

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

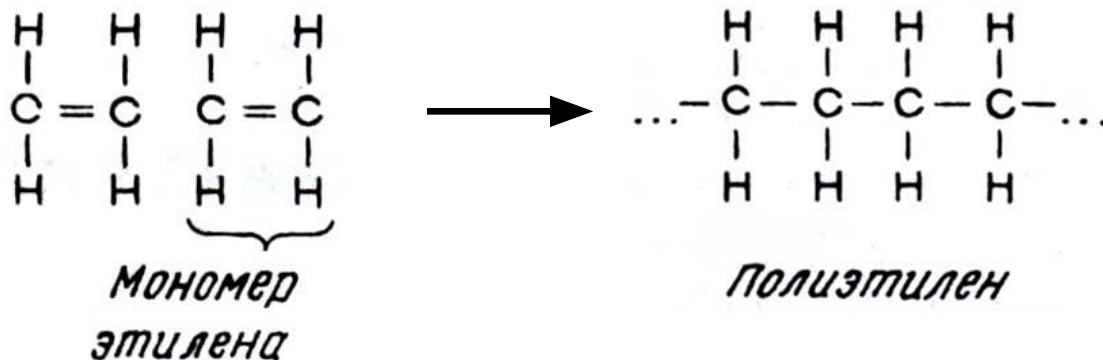
Главным отличием неметаллических материалов от металлических является атомное или молекулярное строение, имеющее ковалентные или химические связи. Подобное строение исключает наличие в объеме изделия электронного газа, что обеспечивает низкие тепло- и электропроводящие свойства. Другим не менее важным отличием является существенно меньшая их плотность.

На свойства неметаллических материалов существенное влияние оказывают их структура (аморфная или кристаллическая) и особенности физического строения. Большинство неметаллических материалов имеет аморфную структуру.

Пластмассы

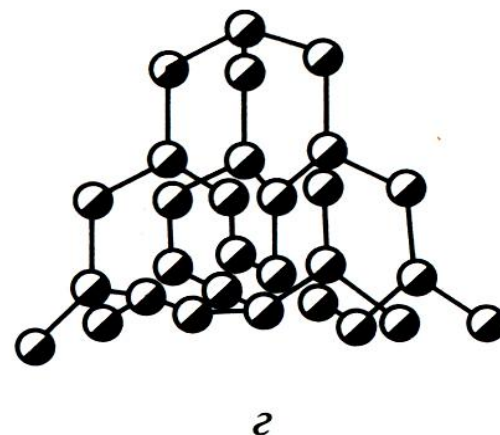
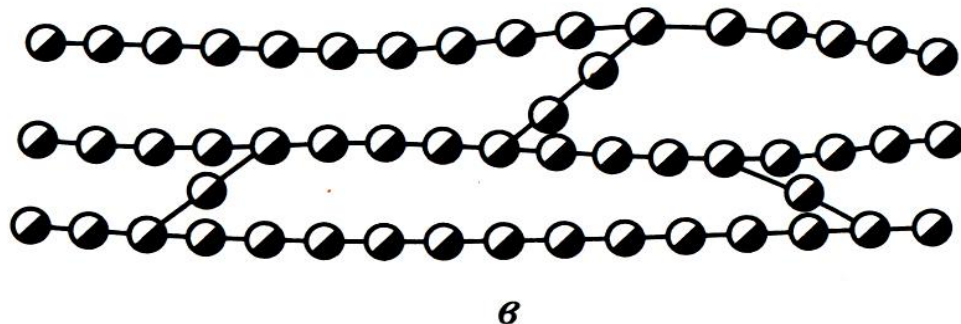
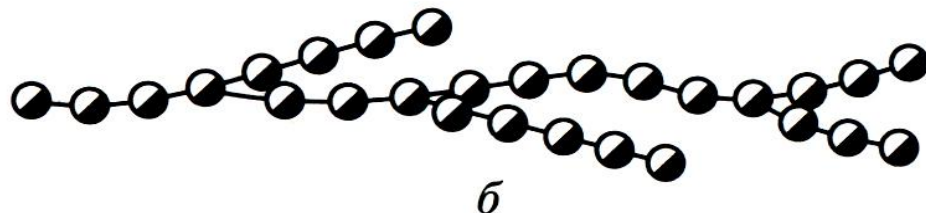
Природные и синтетические высокомолекулярных соединения (**полимеры**), которые способны под воздействием теплоты и давления принимать и сохранять заданную форму. Полимеры состоят из многочисленных элементарных звеньев одинаковой структуры – **мономеров**.

Например, молекула полиэтилена состоит из многократно повторяющегося звена C_2H_4 . В зависимости от числа звеньев в молекуле изменяются агрегатное состояние и свойства вещества. При $n = 5$ это жидкость, при $n = 50...70$ – вязкая жидкость (смазка), при $n = 100...120$ – твердое вещество (парафин), при $n = 1500...2000$ – высокомолекулярное соединение (полиэтилен).



Полимерные макромолекулы представляют собой длинные цепочки, состоящие из большого количества отдельных звеньев.

Поперечное сечение цепи составляет несколько, нанометров, а длина – до нескольких тысяч нанометров. По форме макромолекул полимеры делятся на **линейные (а), разветвленные (б), лестничные (в) и пространственные (г).**



По поведению при нагреве все полимеры делятся на **термопластичные и термореактивные.**

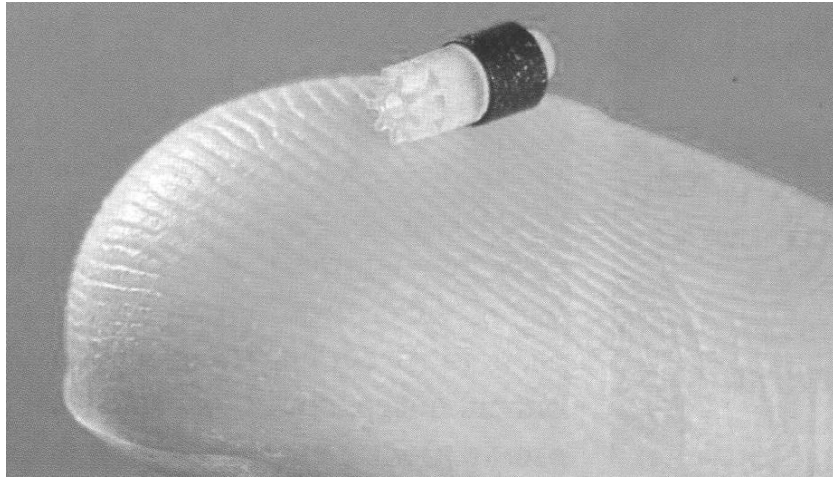
Термопластичные полимеры при нагреве размягчаются, а при охлаждении затвердевают многократно.

Имеют макромолекулы линейной или разветвленной структуры. Они удобны в переработке, обладают большой упругостью и малой хрупкостью.

Термореактивные полимеры первоначально имеют линейную структуру и при нагревании размягчаются. При высокой температуре происходит соединение макромолекул со специальными отвердителями (сшивающими агентами) в сетчатую пространственную структуру.

Такие полимеры хрупки. Используются в качестве связующих в композиционных материалах.

Самопроизвольное необратимое изменение важнейших характеристик, происходящее в результате химических и физических процессов, развивающихся в полимере при эксплуатации и хранении называется **старением полимеров**. Практически все полимеры склонны к старению. Для замедления процесса старения в полимеры добавляются **стабилизаторы** – различные органические вещества, ослабляющие действия факторов, способствующих старению.



Полиэтилен ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$) $_n$
продукт полимеризации
бесцветного газа – этилена. Один
из самых легких материалов,
имеет высокую эластичность,
отличные электроизоляционные
свойства, химически стоек,
водонепроницаем, морозостоек до
 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, пластичен, недорог,
технологичен.

Недостатки – склонность к старению и невысокая
теплостойкость (до $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$). Используется для изготовления
пленки, изоляции проводов, изготовления коррозионно-
стойких труб. Применяется для покрытия металлов с целью
защиты их от коррозии. Занимает первое место в общем
объеме мирового производства пластмасс.

Поликарбонат – термопластический полимер.

Характеризуется высокой жесткостью, тепло- и химической стойкостью, бесцветен, прозрачен. Стоек к световому старению. Это один из наиболее ударопрочных термопластов, что позволяет его использовать в качестве конструкционного материала, заменяющего металл. Из поликарбоната изготавливают шестерни, подшипники, корпуса и др. В современном автомобилестроении из поликарбоната изготавливают окна и крыши автомобилей.

Интегральные пенопласты состоят из легкой пористой микроячеистой (0,02-2 мм) сердцевины – пенопласта, постепенно переходящей в монолитную поверхностную корку.

Обладают высокими механическими свойствами, т.к. поверхностная корка придает изделиям стойкость к механическим нагрузкам, а пористая сердцевина – легкость. По удельной ударной механической прочности и удельной жесткости при изгибе могут превосходить монолитные аналоги, ряд металлов и древесину. Благодаря своим упругим свойствам эти материалы применяются для производства энергопоглощающих, амортизирующих и уплотнительных изделий.

Поликарбонат – термопластический полимер на основе дифенилолопропана и фостена.

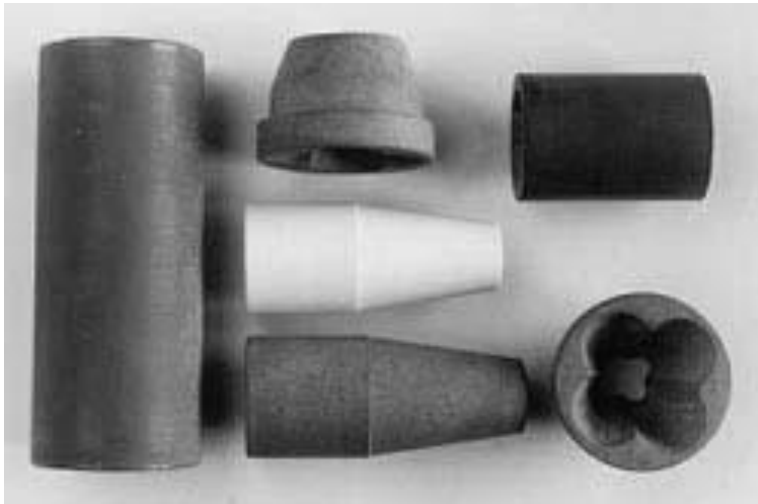
Характеризуется низкой водопоглощаемостью и газопроницаемостью, высокой жесткостью, тепло- и химической стойкостью, физиологически безвреден, бесцветен, прозрачен, хорошо окрашивается. Стоек к световому старению. Это один из наиболее ударопрочных термопластов, что позволяет его использовать его в качестве конструкционного материала, заменяющего металл. Из поликарбоната изготавливают шестерни, подшипники, корпуса и др. В современном автомобилестроении из поликарбоната изготавливают окна и крыши автомобилей.

Керамические материалы

Под **керамикой** понимаются материалы, получаемые спеканием неметаллических порошков природного или искусственного происхождения.

По составу керамику можно подразделить на **кислородную** состоящую из оксидов металлов и неметаллических элементов бериллия, магния, алюминия, кремния, титана, циркония и **бескислородную** – нитридную, карбидную, боридную и др.

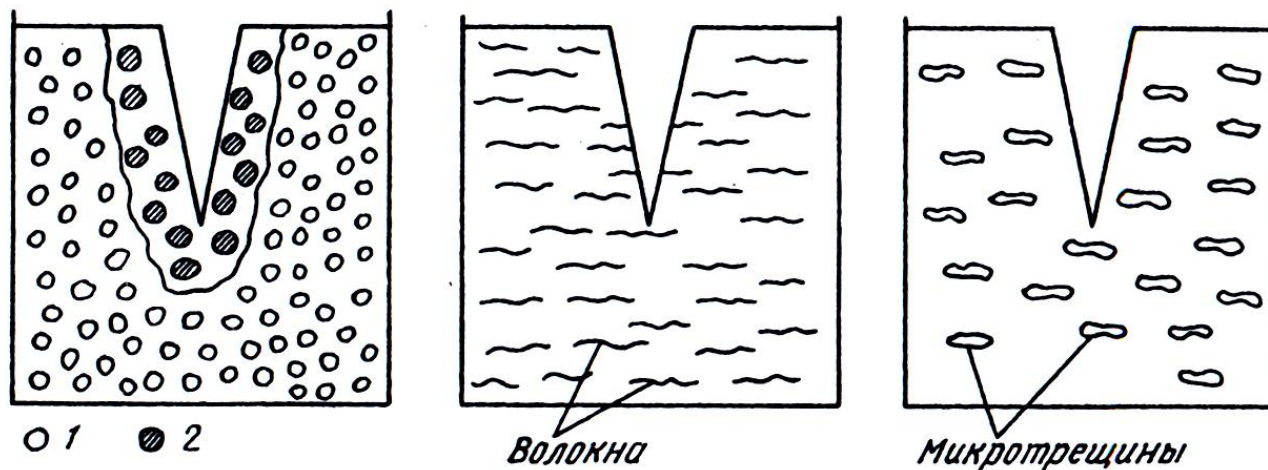
По структуре керамика может быть **аморфная**, **кристаллическая**.



Эти материалы перспективны для инструментов, деталей двигателей внутреннего сгорания, фильтров, нагревательных элементов, элементов источников питания и др. **На фото:** Сопла для газосварочных аппаратов из керамики на основе карбида кремния.

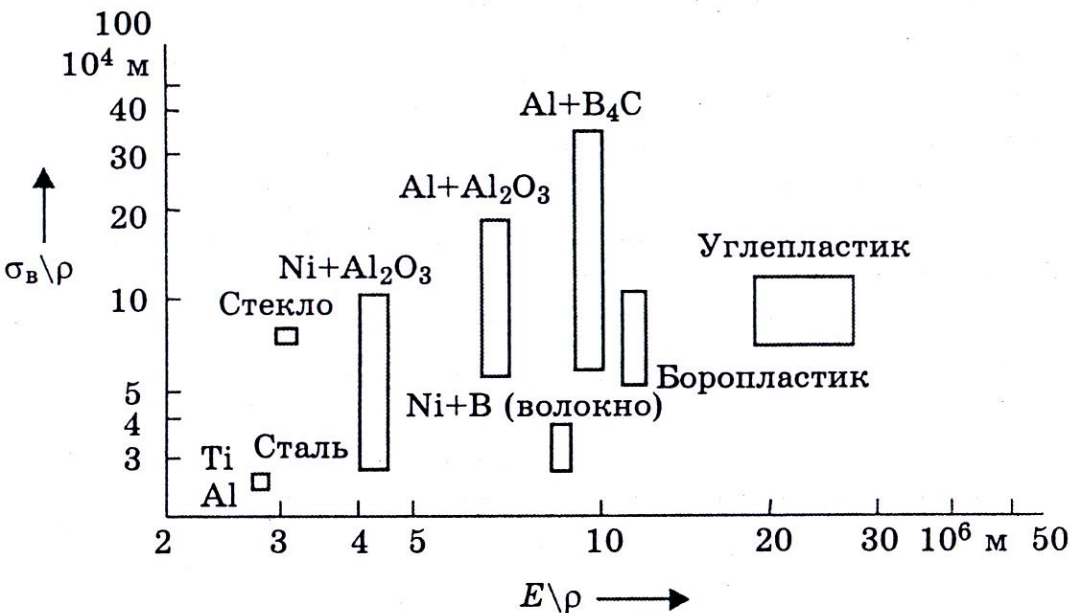
Керамика первый конкурент металлических сплавов для использования при высоких температурах. Однако керамика чувствительна к термоударам, хрупка, сложна в механической обработке.

Снижения хрупкости добиваются путем введением в состав диоксида циркония, армирования керамики волокнами из хрома, никеля, ниобия, вольфрама. Применяются также специальная технология формирования в структуре микротрещин .



Композиционные материалы

Композиты образуют класс материалов, удовлетворяющий такие жесткие, часто противоречащие друг другу требования, как обеспечение минимальной массы конструкции, максимальной прочности, жесткости, надежности и долговечности при работе в тяжелых условиях нагружения, в том числе при высоких температурах и в агрессивных средах, являются.



σ_B / ρ - удельная прочность

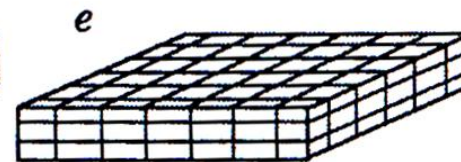
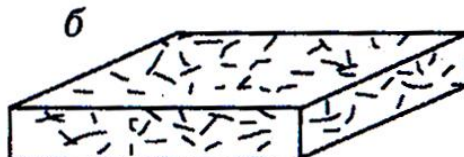
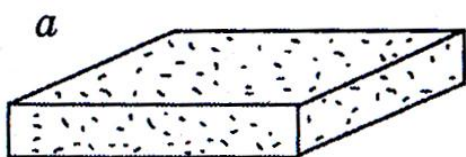
E / ρ - удельный модуль упругости

Различные сочетания матричного материала и наполнителя позволяют получать гибридные композиты с широким диапазоном характеристик, чего невозможно достичь на металлах и сплавах

Композиты представляют собой системы, состоящие из двух и более разнородных компонентов, имеющих границы раздела между ними. Компонент, непрерывный по всему объему материала, обеспечивающий его монолитность, называется **матрицей**. Компоненты, распределенные в матрице, называются **наполнителями**.

По типу матрицы различают композиционные материалы на полимерной, металлической и керамической основе.

По виду и структуре наполнителя композиты делятся на **дисперсно-упрочненные (а), упрочненные волокном (б-г) и слоистые (д,е).**



Углепластики – композиционные полимерные материалы, армированные наполнителями из углеродных волокон в виде нитей, ленты, ткани.

Углепластики характеризуются низкой плотностью, высокой прочностью, вибропрочностью, повышенной химической стойкостью, практически нулевым коэффициентом линейного расширения.

Углепластики используются как конструкционные материалы в авиакосмической технике, автомобилестроении, судостроении, машиностроении, медицинской технике.

Жаропрочный композит с никелевой матрицей (рабочая температура до 1000-1200 °С). Наполнителем могут быть мелкодисперсные порошки диоксида тория ThO_2 и диоксида гафния HfO_2 или вольфрамовая проволока.

Так введение в сплав никеля с хромом вольфрамовой проволоки в количестве от 40 до 70 %, позволяет повысить его жаропрочность при 1100 °С в два раза.

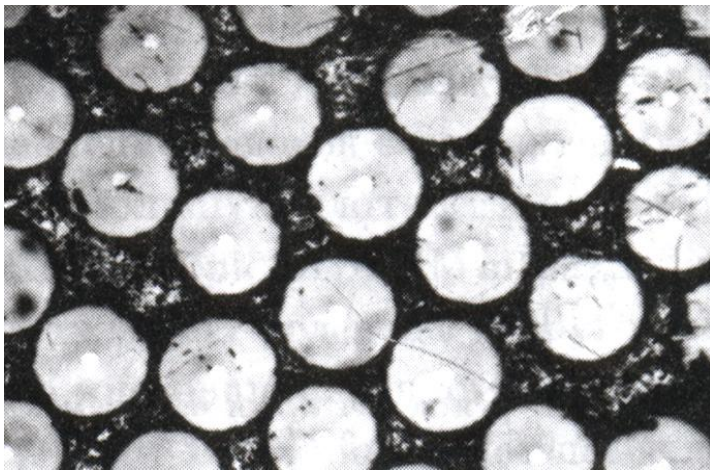


Применяются в авиационной и космической технике для изготовления лопаток газовых турбин, камер сгорания.

На фото: Лопатки газовых турбин из никелевого композита.

Композиционные материалы с борными волокнами (боропластик и бороалюминий)

широко используются в авиации и ракетно-космической технике. Их использование для изготовления крупных деталей для космических кораблей.



Промышленное применение нашел материал ВКА-1, содержащий 50% непрерывных высокопрочных волокон бора в матрице алюминия.

По модулю упругости и теплостойкости бороалюминевые композиты превосходят все высокопрочные алюминиевые сплавы. Бор мало разупрочняется с повышением температуры, поэтому композиты сохраняют высокую прочность до 400 – 500°С. Высокая демпфирующая способность материала обеспечивает вибропрочность изготовленных из него конструкций.

Применение композитов разного состава в конструкции космического корабля «Спейс Шаттл» позволило снизить его массу на 1402 кг. Такая экономия массы позволила уменьшить затраты на вывод корабля на орбиту на несколько миллионов долларов, что заранее окупало затраты на стоимость элементов конструкции из этих материалов.