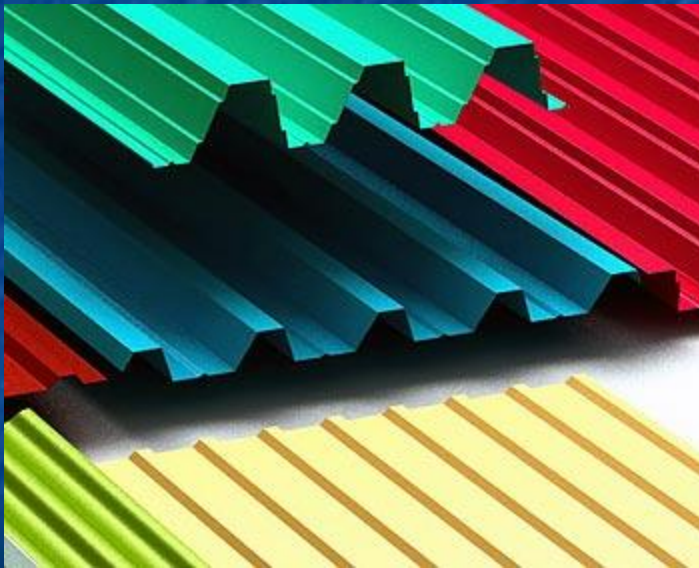


Коррозионная стойкость и повышение долговечности полимерных строительных материалов



1. Определение и структура полимеров

Полимерами называются соединения, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся атомных группировок, соединенных химическими связями в длинные цепи. В зависимости от состава различают **органические, неорганические** и **элементоорганические** полимеры. **Органические** полимеры находят широкое применение в антикоррозионной технике. Исходные вещества, из которых синтезируются полимеры, носят название **мономеров**. Например, из n молекул этилена получают полиэтилен:



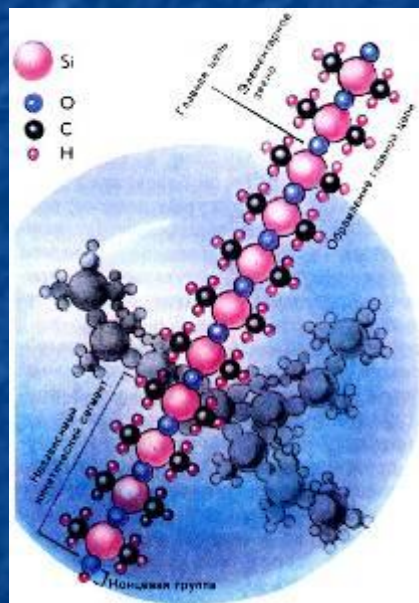
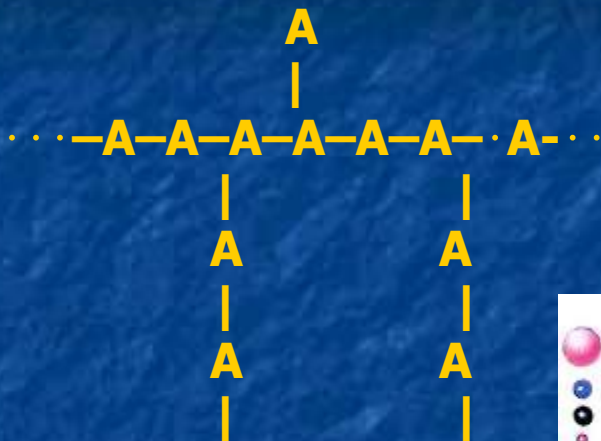
Многokrратно повторяющиеся группировки, которые являются остатками мономеров, носят название **мономерных звеньев**; молекула полимера, составленная из мономерных звеньев, называется **макромолекулой**, или **полимерной цепью**. В случае полиэтилена $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ является звеном,

а $(-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -)_n$ – это полимерная цепь.

Число звеньев в цепи называется **степенью полимеризации** и обозначается n или P . Молекулярная масса полимера равна произведению степени полимеризации n на молекулярную массу звена

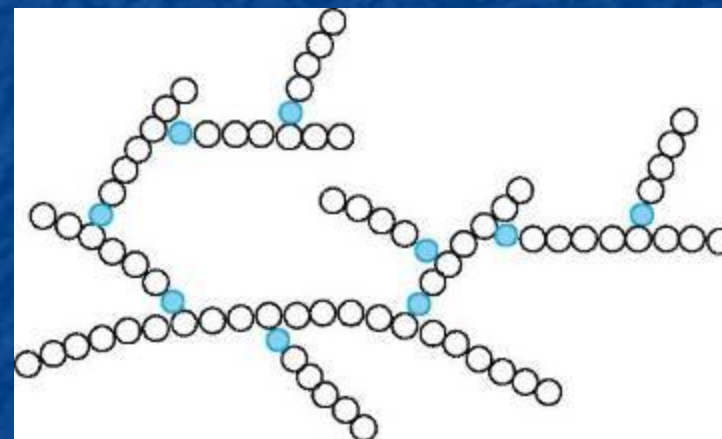
$M_{\text{зв}}$: **$M_{\text{пол.}} = n \cdot M_{\text{зв.}}$**

Разветвленные полимеры



Структуры полимеров.

линейная разветвленная пространственная



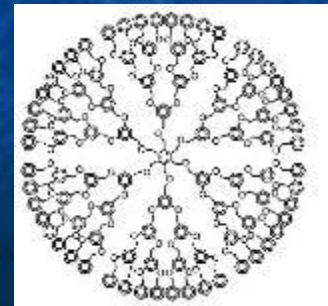
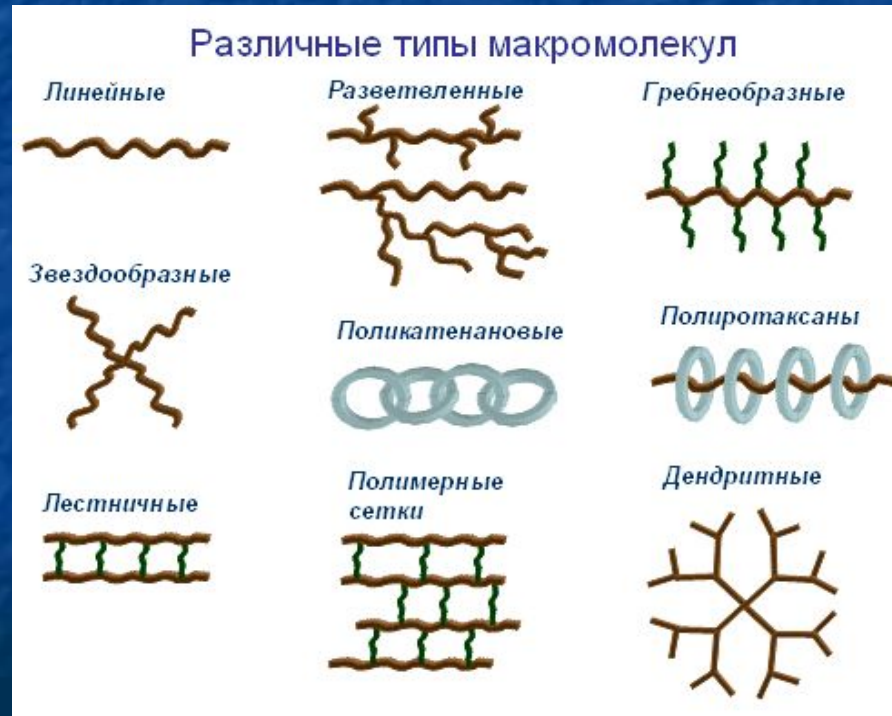
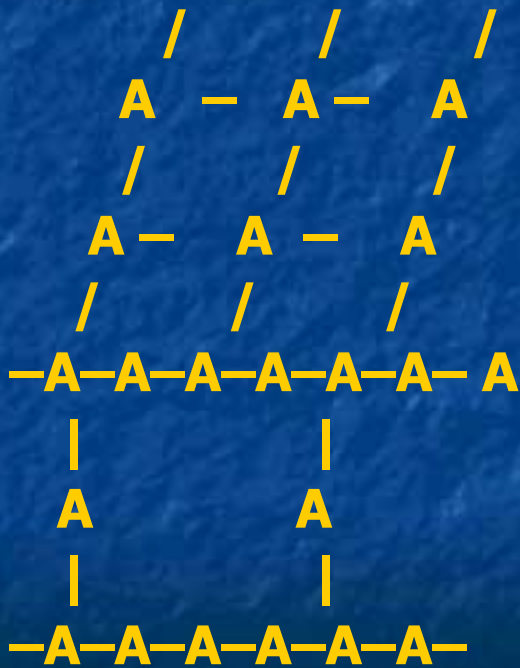
Разветвленный полимер представляет собой длинную цепь (называемую обычно главной, или основной) с боковыми ответвлениями (боковые цепи), причем число этих ответвлений и их длина могут варьироваться в очень широких пределах.

Сетчатые полимеры



Сетчатыми, или пространственными

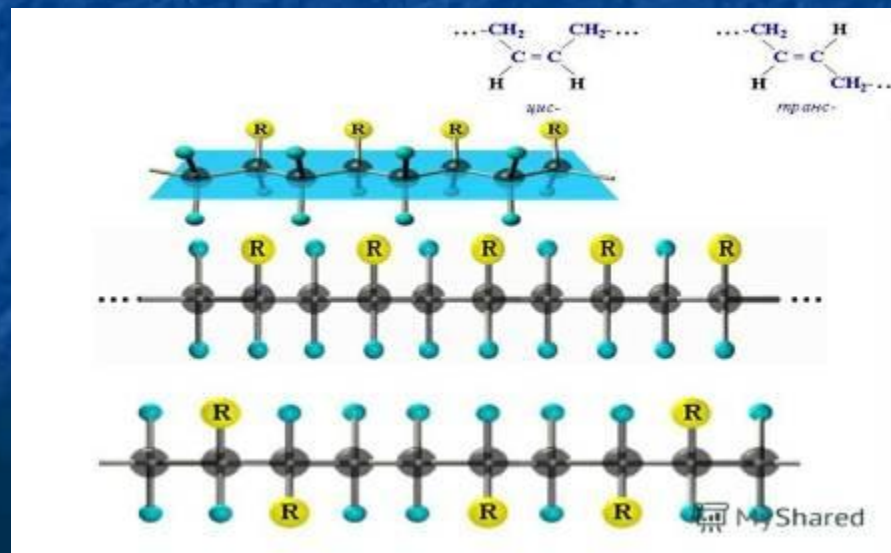
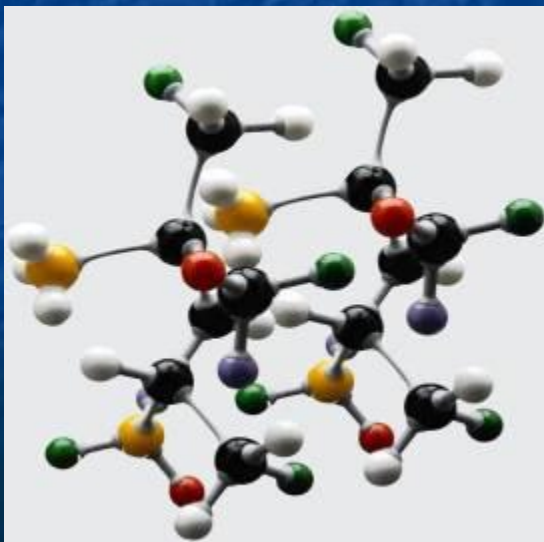
полимерами называются полимеры, которые построены из длинных цепей, соединенных друг с другом в трехмерную сетку поперечными химическими связями:



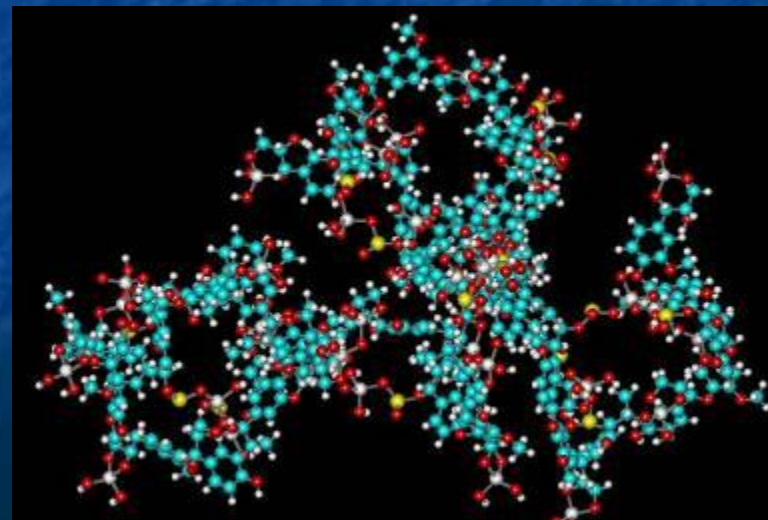
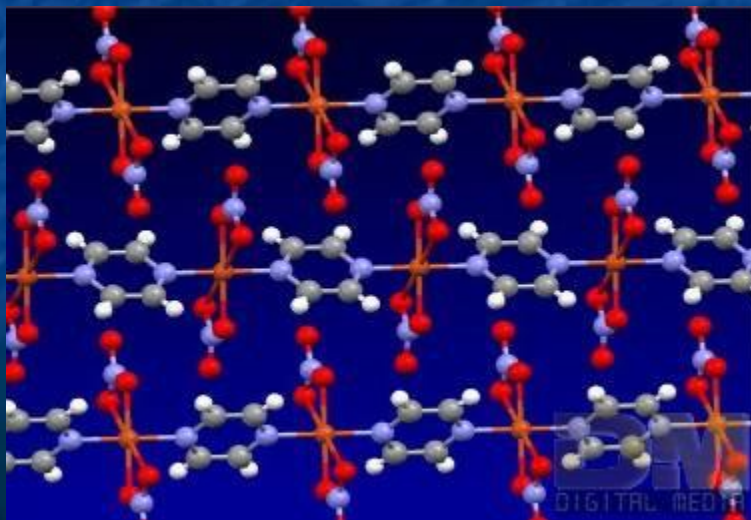
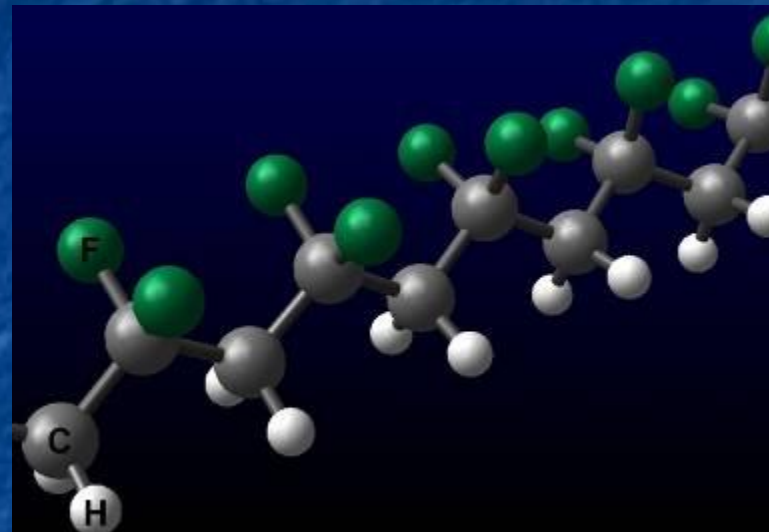
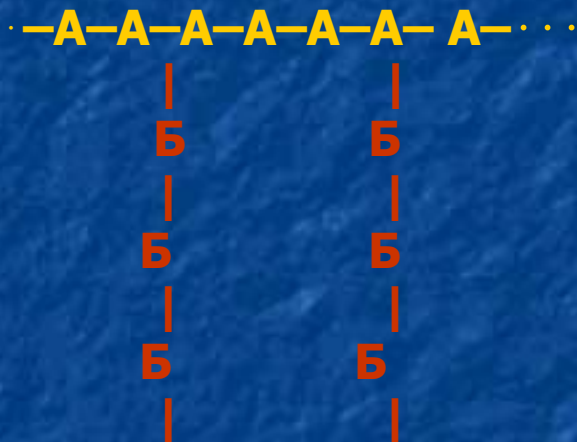
В молекулах сополимеров остатки мономеров могут располагаться в цепи **беспорядочно** (по закону случая) или **регулярно**.

Первые сополимеры называют **статистическими** (нерегулярными), вторые – **регулярными**.

Линейные смешанные полимеры, в которых звенья каждого типа образуют достаточно длинные непрерывные последовательности (блоки), называются **блок-сополимерами**:



Разветвленные сополимеры, главная цепь которых состоит из одних мономеров, а боковые ответвления — из других мономеров, называются **привитыми сополимерами**:

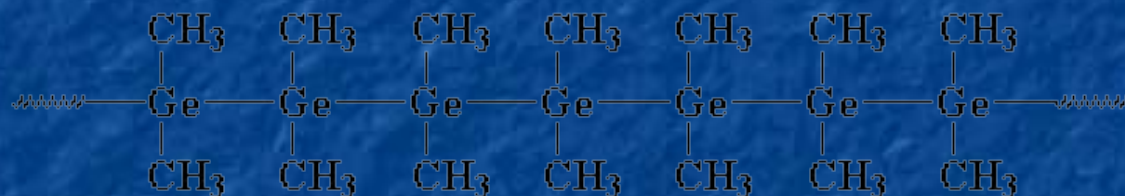


По строению главной цепи все полимеры делятся на **гомоцепные и гетероцепные**.

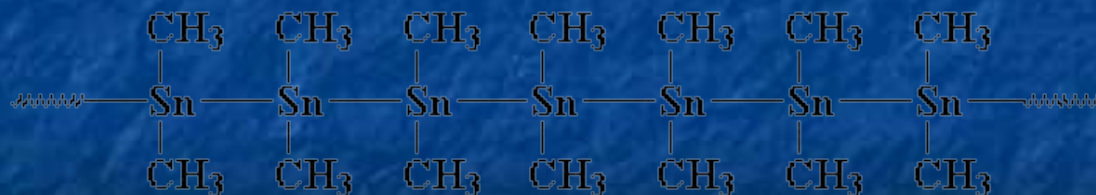
Гомоцепными называются полимеры (гомополимеры), главные цепи которых построены из **одинаковых атомов**, например из атомов углерода, серы, фосфора и т. д. Полимеры, в которых главная цепь макромолекулы состоит только из атомов углерода, называются карбоцепными:



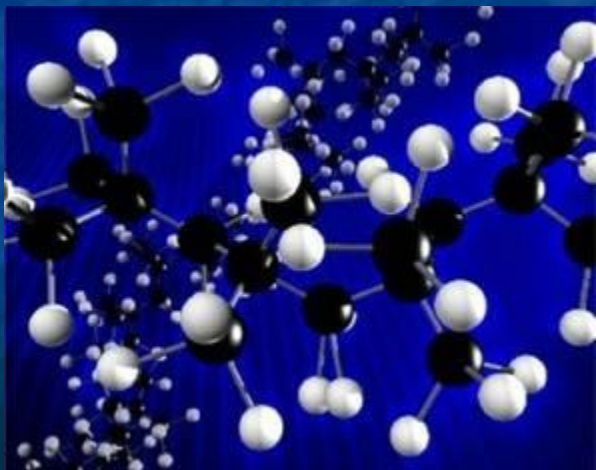
Гетероцепными называются полимеры, главная цепь которых построена не только из атомов углерода, но и из других атомов (гетероатомов), например:



polydimethylgermane



polydimethylstannane



В зависимости от поведения при нагревании полимеры и материалы на их основе разделяют (классифицируют) на термореактивные, **термопластичные и термостабильные (терморезистивные)**.

Терморезистивные полимеры при нагревании легко переходят в вязкотекучее состояние, но с повышением температуры и увеличением продолжительности ее действия они необратимо переходят в твердое нерастворимое и неплавкое состояние вследствие произошедших химических реакций. При обычных температурах терморезистивные смолы изменяются мало. Основная масса терморезистивных смол отверждается по принципу поликонденсации (фенолоальдегидные, мочевиноальдегидные и т. д.).

Термопластичные полимеры при нагревании приобретают пластичность, а при охлаждении вновь возвращаются в твердое состояние; при этом свойства материала не изменяются. К этому типу полимеров относятся **полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен, поливинилхлорид** и т.д.



Термостабильные полимеры при нагревании **не переходят** в пластичное состояние и мало изменяют физические свойства вплоть до температуры их **термического разложения**. К таким полимерам относятся полимеры с высокоориентированной структурой линейных макромолекул и полимеры, имеющие сетчатую или пространственную структуру макромолекул, например, **политетрафторэтилен, полиэфирные смолы** и др.

Терморезистивный полимер может перейти в термостабильную (т. е. отвержденную) форму без выделения каких-либо побочных низкомолекулярных соединений. Такой процесс носит название «отверждение методом полимеризации».

Полимерные материалы, применяемые в качестве **конструкционных материалов** или в виде обкладок, композиций, лаков, изготавливаются на основе синтетических полимеров с добавлением к ним различных веществ. Эти добавки вводятся в различных количествах, и каждая придает получаемому материалу те или иные свойства или влияет на технологию изготовления изделий из него.



Получение полимеров



Другой метод получения полимеров осуществляется путем проведения реакции **поликонденсации**, в которой происходит взаимодействие двух или нескольких веществ с образованием полимера и **выделением побочных низкомолекулярных продуктов, например воды, кислоты, аммиака и др.**

Путем **поликонденсации** получают фенолоформальдегидные, эпоксидные, полиэфирные, фурановые и другие синтетические смолы, широко используемые для изготовления лакокрасочных материалов, конструкционных пластмасс, различных композиций и других материалов, применяемых в технике, в том числе и для антикоррозионной защиты.

Способ получения полимеров положен в основу классификации пластиков и пластмасс, созданных на основе этих полимеров. По этой классификации различают полимеризационные смолы и пластмассы на их основе и **поликонденсационные смолы и пластмассы** на их основе. Например, пластмассы на основе полистирола относят к полимеризационным, а на основе фенолоформальдегидной смолы (фенопласты) – к поликонденсационным.

Состав полимерных композитов – пластмасс

Как правило, пластики и пластические массы содержат:

- 1) **сам полимер**, который является основой, или связующим материалом;
- 2) **пластификаторы** – вещества, которые придают полимеру пластичность, способствуют переходу его в состояние, удобное для придания изделиям той или иной требуемой формы, а также повышают морозостойкость изделий, их эластичность, пластичность, снижают хрупкость и жесткость. Эти вещества называют также мягчителями;
- 3) **наполнители** – вещества, которые придают изделиям механическую прочность, твердость, теплостойкость и другие специальные свойства. В качестве наполнителей могут использоваться древесная мука, измельченный асбест, стеклянное волокно, ткань, графит, асбест и другие минеральные вещества; каждый наполнитель по-своему влияет на изменение свойств связующего. Во многих случаях в композицию вводят **стабилизаторы**, предохраняющие пластические массы от разложения в процессе их переработки и под действием тепла и света при эксплуатации, а также **красители** и другие добавки.

3. Свойства синтетических полимерных материалов



Полимерные материалы, применяемые в виде самостоятельных коррозионно-стойких конструкционных материалов и в виде различных покрытий и композиций для защиты от коррозии стали, бетона, дерева, сочетают в себе комплекс ценных физико-химических и физико-механических свойств.

Полимерам присущи свойства, выгодно отличающие их от металлов и от силикатных материалов. К числу этих свойств относятся: простота изготовления деталей и изделий, сложных конструкций, высокая устойчивость в агрессивных средах, низкая плотность изделий (не превышающая $1,8 \text{ г/см}^3$, а в большинстве случаев равная $1,0\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$); возможность в широких пределах изменять механическую прочность при статических и динамических нагрузках; как правило, высокая стойкость к истирающим воздействиям; хорошие диэлектрические и теплоизоляционные свойства; высокие клеящие характеристики некоторых полимеров, позволяющие использовать их для изготовления клеев и замазок; уплотнительные и герметизирующие свойства отдельных полимеров; способность поглощать и гасить вибрации; способность образовывать чрезвычайно тонкие и прочные пленки.

4. Коррозионные свойства строительных пластмасс



- Современные достижения науки и техники в области высокомолекулярных соединений позволяют решать задачи получения конструкционных полимерных материалов с заданными свойствами и устранять некоторые недостатки, которые прежде ограничивали широкое применение полимерных материалов в технике и строительстве. К числу этих недостатков относятся: **окисляемость при действии агрессивных сред, содержащих активный кислород; ограниченный температурный интервал использования, в особенности в области повышенных температур; низкая теплопроводность; горючесть, недостаточно высокая механическая прочность и относительно небольшая долговечность.**



- Основным требованием при определении долговечности изделий является их **сопротивление истираемости и короблению**, которые зависят от модуля упругости и **изменения размеров** материала во времени. А это, в свою очередь, обусловлено прочностью полимерных пленок, образующихся на поверхности наполнителя; плотностью и твердостью материала; **химическими и фотохимическими превращениями**, которые могут завершаться быстрым **старением**, вызывающим появление трещин, проникновением влаги, набуханием и в результате разрушением.
- Тем не менее полимерные материалы относятся к сравнительно долговечным материалам (**сроки службы составляют более 20 лет**); они довольно устойчивы против коррозии и атмосферных воздействий, обладают высокой износоустойчивостью при механических нагрузках, их можно получать с различной окраской, не требующей восстановления, однако их качество зависит в большей мере от условий эксплуатации.

Виды разрушений полимерных материалов

Из большого числа разнообразных процессов разрушения полимерных материалов можно выделить **четыре основных вида:**

- **старение связующего;**
- **повышенное истирание;**
- **изменение линейных размеров;**
- **потеря декоративных свойств.**

Такое разделение дает возможность установить общие закономерности для стабилизации свойств полимерных строительных материалов, определяет меры борьбы с разрушением и повышает их долговечность.

К первому виду разрушений полимерных строительных материалов во время эксплуатации относятся все процессы, возникающие в термопластических и терморезистивных смолах при неправильном выборе исходного сырья, его чистоты, в случае отклонений при изготовлении связующего.

Ко второму виду разрушений относятся процессы, связанные с выбором наполнителей и способами совмещения их со связующим. Если в процессе совмещения не будет создана равнотолщинная пленка полимера на поверхности частиц, изделие будет обладать пониженными плотностью, прочностью и сопротивлением к воздействию внешнего поля.



- **К третьему виду разрушений** относятся процессы, способствующие проникновению влаги и агрессивных сред через пленку смолы к зернам наполнителя, т.е. накапливают в порах соли или изменяют химический состав, увеличивая размеры изделия.
- **К четвертому виду разрушений** относятся изменения внешнего вида полимерных строительных изделий, возникающие из-за нестойкости окрашивающих пигментов.
- Для каждого из четырех видов разрушений могут быть выделены общие закономерности и в соответствии с этим проведены общие мероприятия по борьбе за долговечность.
- В связи с тем, что полимерные материалы, и в том числе синтетические смолы, сравнительно дороги и дефицитны, применение их в строительстве наиболее рационально в виде **высоконаполненных композиций.**

- Разрушение полимеров под действием внешних факторов (механические напряжения, температура, свет, ионизирующее излучение, химические вещества и др.), заключающееся в разрыве химических связей в макромолекулах и приводящее к изменению свойств полимера, носит название **деструкции**. Различают физическую и химическую деструкцию – в зависимости от воздействующих факторов. На практике одновременно протекают **несколько процессов деструкции** различного типа.
- Наибольшую опасность представляет воздействие **тепла, кислорода и озона**, которые вызывают **термодеструкцию** (воздействие только тепла) или **термоокислительную деструкцию** (действие кислорода и тепла). Полимеры подвергаются термоокислительной деструкции как в ходе их переработки в изделия, так и в процессе эксплуатации изделий.
- Устойчивость полимера к химическому разложению при повышении температуры определяет его **термостойкость (термостабильность, термоустойчивость)**. Обычно указывается температура, выше которой происходит процесс термодеструкции (например, термостойкость до 120°C). Есть термин **«теплостойкость»**, который характеризует способность полимера сохранять при повышенных температурах твердость, обуславливающую работоспособность изготовленного из него изделия. Как правило указывается **верхний температурный предел эксплуатации**.



- Одним из важных факторов, определяющих термостойкость полимера, как и химическую устойчивость вообще, является энергия связи между атомами в главной цепи. Одной из наиболее устойчивых к термическим воздействиям является **углерод-углеродная связь. Карбоцепные полимеры, главная цепь которых состоит только из атомов углерода, являются более устойчивыми**, чем гетероцепные полимеры, содержащие в основной цепи помимо атомов углерода атомы других элементов, о чем свидетельствуют значения энергии связей (см. таблицу).
- На прочность связи C – C сильное влияние оказывает наличие **заместителей** в макромолекуле и степень ее разветвленности. Даже наличие атомов водорода в молекуле полимера сильно понижает энергию связи C – C и его термостойкость. **Разветвленные полимеры менее термостойки, чем неразветвленные.**
- По мере увеличения числа заместителей в цепи энергия связи C – C сильно уменьшается. По этой причине полиэтилен более термостоек, чем полипропилен и полиизобутилен, содержащие метильные группы.
- Однако не все заместители понижают термостойкость полимеров. При замещении атомов водорода на атомы хлора или фтора наблюдается эффект существенного повышения термостойкости. Термостойкость полиэтилена равна 60-75°C, фторопласта-3 – 230°C, фторопласта-4 – 350°C.

Связь	Энергия связи
C-C	83
C-O	79
C-Si	57
C-N	66



Устойчивость полимера к действию кислорода, озона и других окислителей зависит от его строения и прежде всего от наличия **легкоокисляющихся** групп и связей в макромолекуле. Из карбоцепных высокомолекулярных соединений окисляются ненасыщенные углеводороды, например натуральный и бутадиеновый каучуки. Окислительная деструкция протекает более интенсивно на свету и при нагревании.

Двойные ненасыщенные связи в главной цепи полимера более активны при окислении, чем двойные связи в боковых винильных группах. Озон сильно воздействует на натуральный каучук, что следует учитывать при эксплуатации изделий из него.

Карбоцепные насыщенные полимеры (полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиизобутилен и др.) более устойчивы к окислению. Так, при умеренных температурах они практически не окисляются кислородом воздуха, а деструктурируют только при нагреве.

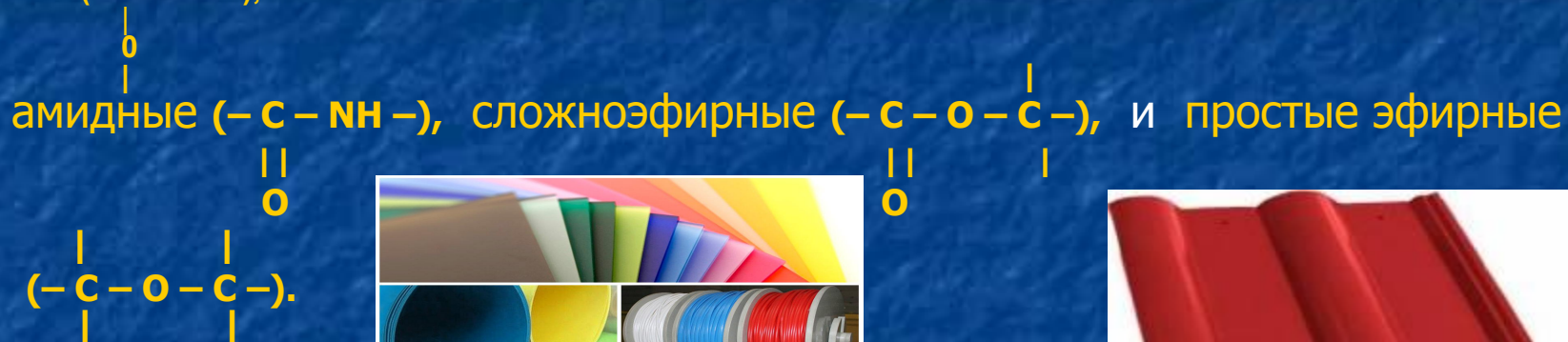
Хлор и фтор, введенные в полимер в качестве заместителей, **делают его более устойчивым к действию окислителей**. Наиболее устойчив к действию всех окислителей политетрафторэтилен (фторопласт-4) – даже при нагреве до температуры 300-350°C.

Гетероцепные полимеры под влиянием окислителей подвержены деструкции. В наибольшей степени деструктурируют материалы, содержащие ацетальные связи: **(-CH-O-)**.



Например, целлюлоза подвержена деструкции даже под воздействием кислорода воздуха. Практически во все выпускаемые промышленностью полимерные материалы вводятся различные **добавки – стабилизаторы, повышающие их стойкость к действию света, тепла, кислорода и озона.**

Под воздействием воды в полимерах могут протекать **реакции гидролиза**. При гидролизе вода присоединяется по месту разрыва связей. Гидролизу, как правило, подвержены гетероцепные полимеры, имеющие гетероатом в основной цепи. К гидролизу наиболее чувствительны соединения, содержащие следующие группы: **ацетальные** ($-\text{CH}-\text{O}-$),



Реакции гидролиза в чистой воде для большинства полимеров протекают слишком медленно, и они практически устойчивы к химическому воздействию чистой воды. Но гидролиз катализируется в присутствии кислот и оснований. Особенно сильно катализируют гидролиз HCl , H_2SO_4 , HF .

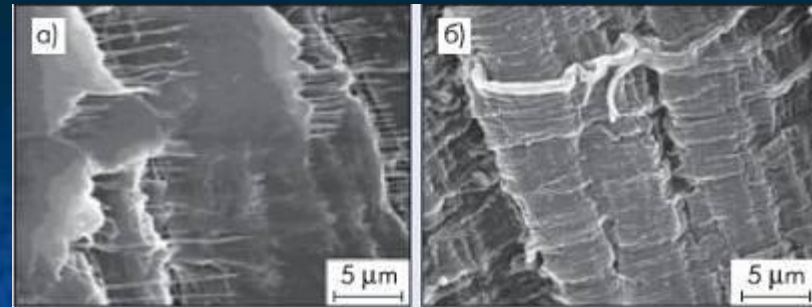
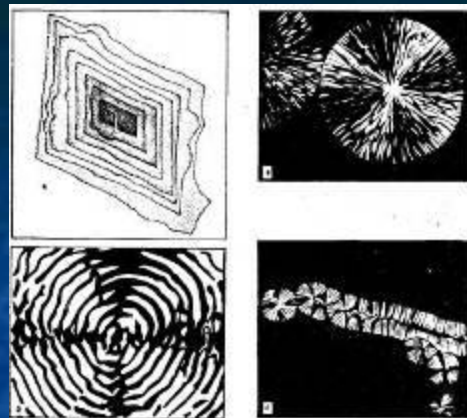
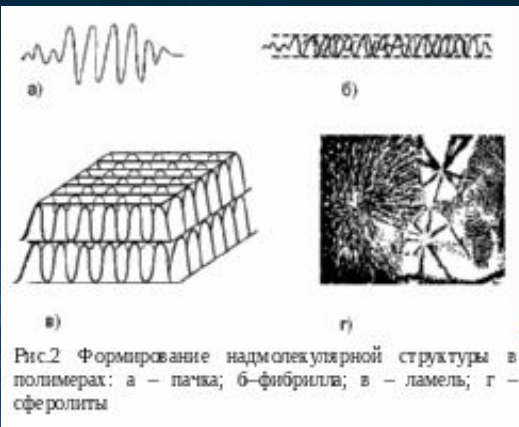
Введение в полимер алифатических звеньев $-(\text{CH}_2)_2-$ или $-(\text{CH}_2)_4-$ **повышает подвижность молекул**, а следовательно, и **проницаемость** материала. **Водостойкость полимеров увеличивается с введением в полимерную цепь ароматических звеньев**. Например, высокую устойчивость к гидролизу проявляют ароматические полиамиды.



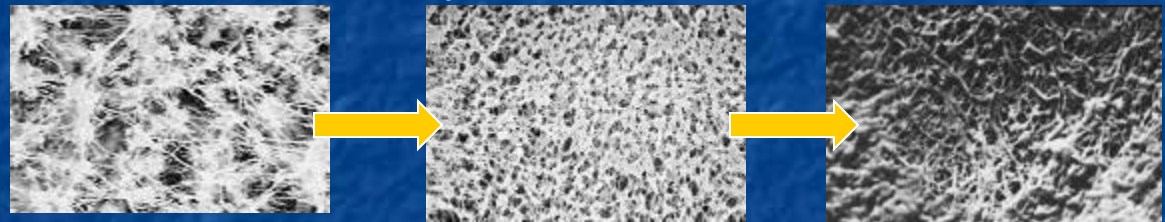
- Водостойкость композиционных материалов определяется не только обозначенными выше процессами, протекающими в полимерном связующем (матрице) и наполнителе, но и нарушением под действием воды адгезионной связи на поверхности раздела.
- Влияние воды на свойства полимерных композиционных материалов можно рассмотреть на примере стеклопластиков. Контакт их с водой приводит к набуханию связующего, проникновению воды к границе раздела стеклянное волокно – полимерное связующее и нарушению адгезионной связи на поверхности раздела.
- На поверхности раздела между гидрофильным стекловолоконистым наполнителем и связующим происходит скопление молекул воды в виде капель или пленки. Вода вызывает разрушение стеклянных волокон в результате гидролиза. Интенсивность этого процесса зависит от химического состава стекла.

Связь структуры с коррозионной стойкостью

- **Структура и свойства** наполненных полимеров, в том числе и клеящих мастик, в общем виде определяются **двумя группами факторов**.
- **Первая группа** факторов заложена в самом принципе получения наполненных материалов путем введения в мономеры или олигомеры наполнителей, различающихся по физической и химической структуре, размеру и форме частиц и их содержанию в системе.
- **Вторая группа факторов** – результат тех изменений в физических свойствах и структуре полимерной матрицы, которые обусловлены взаимодействием на границе раздела полимер-твердое тело. Суммарное изменение свойств наполненной системы происходит в результате одновременного действия суммы всех факторов. Однако во всех случаях важнейшее условие усиливающего действия наполнителей в наполненных системах – адгезия полимера к поверхности наполнителя и, следовательно, природа связей на границе раздела полимер-твердое тело. Химическое или физическое взаимодействие полимера с поверхностью наполнителя определяет деформативность, характер концентраций напряжений на поверхности частиц наполнителя и условия его разрушения.
- **Свойства и структура** наполненных полимеров существенно зависят и от **технологических условий** их получения, в том числе **от температуры отверждения**. **Ограничение молекулярной подвижности** звеньев полимерных цепей замедляет протекание релаксационных процессов при формовании наполненных композиций и способствует образованию менее равновесной структуры, а следовательно, – более дефектной и в большей мере **подверженной коррозионному разрушению**.



Надмолекулярная структура образцов полиэтилена с наполнителем: а) СВ МПЭ + 2%УНВ; б) СВ МПЭ + 10% УНВ



- **Уменьшение размеров** надмолекулярных структур сопровождается **повышением их жесткости** и как следствие – **увеличением усадочных внутренних напряжений** и скорости их нарастания.
- Отверждение в присутствии графита, имеющего ярко выраженную пластинчатую форму, сопровождается ориентацией крупных структурных элементов вдоль частичек наполнителя.
- **Фибриллярная** и более эластичная, чем **глобулярная** надмолекулярная структура обуславливает сравнительно низкие усадочные напряжения. При оптимальных концентрациях ПАВ также замечен переход от глобулярной в более упорядоченную фибриллярную структуру.



Поликонденсационные смолы (реактопласты, терморезистивные смолы – эпоксидные, полиэфирные, фенолоформальдегидные и др.) могут применяться для защиты от коррозии как в чистом виде с небольшими добавками пластификаторов, отвердителей, инициаторов отверждения, пигментов и других ингредиентов (например, лакокрасочные материалы), так и в виде высоконаполненных композиций (покрытия, замазки, мастики, листы). Химическая стойкость композиций определяется соответствующими свойствами как смолы, так и наполнителя. Существенное влияние на химическую стойкость оказывают и другие компоненты, входящие в состав композиции, в первую очередь – пластификаторы и отвердители.



Эпоксидные смолы – это линейные полимеры, содержащие в молекулярной цепи эпоксидные группы: $-\text{H}_2\text{C}-\text{CH}-$



При отверждении эпоксидные смолы образуют пространственную сетчатую структуру. В антикоррозионной технике применяют эпоксидные смолы дианового ряда, получаемые поликонденсацией эпихлоргидрина и дифенилолпропана (**ЭД-20, ЭД-16, Э-40** и др.).

Хорошая адгезия к различным поверхностям (металлам, пластмассам, бетонам, керамике, стеклу и др.), высокие физико-механические характеристики, водостойкость, универсальная химическая стойкость в кислотах и щелочах (за исключением сильных окислителей), теплостойкость (**до 170-180°C**) – свойства, которые определяют широкое использование эпоксидных смол для приготовления лаков, мастик, компаундов.

Наличие в эпоксидных смолах реакционноспособных эпоксидных и гидроксильных групп позволяет осуществлять их отверждение с помощью основных и кислых отвердителей, варьировать в широком диапазоне температуру (**15-130°C**) и **время** отверждения. В качестве отвердителей используют первичные и вторичные амины, многоосновные кислоты и их ангидриды, многоатомные спирты и фенолы, фенолсодержащие олигомеры. Химическая природа отвердителя оказывает решающее влияние на свойства отвержденных композиций, прежде всего на химическую стойкость, проницаемость, физико-механические характеристики.

- **Кремнийорганические**, или **силиконовые** смолы относятся к особому классу полимеров (их можно рассматривать как органические производные силикатов), содержащих в основной цепи кремний и кислород ($-O-Si-O-Si-O-$) $_n$. Такие полимеры называют также **полисилоксанами**.
- В зависимости от характера связи молекул и природы радикалов, входящих в состав молекул, полисилоксаны могут быть получены в виде жидкостей, масел и каучуков. Все они нашли применение и в качестве гидрофобизаторов, обработка которыми придает поверхности водоотталкивающие свойства, и в виде масел, и в качестве связующих для изготовления конструкционных пластмасс, и в качестве каучуков.
- Отличительными свойствами кремнийорганических полимеров являются: **высокая термостойкость** (до **300-600°C**), низкая температура замерзания (силиконовые каучуки не теряют своих свойств до **-40°C**), высокая химическая стойкость, высокая пластичность и эластичность, свойственные органическим полимерам. Физико-механические характеристики отвержденных кремнийорганических смол остаются практически неизменными в широком диапазоне температур 80-300°C.
- Наибольшее применение кремнийорганические смолы нашли в качестве защитных покрытий, при этом в них вводят усиливающие наполнители – порошки алюминия, титана, бора и др. Покрытия из силиконовых полимеров устойчивы во многих агрессивных средах, кислороде, озоне, влажной атмосфере, стойки к ультрафиолетовому облучению.



5. Снижение горючести полимеров. Антипирены



- К числу недостатков полимерных материалов и пластмасс на их основе относятся сравнительно **низкая термостойкость и горючесть**. Чем выше степень наполнения и соответственно меньше количество полимера в композиции, тем выше термостойкость и уменьшается возможность возгорания такого материала. Но даже при высокой степени наполнения **большинство пластмасс хорошо горит**. Возможные пути снижения горючести и повышения огнестойкости заключаются в замедлении реакций на стадии пиролиза, снижении теплообмена в массе композиции и ингибировании процессов горения. Это достигается введением **антипиренов**, негорючих наполнителей и химическим модифицированием полимеров.
- Для снижения горючести полимерных строительных материалов без существенного снижения эксплуатационных показателей наиболее эффективны **фосфорсодержащие** реакционноспособные соединения. Механизм действия этих антипиренов обусловлен повышением термоокислительной стабильности полимеров, которая связана со **снижением количества выделяемых горючих летучих продуктов деструкции и с увеличением выхода коксового остатка, препятствующего тепло- и массообмену при горении**. Например, фосфоракрилат при введении в полиэфирную смолу ПН-1 не только существенно снижает горючесть, но и способствует увеличению термостабильности отвержденного полимера.

Стабилизаторы и антиоксиданты

- Для повышения стабильности полимерных материалов в них необходимо вводить небольшие добавки **стабилизаторов**. Они расширяют температурную область переработки и применения полимеров, **удлиняют срок жизни изделий в 3–10 раз**. Продление срока службы полимерных материалов путем введения стабилизирующих добавок экономически выгодно, так как затраты на производство добавок значительно меньше, чем на организацию новых производств.
- При старении полимерных материалов в них развиваются два типа процессов – **деструкция и структурирование**. Деструкция (деградация) в химии означает разрушение молекул с образованием осколков более простой структуры. Структурирование (сшивание) означает образование более сложных структур и часто сопровождается деструкцией.
- Наиболее часто процессы старения классифицируют по природе индуцирующего агента и характера его воздействия на макромолекулу. Почти во всех видах старения принимает участие кислород, т.е. происходит **окислительная деструкция** молекулы.
- Реакции окислительного старения начинаются при значительно более низких температурах, чем реакции чисто термического распада. При старении полимеров возможно одновременное протекание самопроизвольных процессов **структурирования и деструкции**.
- Наиболее распространенный путь повышения стабильности материала – введение в него специальных добавок – **стабилизаторов**, замедляющих процесс старения. В зависимости от механизма действия термостабилизаторы делятся на **акцепторы низкомолекулярных продуктов деструкции, акцепторы радикалов и антиоксиданты**.
- **Антиоксиданты** добавляют для торможения **термоокислительного** старения. Это наиболее распространенный класс стабилизаторов. В качестве антиоксидантов применяют большое число соединений различных классов.

УФ-абсорберы

- Под действием видимого и особенно ультрафиолетового (УФ) света в полимерах развиваются реакции деструкции и структурирования макромолекул, а также активируются окислительные процессы. Механизмы фотопревращений и реакций, вызванных тепловым воздействием – сходны; отличие составляет стадия зарождения первичного радикала, связанная с поглощением света полимером и его активацией. **Фотохимические превращения** полимеров легко протекают и на холоде.
- В отличие от термоокислительных процессов при фотоокислении можно замедлить реакцию инициирования введением специальных веществ – **светостабилизаторов**. По механизму действия они **делятся на поглотители лучистой энергии (абсорберы), «тушители» возбужденных состояний и ингибиторы процессов фотоокисления**. Светостабилизаторы- УФ-абсорберы предотвращают проникновение УФ-света в полимерный материал.
- Количество стабилизатора, вводимое в материалы для достижения необходимой стабильности, обычно составляет **0,05–0,5%**, в специальных случаях для получения изделий, работающих в сложных условиях, количество стабилизатора может возрасти до 1–2%. Введение большего количества светостабилизаторов нецелесообразно из-за увеличения стоимости изделия.
- Существуют различные способы введения стабилизаторов в материал, но наиболее приемлемым является введение стабилизатора в расплав. Можно вводить непосредственно саму добавку, но более производительным является способ введения в нестабилизированный расплав **концентрата стабилизатора (маточная смесь)**.

**Лекция окончена.
Спасибо за внимание!**

