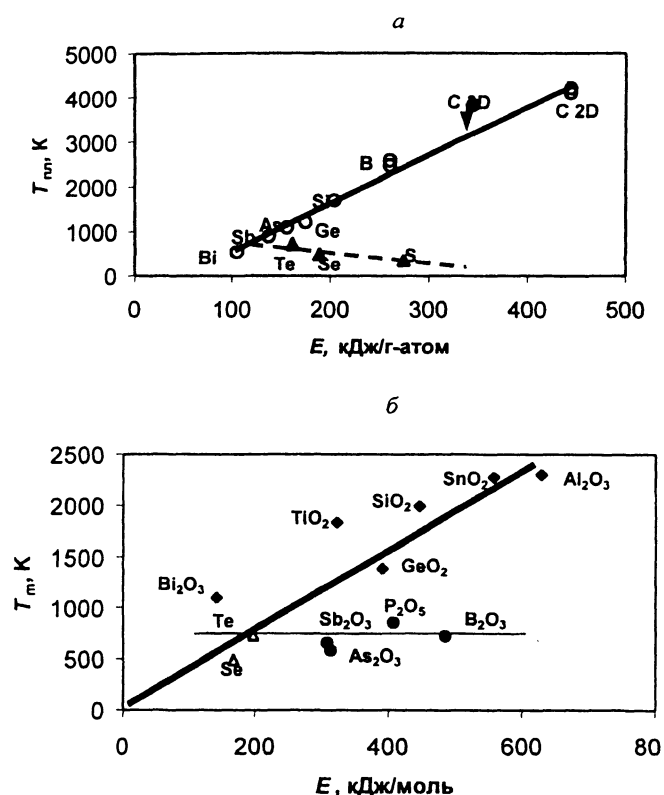


Рис. 2. Зависимость температуры плавления одноэлементных веществ (а) и полиоксидов (б) от энергии химической связи

необходим разрыв химической связи, и поэтому температура плавления пропорциональна энергии связи (рис. 2). Самыми простыми примерами трехмерных полимеров являются алмаз или кварц (SiO₂), двумерных – слоистые структуры графита, дисульфида молибдена и пр.

Плавление линейных полимеров связано только с разрушением и перестройкой существенно менее энергоемких межмолекулярных физических взаимодействий. Как видно из рис. 2 (см. сера, селен, теллур), этот процесс происходит при значительно меньших значениях температуры и практически не зависит от энергии химической связи.

Температура плавления линейных полимеров определяется энергией межмолекулярных взаимодействий и жесткостью макромолекулярной цепи. Меняя эти показатели, можно достичь желаемой теплостойкости полимера, которая ограничивается лишь прочностью химических связей.

Термостойкость (температура начала разложения полимера до низкомолекулярных продуктов) определяется, во-первых, энергией связи, а во-вторых, склонностью к окислению (материалы обычно работают на воздухе и их разложение может начинаться в результате взаимодействия с кислородом воздуха).

Неорганические оксиды, с этой точки зрения, являются более предпочтительными, поскольку они не окисляются, не горят и имеют более высокие значения энергии связи, чем одноэлементные вещества и большинство органических полимеров. Например, значения энергии связей для C–C и C–H составляют ~80 и 81 ккал/моль, а для B–O, Al–O и C–F – ~120, 150, и 120 ккал/моль соответственно. Следует отметить, что большая энергия связи C–F по сравнению с C–H во многом определяет преимущества полностью фторированных полимеров (тефлон и др.) перед обычными водородсодержащими полимерами.

К недостаткам органических полимеров следует отнести то, что образующиеся при их окислении и разложении окись и двуокись углерода – газы, в то время как окислы большинства других элементов являются при нормальных условиях твердыми телами (исключение составляют лишь сера и азот).

Недавно в Институте химической физики РАН был проведен цикл исследований по изучению фосфатных стекол (рис. 3). В зависимости от природы и концентрации оксидов металлов в таком стекле можно в очень широких пределах варьировать температуру стеклования (размягчения) и, следовательно, температуру переработки материала. В частности, были получены сравнительно стойкие в гидrolитическом отношении и термостойкие (разложение материала начинается при температурах выше 600°C) материалы с температурой стеклования от 125 до 1000°C и выше. Изделия из таких материалов могут быть получены стандартными методами переработки органических полимеров (литье, экструзия и т.д.), либо самих неорганических полимеров, либо в смеси с орга-

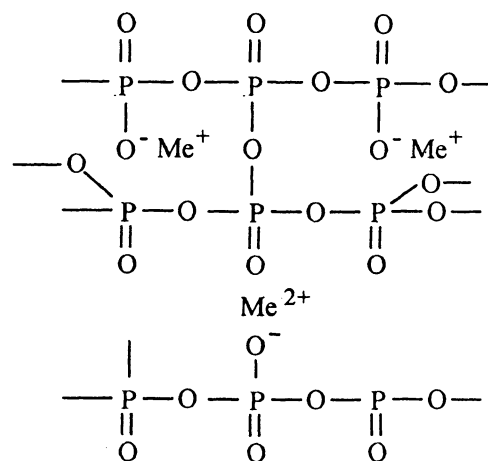


Рис. 3. Структура фосфатных стекол, Me⁺ – K, Li, Na; Me²⁺ – Mg, Ba, Ca, Zn

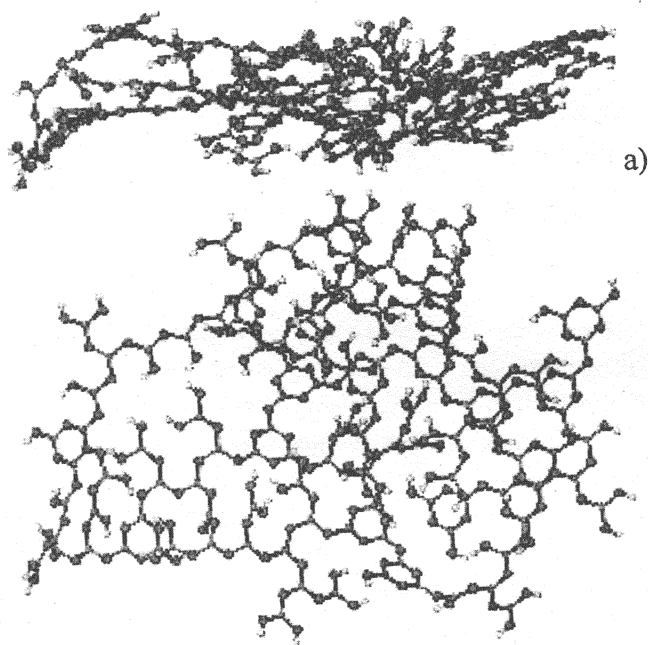


Рис. 4. Вид макромолекулы оксида бора сверху (а) и сбоку (б)

ническими полимерами, что позволяет изменять свойства последних, делая их, например, менее горючими. Можно также повысить жесткость такой смеси по сравнению с исходным органическим полимером, а износ при трении снизить. Водостойкость полифосфатов зависит также от природы и соотношения различных ионов металлов в них. В случае каждого конкретного применения следует искать компромиссное решение. Например, при создании упаковочных материалов полезным с экологической точки зрения свойством может оказаться способность постепенно разлагаться во влажной среде.

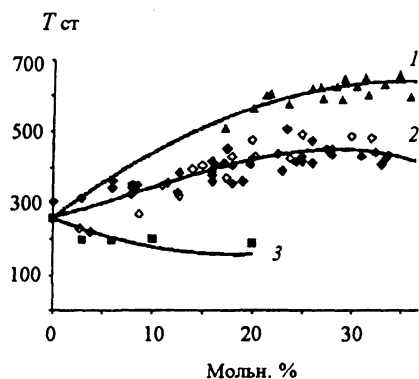


Рис. 5. Зависимость температуры стеклования оксида бора от концентрации модификатора: 1 – оксиды двухвалентных металлов (CaO, SrO, BaO); 2 – оксиды одновалентных металлов (Li₂O, Na₂O, K₂O, Rb₂O); 3 – капролактамы

Оксид бора был использован как основа для создания другого типа неорганогорганических материалов, содержащих более 70% неорганического полиоксида с целью сохранения преимуществ материалов неорганического происхождения и придания им пластичности. Компьютерная модель макромолекулы оксида бора, содержащего обычное количество водорода (гидроксильных групп), приведена на рис. 4.

Оксид бора имеет сравнительно низкую для неорганических полимеров температуру стеклования, которая может быть как уменьшена, так и увеличена в результате его модификации различными органическими и неорганическими соединениями, в том числе полимерами (рис. 5).

Прочность и хрупкость

Остановимся теперь на сочетании прочности и пластичности (вязкости разрушения). Для органических полимеров характерно сочетание высокой прочности с высокой ударной прочностью и трещиностойкостью. Это свойственно и металлам, хотя природа высокой пластичности в металлах и твердых линейных полимерах различна. Для металлов пластичность, т.е. способность изменять форму тела, определяется свободой движений дислокаций в кристалле, что в свою очередь связано с природой металлической связи – ее ненаправленностью).

В линейных полимерах при деформации существует возможность ориентационного упрочнения материала при больших деформациях в устье трещины за счет разворачивания макромолекулярных клубков так же, как это происходит при образовании прочных волокон из полимеров. Благодаря такому специфическому механизму в полимерах вместо обычных трещин образуются так называемые крейзы или трещины серебра, берега которых соединены волокнами полимера (тяжами) (рис. 6). Благодаря наличию тяжей такая трещина способна нести нагрузку такую же, как и исходный сплошной материал. Кроме того, образование крейзов приводит к поглощению механической энергии и превращению ее в тепло, а также позволяет полимеру растягиваться в одном направлении без сжатия в других, не теряя несущей способности (прочности). Это облегчает его работу в сложно-напряженном состоянии в качестве матрицы в композитах и пр. Возможности ориентации и деформационного упрочнения, а также крейзообразования снижаются по мере сшивания линейного полимера (по мере увеличения густоты сетки) и теряются полностью для трехмерных полимеров типа минералов, керамик и неорганических стекол, хотя в

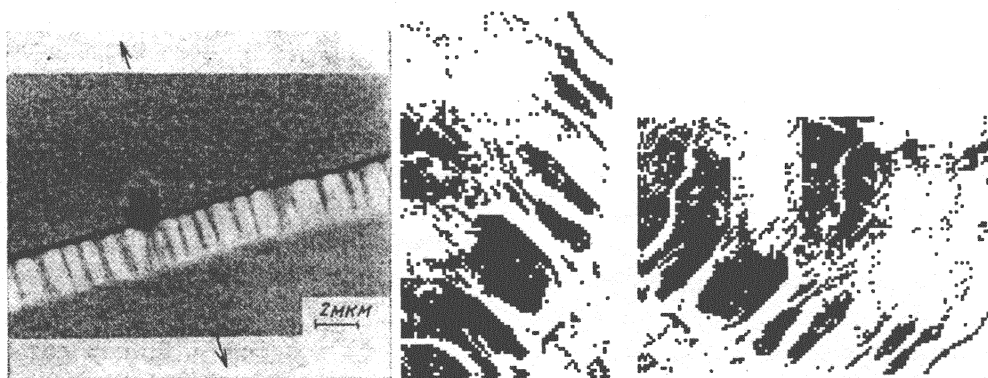


Рис. 6. Фотография структуры «крейзов» (трещин серебра)

последнем случае можно надеяться на получение структуры, близкой к линейной или слабо разветвленной. Однако чем выше молекулярный вес линейного полимера, тем эффективнее протекает процесс крейзообразования, тем выше вязкость разрушения и меньше хрупкость материала.

Эти свойства твердых линейных полимеров определяют достоинства композитов на их основе: повышенную ударную прочность, стойкость к распространению трещин как при статических, так и при циклических усталостных и динамических нагрузках, повышенные постударные характеристики и т.д.

В случае неорганических полимеров нужно также стремиться к синтезу высокомолекулярных соединений преимущественно линейного строения. Необходимо отметить, что среди неорганических полимеров особый интерес представляют полиоксиды, обладающие высокой энергией химических связей, негорючестью, стойкостью в окислительных средах, высокой термической и радиационной устойчивостью, механической прочностью (изделия из этих полимеров можно использовать в экстремальных условиях). Сырьевая доступность, отсутствие летучих продуктов разложения при нагревании и возможность переработки при сравнительно низких температурах, характерных для переработки обычных органических полимеров, делают данный класс неорганических полимеров чрезвычайно перспективным.

Одной из наиболее важных задач, стоящих при синтезе неорганических полиоксидов, остается проблема придания им пластичности. Решение этой проблемы может открыть путь к созданию пластичной керамики многоэлементных полиоксидов. Неорганические полиоксиды могут стать альтернативой органическим полимерам, для которых, в основном, до-

стигнуты предельные эксплуатационные характеристики и которые в принципе не могут обладать такими свойствами, как неорганические полимеры. Как было показано на примере оксидов фосфора и бора, модификация оксидов окислами различных металлов, а также органическими и неорганическими соединениями, позволяет в широком диапазоне регулировать температуру их переработки.

Перспективы получения неорганических полимеров повышенной пластичности можно сформулировать следующим образом: 1) получение линейных неорганических полимеров; 2) пластификация низкомолекулярными неорганическими соединениями; 3) модификация низкомолекулярными органическими соединениями; 4) получение смесей с неорганическими каучуками; 5) получение смесей с органическими полимерами; 6) получение различных композитов, нанокompозитов с волокнистыми и пластичными наполнителями.

Следует обратить внимание на модификацию неорганических полимеров линейными органическими полимерами, поскольку таким образом (хотя и значительно сложнее) устроены кости, зубы, ракушки и другие природные композиты.

Как оказалось, даже при сравнительно низкой пластичности модифицированные полиоксиды могут быть использованы в качестве негорючих связующих для композиционных материалов, например углепластиков, заменяя собой обычные органические связующие (эпоксидные, полиэфирные и т.д.). С точки зрения получения высококачественных композитов важно, что полиоксиды обладают прекрасной адгезией к наполнителям, превышающей даже адгезию эпоксидных связующих.

Композиционные материалы

В большинстве гомогенных материалов, таких как металлы, керамика, стекло, полимеры, наблюдается антагонизм между теплостойкостью и прочностью, с одной стороны, и пластичностью, с другой. Например, чем более прочный металл мы создаем, тем более хрупким он становится, в нем легко распространяются трещины.

Природа нашла хороший способ частично решить это противоречие путем создания композиционных материалов, представляющих собой комбинации двух или нескольких веществ, например волокон, соединенных (склеенных) друг с другом в прочную монолитную структуру – стебли деревьев и растений, мышцы и т.д. Такой материал, например искусственный стеклопластик, представляющий собой стеклянные волокна с полиэфирным или эпоксидным связующим, может быть создан из двух очень хрупких материалов, но при их комбинации становится совсем небьющимся, нехрупким, поскольку трещина останавливается на границе раздела фаз или поворачивает в опасном направлении.

Следует отметить, что в живой природе встречаются в основном композиционные материалы, а гомогенных практически нет. История возникновения искусственных композиционных материалов восходит к истокам цивилизации, когда человек начал сознательно конструировать новые материалы. Первые упоминания об армированных строительных материалах можно найти в Библии. В Египте и Месопотамии строили речные суда из тростника, пропитанного битумом (прототип современных стеклопластиковых лодок и тральщиков). Изготовление мумий в Египте можно считать первым примером использования метода ленточной намотки (мумии обматывались лентой из ткани, пропитанной смолой). Все это происходило за тысячелетия до новой эры. Однако настоящий расцвет материаловедения начался в конце первой половины XX в., когда появились хорошие прочные и легкие стеклянные волокна и стеклопластики (из них стали делать планеры, а затем и многое другое).

Впоследствии были созданы углеродные, борные, карбидокремниевые, органические полимерные и др. волокна, а также разнообразные органические полимерные связующие, и на их основе разработаны различные композиты. Многие современные отрасли техники (авиация, ракетно-космическая техника, судостроение, машиностроение) немислимы без полимерных композитов (армированных пластиков). Раз-

витие этих отраслей стимулирует создание новых высококачественных композитов. Многие из них легче и прочнее лучших металлических (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 7–25% (по весу) полимерных композитов, что позволяет снизить 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, масса отходов может в 4–12 раз превышать массу изделия. Опыт применения полимерных композитов показал, что максимальный выигрыш от их применения можно получить лишь при творческом подходе к проектированию изделий с учетом особенностей свойств армированных пластиков и технологии их изготовления.

В качестве простого примера может быть приведен следующий факт. Металл – изотропный материал (свойства его одинаковы во всех направлениях), а армированный пластик – анизотропный (прочность его вдоль волокон намного больше чем поперек). При внутреннем давлении в простой цилиндрической трубе напряжения вдоль и поперек трубы отличаются приблизительно в два раза, следовательно, выгоднее разместить больше волокон по радиусу (там больше напряжение), чем вдоль трубы. В этом случае целесообразно использовать армированный пластик. Такая конструкция называется равнопрочной и позволяет экономить материал. Кроме того, изготовление деталей из полимерных композитов требует меньших трудовых и энергетических затрат, уменьшается количество производственных циклов (вместо большого количества мелких деталей и последующего их соединения болтами или сваркой можно сделать сразу одну большую деталь) и т.д.

Таким образом, некоторые материалы, созданные человеком, превзошли природные по многим показателям (абсолютные значения прочности, производительность методов получения и переработки в изделия). Причем наилучшие результаты, в особенности по удельной прочности (абсолютная прочность, деленная на удельный вес), получены для полностью полимерного (органического) композиционного материала – полимерные волокна, склеенные полимерным связующим. Для композитов в качестве связующих могут использоваться не только органические

кие полимеры, но также металлы и керамика. Это позволяет значительно повысить рабочие температуры, однако при получении материала и его переработке в изделие возникают многочисленные технологические трудности, что и обуславливает существенно меньшее распространение металло- и керамокомпозитов по сравнению с армированными пластиками.

Необходимо отметить, что высокопрочные теплоустойчивые металлические сплавы также имеют структуру композиционного материала с армирующим металлическим компонентом и металлическим связующим.

Градиентные материалы

Большинство природных материалов обладает прекрасными физико-механическими свойствами (высокая прочность, низкий удельный вес и т.п.) и входит в состав природных конструкций, обладающих уникальными эксплуатационными характеристиками (длительная стойкость к переменным нагрузкам, умение подстраиваться к изменяющимся внешним условиям и т.п.). Известно, что эти материалы являются *градиентными* в гораздо большей степени, чем любые искусственные материалы, созданные человеком. Иными словами, в любой конструкции, образованной ими, состав и свойства соответствующего материала пространственно неоднородны, что обусловлено функциональным назначением данной конструкции.

Иглы таких растений, как розы, кактусы и др., выполняют важную функцию – защищают растение от случайных или умышленных вторжений в его жизнь. Такую же задачу выполняют иглы животных и рыб. Так, иглы ежей и дикобразов отлично защищают этих животных от гораздо более крупных и сильных хищников. Исследования показали, что величина критического усилия* для игл растений (кактусы) и животных (дикобразы и ежи) недостижима для гомогенных игл из достаточно прочных конструкционных материалов.

Материал, из которого построены птичьи *перья*, по химическому составу не слишком отличается от материала игл и когтей диких животных. И в том и в другом случае их основным компонентом является белок (кератин). Для птичьего пера характерна пространственная неоднородность материалов, образующих сложные конструкции его различных участков

(стебель, опахало и т.д.). По удельной прочности материалы птичьих перьев соперничают с лучшими авиационными материалами (например, алюминий-магниевыми сплавами). По способности выдерживать огромные знакопеременные деформации они, по-видимому, не имеют себе равных. Крайне интересной является еще одна проблема, относящаяся к особенностям материалов и конструкции птичьего пера. Кончик пера выполняет роль своеобразного детектора направлений и скорости течений воздуха в пограничном слое вблизи поверхности крыла (сверхэластичный материал и конструкция этого кончика обеспечивают большой прогиб при ничтожно малых перепадах воздушного давления с разных сторон его оперенной поверхности). Поскольку выгнутый таким образом конец пера при больших углах атаки тормозит развитие обратных токов у поверхности крыла, птице присущи уникальные полетные характеристики, недоступные современным планерам и самолетам (полеты с закритическими углами атаки, посадка и взлет без дополнительного пробега и др.). Очевидно, что мы имеем огромный резерв для повышения эксплуатационных характеристик искусственно созданных летательных аппаратов.

Легкие пеноматериалы

В природе существует множество композиционных материалов с малым удельным весом, содержащих микро- или макропустоты (ячеистые материалы). Сердцевина костей, особенно у птиц, содержит крупные и мелкие пустоты, кора пробкового дерева – классический пример легкого природного пеноматериала, морская губка и стебли растений также представляют собой материалы с проникающими открытыми порами.

Человек научился получать пеноматериалы из органических полимеров, металлов, керамики и др. Легкие теплоизоляционные материалы применяются в строительстве (навесные панели и перегородки, защитная и декоративная облицовка, рамы), в холодильных и морозильных установках и рефрижераторах, в радиотехнике и электронике, для электроизоляции узлов приборов, герметизации деталей и коаксиальных кабелей. Хорошо известны различные плавучие средства (буи, бакены, понтоны, доски для виндсерфинга, водные лыжи, плоты, пояса, спасательные жилеты). Пеноматериалы широко применяют для упаковки. В производстве мебели, одежды, подкладок

* Величину критического усилия определяют путем измерения постоянно возрастающей силы нажатия на кончик иглы вплоть до ее поломки.

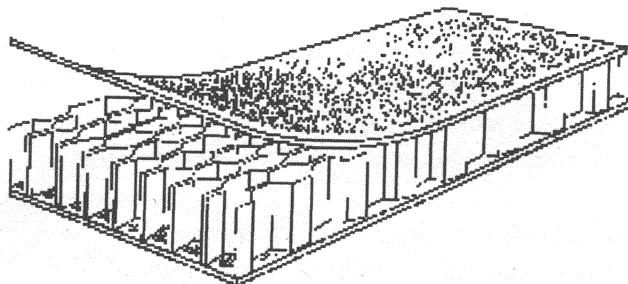


Рис. 7. Легкая и жесткая трехслойная сотовая конструкция

для ковров, искусственной кожи используются мягкие эластичные пеноматериалы. Амортизирующие, вибродемпфирующие и звукоизолирующие свойства позволяют использовать их в прокладках для касок, шлемах, различных глушителях и др. Пеноматериалы с открытыми порами применяются для изготовления фильтров. В авиации широко используют трехслойные сотовые конструкции (рис. 7), легкие и жесткие на изгиб. В основе их создания лежит идея, аналогичная той, которую природа реализовала в костях птиц.

Существует множество способов получения полимерных пен, основными из которых являются следующие.

1. Механическое вспенивание – смешивание полимерной или олигомерной композиции в жидком состоянии с газом при нормальном давлении с последующим охлаждением или химическим отверждением.

2. Насыщение жидкой композиции газом (N_2 , CO_2 , фреоны) при высоком давлении. Расплавы полимеров насыщаются газом в литьевых машинах или экструдерах, где газ под давлением до ~ 150 кг/см² подается через каналы в шнеках. Затем при впрыске в форму или выходе из экструдера давление резко сбрасывается и происходит вспенивание.

3. Введение в полимерную композицию газообразователя, который при нагревании разлагается с образованием большого количества газообразных продуктов (N_2 , CO_2 , аммиак).

В заключение хотелось бы отметить очень интересную особенность пеноматериалов. Известно, что подавляющее большинство природных и искусственных материалов при одноосном сжатии расширяются в поперечном направлении, имеют положительный коэффициент Пуассона (отношение поперечной к продольной деформации с обратным знаком). Резина,

например, при деформации сохраняет объем, и это означает, что коэффициент Пуассона для нее равен $\sim 0,5$. Известен лишь один изотропный материал, коэффициент Пуассона которого близок к нулю, – это природная пробка. Она совершенно не сжимается при растяжении, что и определяет ее ценность как пробки для бутылок. Человек смог создать пену с особой структурой, не существующей в природе, которая показывает большой отрицательный коэффициент Пуассона (около -1), т.е. расширятся в поперечном направлении при одноосном растяжении. Практического применения такому материалу пока еще не найдено.

Суммируя все вышеизложенное, можно сформулировать некоторые основные выводы.

Человек, создавая новые материалы, во многих случаях опередил природу, у которой учился. Им были получены металлы, которые живая природа нигде и никогда не использовала в качестве конструкционных материалов. Используя нефть в качестве исходного сырья, человечество создало множество органических полимеров, высокопрочных волокон из них, прочность которых превышает прочность паутины и других природных волокон. То же касается и различных неорганических материалов – керамики, стекла, бетона и пр.

Созданы композиционные материалы с рекордной прочностью и теплостойкостью (например, углерод-углеродные композиты).

Огромные преимущества имеют разработанные человеком способы получения и переработки различных материалов, особенно полимерных. Явное отставание наблюдается в создании градиентных материалов, их методов получения и переработки.

Пластичная керамика остается мечтой человечества. По-видимому, большое будущее имеют неорганические полимеры, неорганическо-органические

композиты (в природе такие композиции встречаются очень часто). Хотелось бы, чтобы они легко перерабатывались, были высокотермостойкими, химически- и водостойкими, а также имели бы хорошее сочетание различных физико-механических свойств.

Наконец, нужна полноценная замена нефти и газа для синтеза органических полимеров и композитов. Очевидно, здесь в первую очередь следует иметь в виду природные полисахариды (целлюлозу и хитин), возможно также и белки. Необходимо со-

здание новых экологически более чистых, чем существующие, методов переработки этих полимеров. Работы в этом направлении, конечно, ведутся, например, разрабатываются твердофазные методы модификации природных полимеров в отсутствие растворителей.

Еще одной важной проблемой (особенно с экологической точки зрения) является проблема вторичной переработки конструкционных материалов и использование продуктов такой переработки для получения ценных продуктов, в том числе и новых материалов.

NATURAL AND ARTIFICIAL CONSTRUCTIONAL MATERIALS

A1.A1. Berlin

Materials used by man in his activities have always been playing an important and even decisive role in the development of the civilization. It is not accidental that they gave names to the whole historical epochs: Stone, Bronze, Iron Age... Modern epoch can be called the Polymer Age. In the report attempt to show that the man has taken from the nature and that he contrived himself; where he has overtaken it and began to make better and where still there are resources for search, and also that the nature for the present makes better the man. The man is ahead of the nature in many fields relating to creation of new materials. He creates number metals and alloys resistant to various loads. We use oil as a raw material and synthesize a great number of organic polymers and high-strength fibers. Processings of various materials, especially polymeric, developed by the man have huge advantages than natural one. We created composites with record strength and heat-resistance. At the same time, there is a considerable lag in the development of gradient structures. Plastic ceramics is still a dream of the mankind. Inorganic polymers, inorganic-organic composite materials (widespread in the nature) seem to be our future. They shall be easy to process, shall have thermal, chemical and water resistance. Finally, we need a material, which could be used instead of oil and gas for synthesis of organic polymers and composites - it could be natural polysaccharides, cellulose, chitin, and proteins. It is necessary to develop new polymer processing methods that have less environmental impact. One more important problem (especially from ecological point of view) is reprocessing of constructional materials and subsequent use of such products.