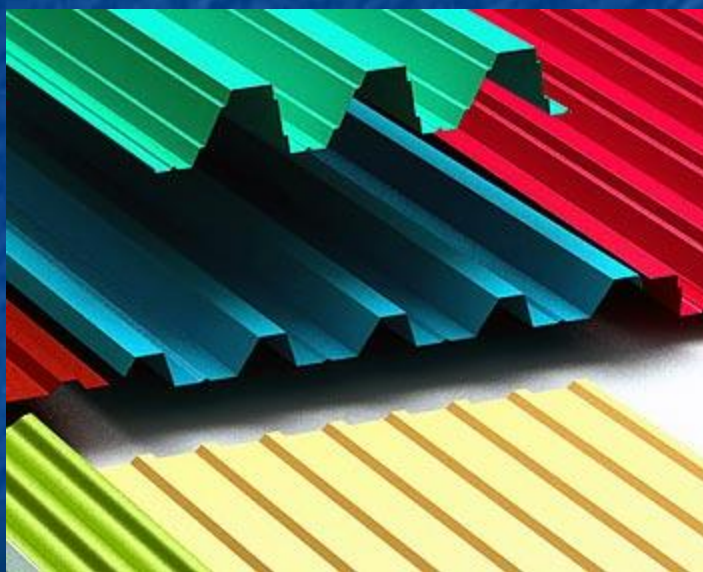


Коррозионная стойкость и повышение долговечности полимерных строительных материалов



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:

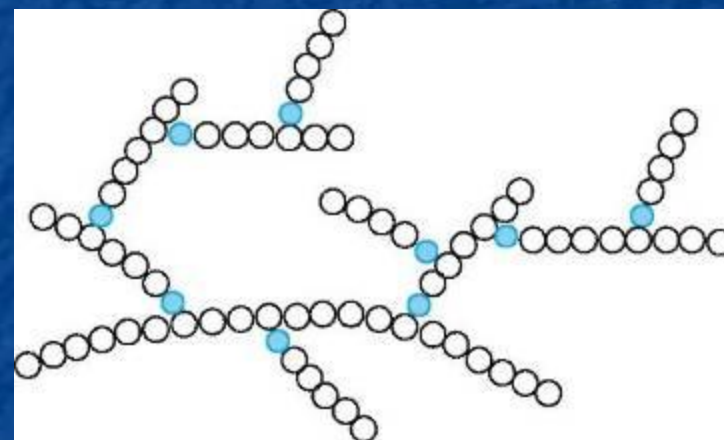
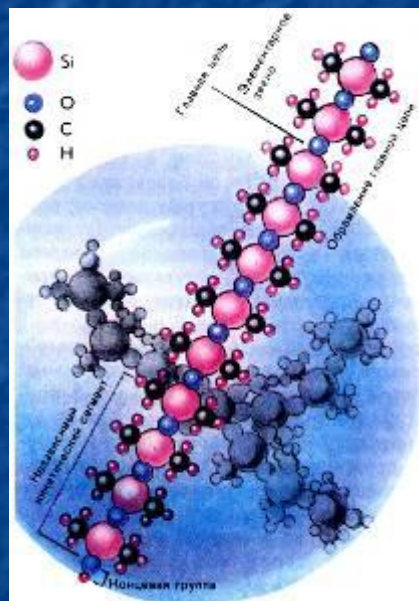
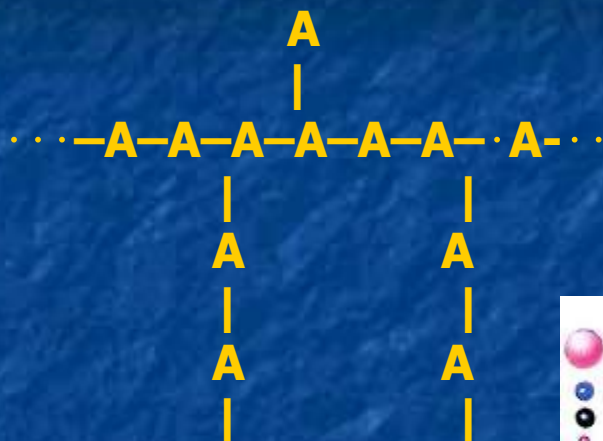


Многokrратно повторяющиеся группировки, которые являются остатками мономеров, носят название **мономерных звеньев**; молекула полимера, составленная из мономерных звеньев, называется **макромолекулой**, или **полимерной цепью**. В случае полиэтилена $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ является звеном,

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



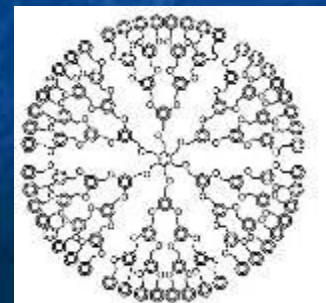
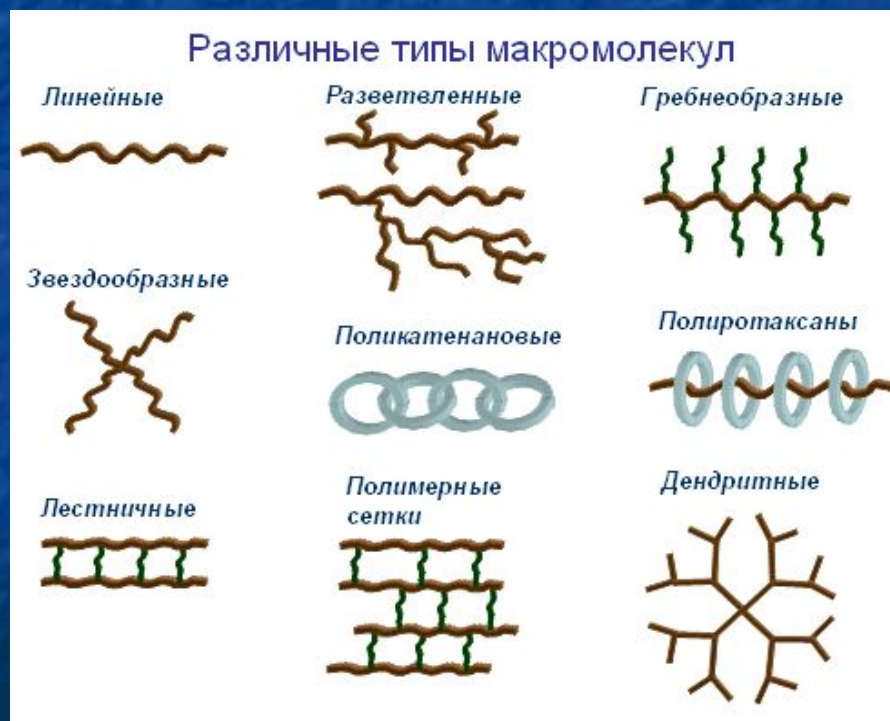
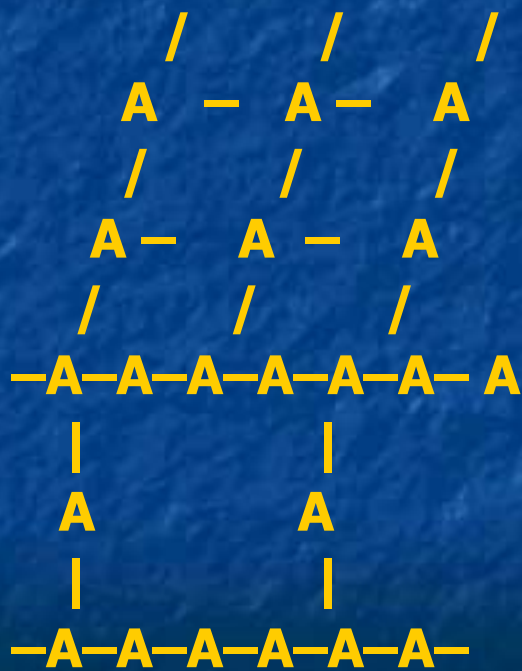
Разветвленный полимер представляет собой длинную цепь (называемую обычно главной, или основной) с боковыми ответвлениями (боковые цепи), причем число этих ответвлений и их длина могут варьироваться в очень широких пределах.

Сетчатые полимеры



Сетчатыми, или пространственными

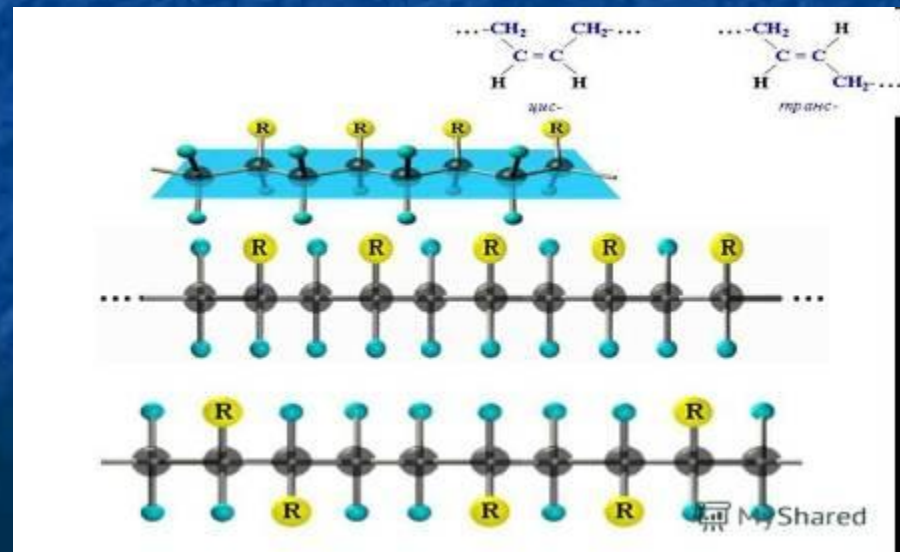
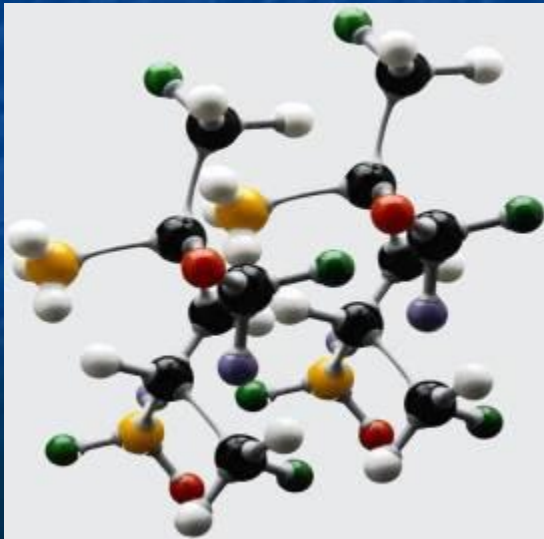
полимерами называются полимеры, которые построены из длинных цепей, соединенных друг с другом в трехмерную сетку поперечными химическими связями:



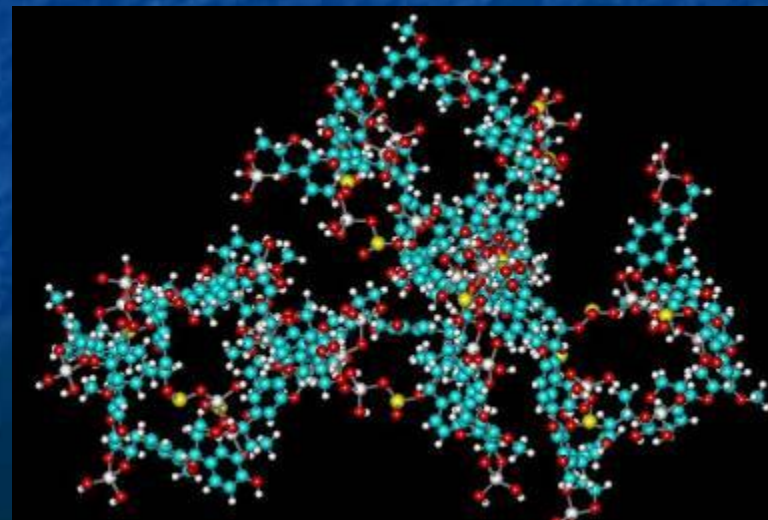
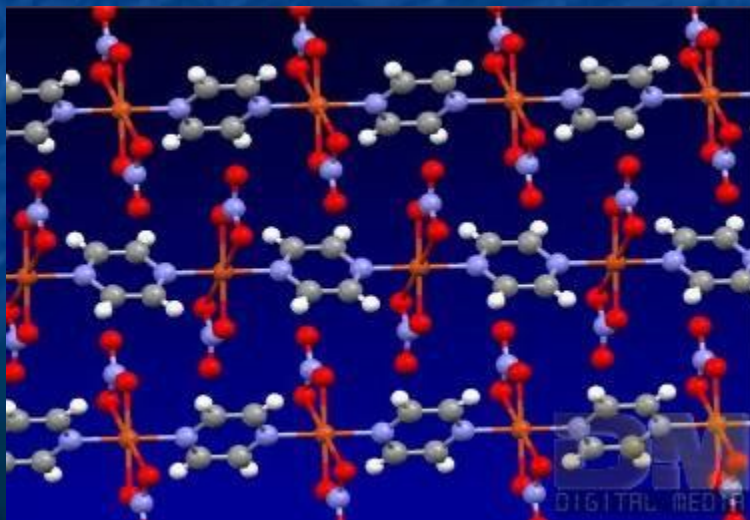
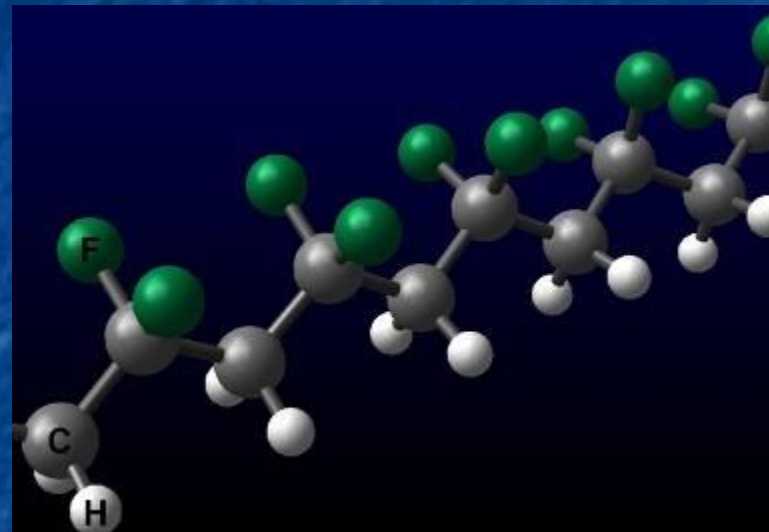
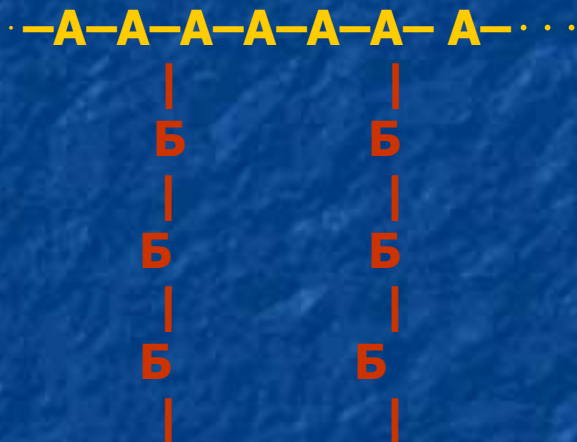
В молекулах сополимеров остатки мономеров могут располагаться в цепи **беспорядочно** (по закону случая) или **регулярно**.

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**:

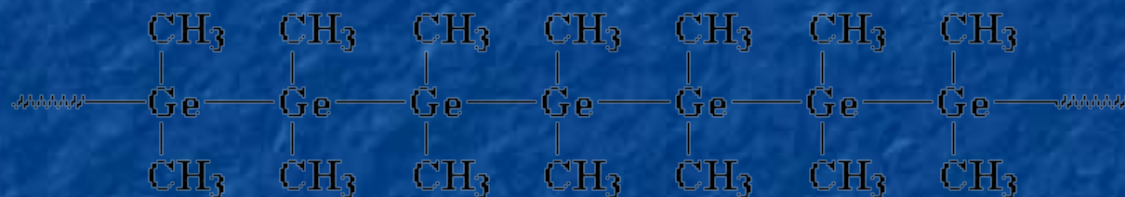


По строению главной цепи все полимеры делятся на **гомоцепные и гетероцепные**.

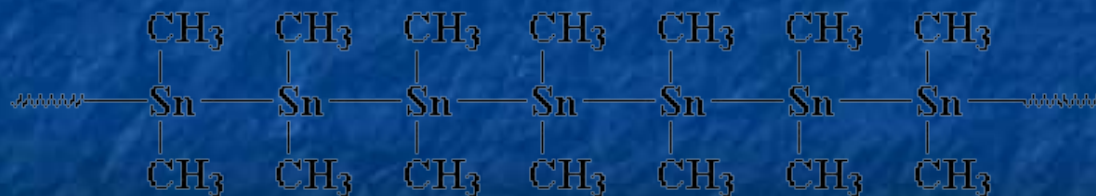
Гомоцепными называются полимеры (гомополимеры), главные цепи которых построены из **одинаковых атомов**, например из атомов углерода, серы, фосфора и т. д. Полимеры, в которых главная цепь макромолекулы состоит только из атомов углерода, называются карбоцепными:



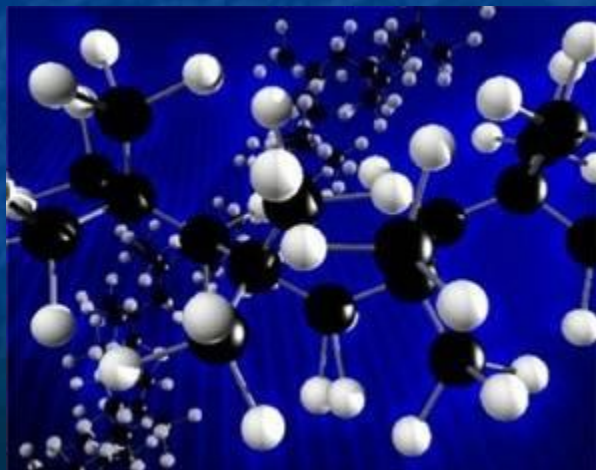
Гетероцепными называются полимеры, главная цепь которых построена не только из атомов углерода, но и из других атомов (гетероатомов), например:



polydimethylgermane



polydimethylstannane



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

Термореактивные 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 термореактивные смолы изменяются мало. Основная масса термореактивных 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.

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

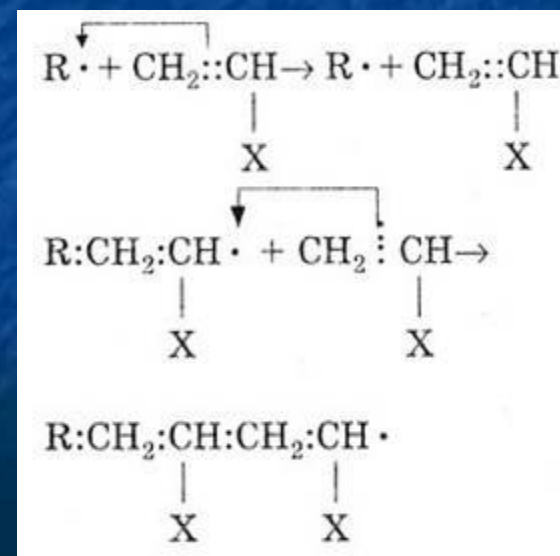
Полимерные материалы, применяемые в качестве **конструкционных материалов** или в виде обкладок, композиций, лаков, изготавливаются на основе синтетических полимеров с добавлением к ним различных веществ. Эти добавки вводятся в различных количествах, и каждая придает получаемому материалу те или иные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



2. Получение полимеров

Большую часть полимеров получают из низкомолекулярных соединений путем осуществления двух принципиально различных методов синтеза.

Один из них осуществляется с помощью реакции **полимеризации**, в ходе которой происходит образование полимера из мономеров, так получают полиэтилен из молекул этилена. Таким же образом могут осуществляться реакции **сополимеризации**, на которых основывается получение синтетических каучуков; например, бутадиеновые каучуки получают при **сополимеризации** бутадиена со стиролом или акрилонитрилом. С помощью реакции **сополимеризации** получают также сополимер винилхлорида с винилацетатом, сополимер этилена с пропиленом и др. В названии полимеров, как правило, используют приставку «поли» перед названием мономера, из которого синтезирован материал: **поливинилхлорид, полипропилен, полистирол, полиакрилат, полиамид и т. д.**



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 термореактивных 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** ($-\text{CH}-\text{O}-$),

амидные ($-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-$), сложноэфирные ($-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-$), и простые эфирные ($-\text{C}(\text{O})-\text{O}-\text{C}(\text{O})-$).



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 .

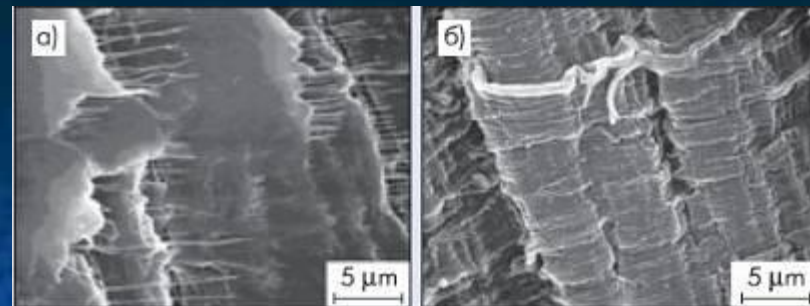
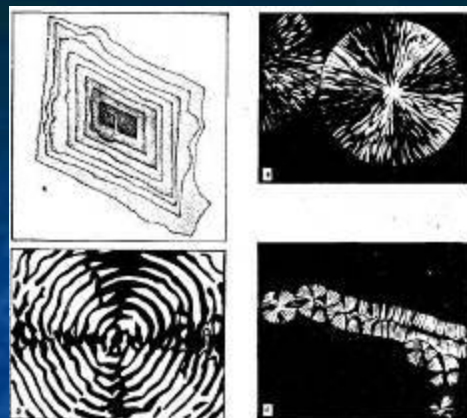
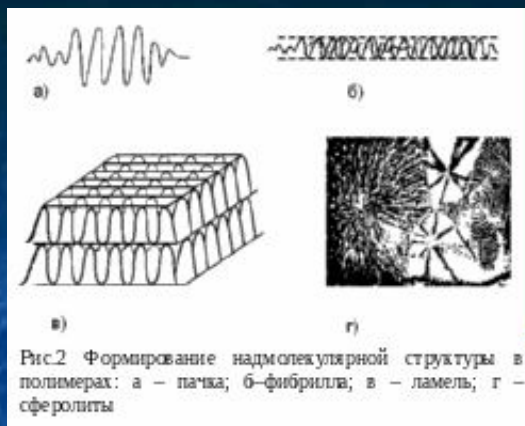
Введение в полимер алифатических звеньев $-(\text{CH}_2)_2-$ или $-(\text{CH}_2)_4-$ **повышает подвижность молекул**, а следовательно, и **проницаемость** материала. **Водостойкость полимеров увеличивается с введением в полимерную цепь ароматических звеньев**. Например, высокую устойчивость к гидролизу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



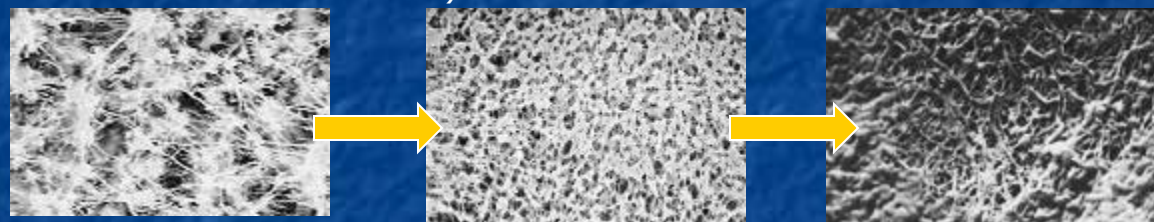
- Водостойкость композиционных материалов определяется не только обозначенными выше процессами, протекающими в полимерном связующем (матрице) и наполнителе, но и нарушением под действием воды адгезионной связи на поверхности раздела.
- Влияние воды на свойства полимерных композиционных материалов можно 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-твёрдое 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-твёрдое 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 формировании 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, термореактивные 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: **– H₂C – 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 ($-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-$) $_n$. 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 теплостойкость** (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!**

