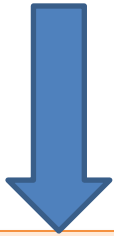


Основные виды связующих для полимерных композиционных материалов

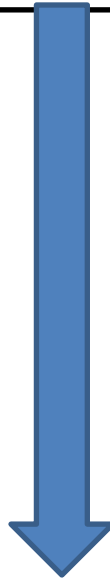
Виды связующих

термореактивные



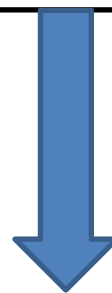
Отвержденные
эпоксидные,
эфирные, имидные,
кремнийорганические и
др.
олиго

термопластичные



Плавкие связующие на основе
полипропилена,
Полиэтилена, полисульфонов и т.д.

гибридные



Сочетает термореактивные
и термопластичные
связующие

Терморезактивные связующие

(олигомеры)

**Фенолформальдегидные
связующие**

Фурановые полимеры

**Кремнийорганические
полимеры**

(полиорганосилоксаны)

Ненасыщенные олигоэфиры

Эпоксидные олигомеры

Фенолформальдегидные

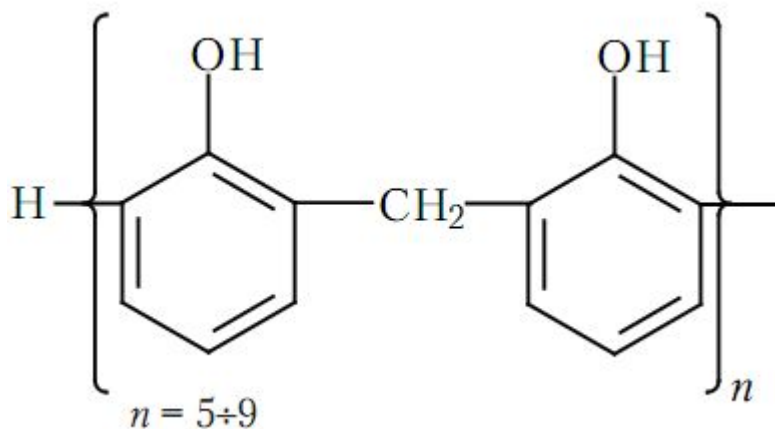
полимеры

Фенолформальдегидные олигомеры используют в производстве различных композиционных материалов — пресс-порошков, волокнитов, слоистых пластиков и т. п.

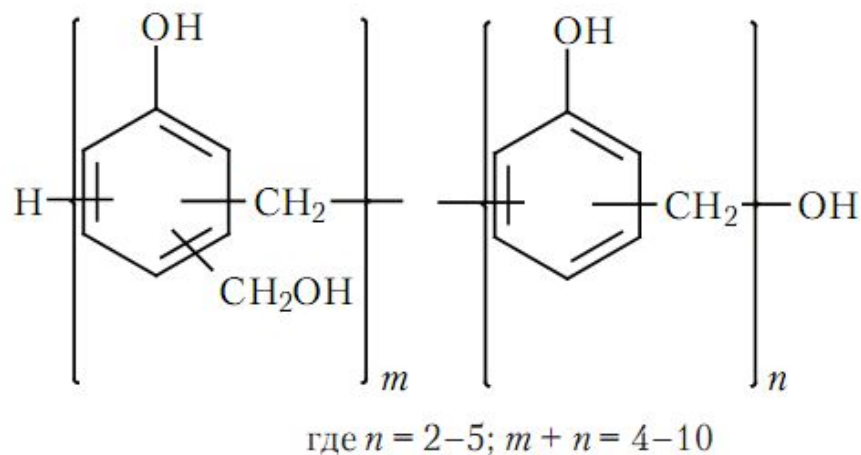
Изделия на основе фенолформальдегидных полимеров характеризуются высокой механической прочностью, теплостойкостью, устойчивостью к кислотам, хорошими электроизоляционными свойствами

Фенолформальдегидные олигомеры

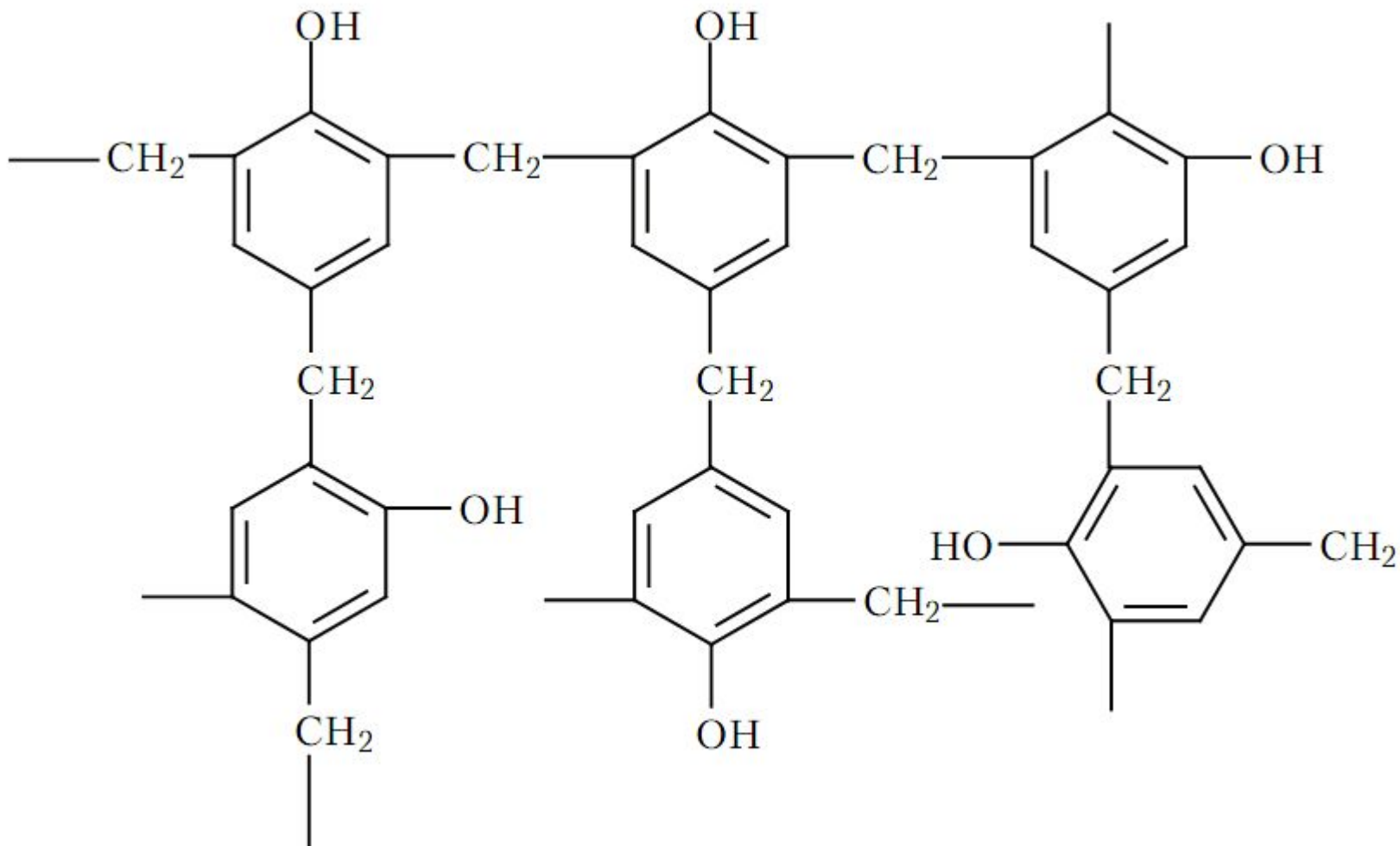
*термопластичные
(новолачные)
олигомеры*



*терморезистивные
(резольные)
олигомеры*



При нагревании резолы постепенно отверждаются превращаясь в полимеры пространственно-сетчатого строения — резиты



Фенолформальдегидные полимеры
пространственно-сетчатого строения
(рези-
ты) характеризуются довольно высокой
термической стабильностью.

Изделия выдерживают длительное
воздействие температур до 200 °С,

сутками — 200–250 °С

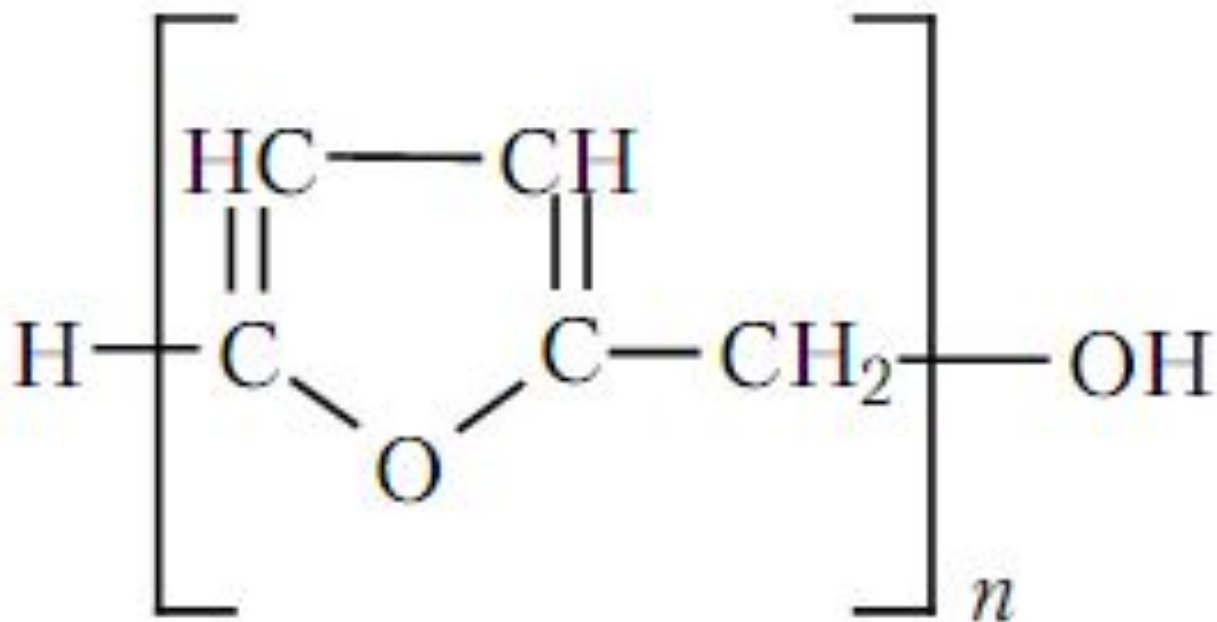
минутами — 500–1000 °С

в течение секунд — 1000–1500 °С

При температурах выше 250 °С полимеры
образуют термостойкий, прочный
углеродистый продукт.

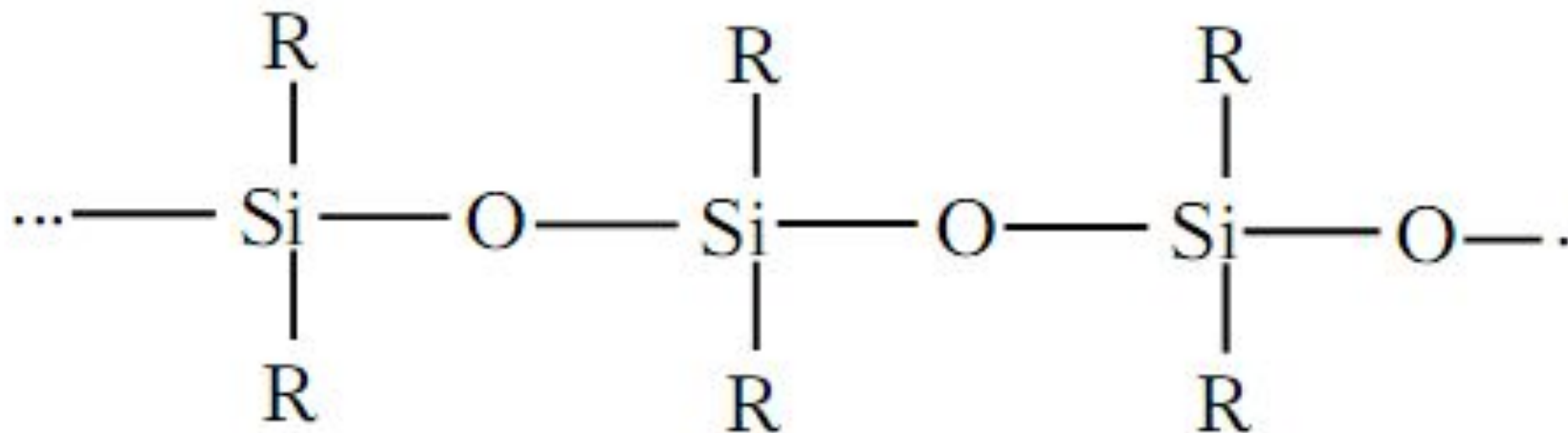
Фурановые

ПОЛИМЕРЫ



Высокая функциональность производных фурана позволяет получать на их основе термореактивные олигомеры и неплавкие и нерастворимые густосетчатые полимеры, характеризующиеся высоким теплостойким, химостойким и пиролитическим остатком (коксовое число 85–90%)

Кремнийорганические полимеры (полиорганосилоксаны)

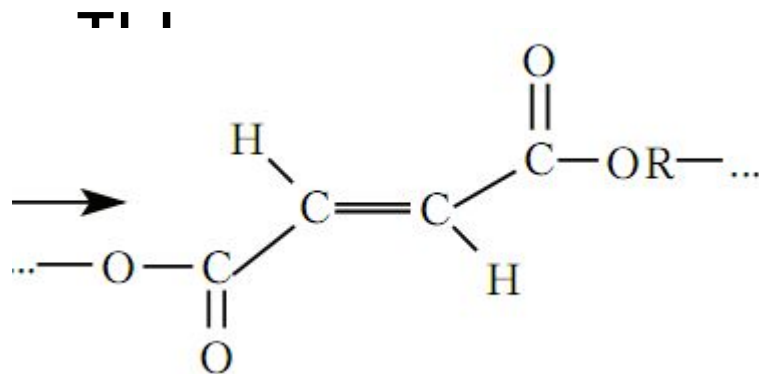


где R – алкил- или
арилгруппа

Обладают высокой термо-, морозо- и светостойкостью, хорошие диэлектрики, высокая атмосферостойкость, устойчивость к действию слабых кислот и щелочей. Высокая термостойкость (вплоть до 400–500 °С), определяются специфическим характером связи Si–O и ее влиянием на органические заместители, соединенные с атомом кремния (энергия связи Si–O = 422–494 кДж/моль, тогда как C–C — всего 262 кДж/моль)

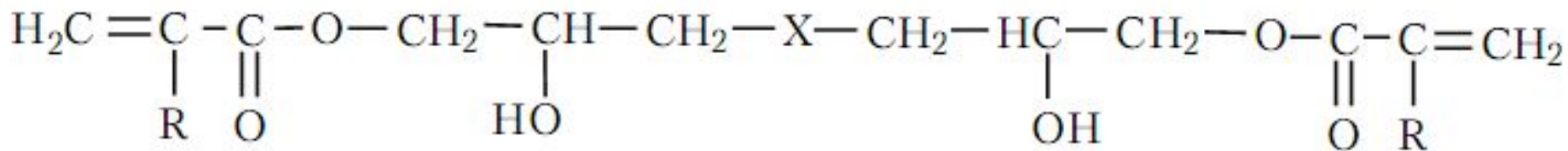
Ненасыщенные олигоэфиры

олигоэфирмалеина

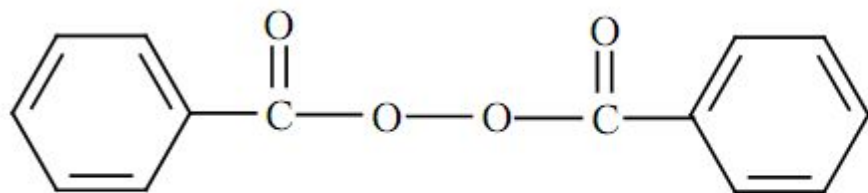


олигоэфиракрила

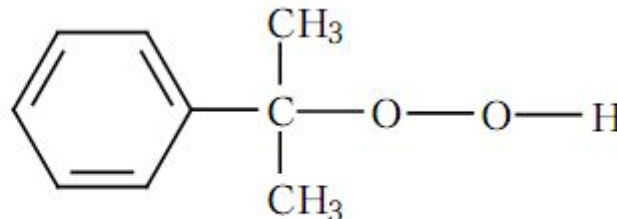
ТЫ



Олигоэфирмалеинаты отверждаются в присутствии активаторов –пероксидов и азосоединений



Пероксид бензоила



Гидропероксид кумола

Отверждение может происходить без нагрева, а так же под действием УФ- и радиационного облучения. Характеризуются низкой ценой и широким ассортиментом

Олигоэфиракрилаты способны к гомополимеризации, что позволяет готовить лаки и другие композиции на их основе без использования легколетучих и токсичных ненасыщенных мономеров

Горячее отверждение

50–120 °С

инициаторами отверждения служат пероксиды бензоила, дикумила и др.

Холодное отверждение

Для отверждения при комнатной температуре применяют бинарные системы (например, пероксид бензоила+диметиланилин)

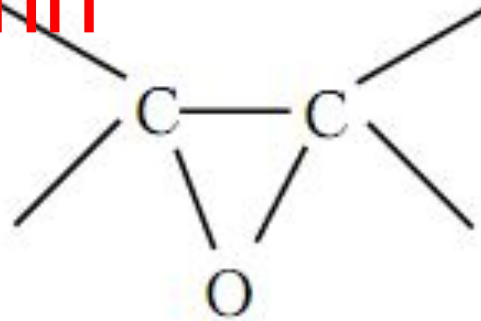
Можно инициировать светом, излучениями высокой энергии (γ -лучи, быстрые электроны) и катализаторами ионной полимеризации

Эпоксидные олигомеры

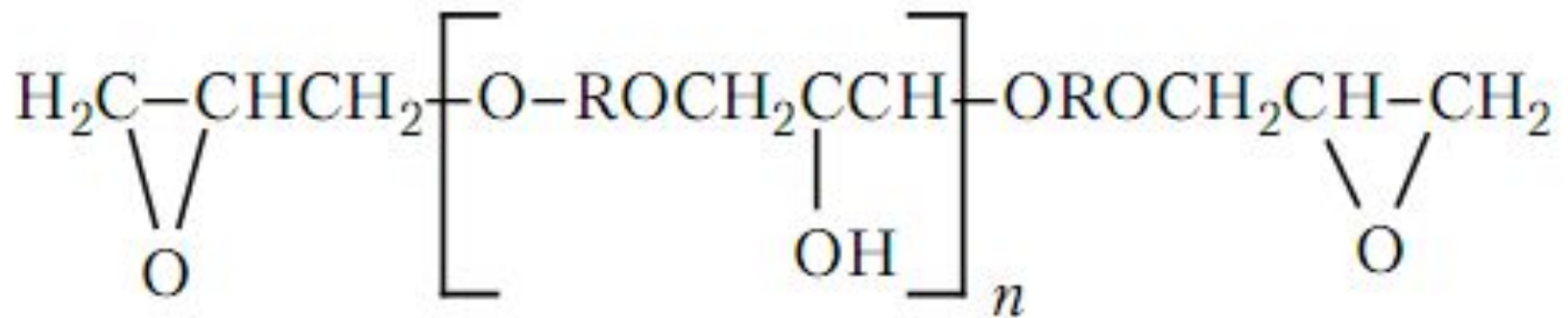
Эпоксидные олигомеры и полимеры являются одним из лучших видов связующих для большого числа наполнителей. Достоинствами эпоксидных связующих :

- хорошая адгезия к большинству наполнителей,
- отсутствие выделения летучих побочных продуктов при отверждении,
- пониженная усадка по сравнению с фенольными и полиэфирными материалами,
- высокая химическая стойкость,
- хорошие электроизоляционные показатели

Эпоксидная групп



Диановая эпоксидная смола



эпоксидных олигомеров представляют собой либо вязкие жидкости, либо низкоплавкие твердые вещества, хорошо растворимые в кетонах, эфирах, толуоле

ОТВЕРЖДЕНИЕ

*сшивающие
отвердите*

ли

содержат в молекулах
амино-,
карбоксильные,
ангидридные,
изоцианатные,
гидроксильные и
другие группы

*отвердители
каталитического*

действия

катализируют
полимеризацию
эпоксидных групп по
катионному и анионному
механизмам

Эпоксидные полимеры — хорошие матрицы для создания стеклопластиков. Помимо стекловолокон и стеклотканей, используют кварцевые волокна и ткани, бороуглеродные волокна, карбидокремниевые и др. неорганические волокна, волокна из органических полимеров, в частности, высокопрочные синтетические волокна из поли-*п-фенилентерефталамида и других арамидов*. Благодаря хорошей адгезии к стеклу, керамике, дереву, пластмассам, металлам, эпоксидные олигомеры и полимеры широко используются в производстве клеев, компаундов горячего и холодного отверждения

Термопластичные связующие (полимеры)

Полиолефины
Поливинилхлорид
Полистиролы
Полиметилметакрилаты
Полиамиды
Фторопласты

Полиолефин

ы

Полиолефинами называется группа полимерных материалов, получаемых путем полимеризации и сополимеризации непредельных соединений ряда олефинов —этилена, пропилена, бутена, гексена и др.

Полиолефины — наиболее крупнотоннажные полимеры,

производство которых достигает десятков миллионов

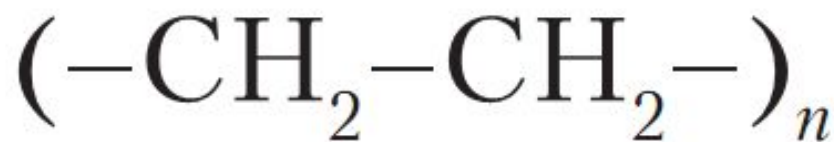
тонн (35% мирового объема производства полимеров)

Важнейшие представители полиолефинов

полиэтилен

полипропилен

н



ПОЛИЭТИЛЕ



```
graph TD; A[ПОЛИЭТИЛЕ] --> B[низкой плотности (ПЭНП)]; A --> C[высокой плотности (ПЭВП)]; A --> D[сверхвысокомолекулярный (СВМПЭ)]; A --> E[среднего давления (ПЭСД)]; B --> F[высокого давления (ПЭВД)]; C --> G[низкого давления (ПЭНД)];
```

The diagram is a hierarchical flowchart starting with 'ПОЛИЭТИЛЕ' in a light orange box at the top. Four blue arrows point downwards from this box to four red boxes: 'низкой плотности (ПЭНП)', 'высокой плотности (ПЭВП)', 'сверхвысокомолекулярный (СВМПЭ)', and 'среднего давления (ПЭСД)'. From 'низкой плотности (ПЭНП)', a blue arrow points to 'высокого давления (ПЭВД)'. From 'высокой плотности (ПЭВП)', a blue arrow points to 'низкого давления (ПЭНД)'. A large red letter 'Н' is positioned in the center of the diagram, between the first and second levels of arrows.

Н

низкой
(ПЭНП)

плотности

высокого
(ПЭВД)

давления

сверхвысокомолекулярн
ый

(СВМПЭ)

высокой плотности (ПЭВП)
низкого давления (ПЭНД)

среднего
давления

(ПЭСД)

ПЭ низкой плотности (ПЭНП) ПЭ высокого давления(ПЭВД)

Получают полимеризацией этилена при высоком давлении (100–3500 МПа) температуре 200–300 °С в присутствии инициаторов (кислород, перекиси). Молекулярная масса ПЭНП 20 000–500 000 (главным образом 20 000–40 000) Степень кристалличность 50—60 %

Легкий, прочный, гибкий материал с низкой газо- и водопроницаемостью, хороший диэлектрик. Обладает высокой химической стойкостью к органическим растворителям и агрессивным средам. Применяется для изготовления пленок, ламинированных упаковочных материалов (с фольгой, с бумагой), для изоляции проводов и кабелей, для изготовления детских игрушек, изделий бытового назначения, медицинских изделий, для изготовления бутылок и других видов упаковочных изделий, для изготовления пенополиэтилена. Выпускается в виде гранул или порошков без добавок (базовые марки) и в виде композиций на их основе со стабилизаторами и другими добавками, окрашенный и

высокой плотности (ПЭВП) низкого давления (ПЭНД)

Получают полимеризацией этилена при низком давлении (0,2–6 МПа), температуре 80–180 °С с использованием металлоорганических катализаторов. Молекулярная масса ПЭВП может меняться в пределах 80 000–3 000 000, однако основная масса полимера (стандартный ПЭВП) имеет молекулярную массу от 30 000 до 700 000. Степень кристалличность 75-80%

По сравнению с ПЭНП характеризуется более высокой теплостойкостью, повышенными показателями физико-механических характеристик при растяжении и изгибе. Применяется для изготовления трубопроводов для транспортировки жидкостей и газов, коррозионно-устойчивой аппаратуры, всевозможных бутылок, бочек и других емкостей, в качестве изоляционного материала в электротехнике и электронике, для изготовления тары пищевого назначения, в медицинской технике. Выпускается в виде порошка (базовые марки), а композиции на их основе - в виде порошка или гранул, содержащих стабилизаторы, пигменты и разнообразные целевые добавки. Кроме того, выпускается ряд марок модифицированного ПЭВП (сополимеры с пропиленом и другими сомономерами)

среднего давления (ПЭСД)

Получают полимеризацией этилена при температуре (100—120 °С) и давлении (3-4 Мпа) в присутствии катализатора. Продукт выпадает из раствора в виде хлопьев. Получаемый по этому методу полиэтилен имеет средневесовой молекулярный вес 300 000—400 000, степень кристалличности 80-90 %

сверхвысокомолекулярный (СВМПЭ)

Получается на
металлоорганических
катализаторах

Его молекулярная масса может
достигать

5 000 000–8 000 000

Степень кристалличности - 80%

По сравнению с ПЭВП обладает повышенными прочностными показателями, высокой износостойкостью, химической стойкостью в наиболее агрессивных средах; температурный интервал его эксплуатации от -260 до $+120$ °С.

Выпускается в виде порошка. Применяется для изготовления высокопрочных технических изделий, стойких к удару, растрескиванию ;

Находит широкое применение в эндопротезировании;

изолирующих деталей аппаратуры, работающей в диапазоне высоких и сверхвысоких частот;

для изготовления пористых изделий;

для изготовления высокопрочных волокон;

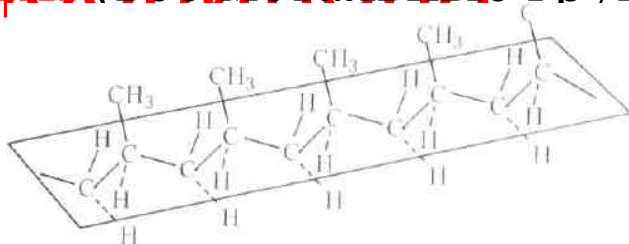
для замены дорогостоящего и дефицитного фторопласта

полипропилен

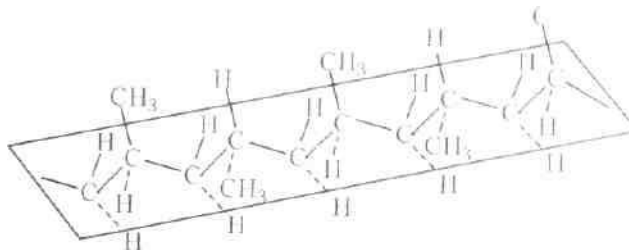
Получают при низком и среднем давлении (0,3–10 МПа) и температуре 80 °С на стереоспецифических катализаторах Циглера–Натта

Строение

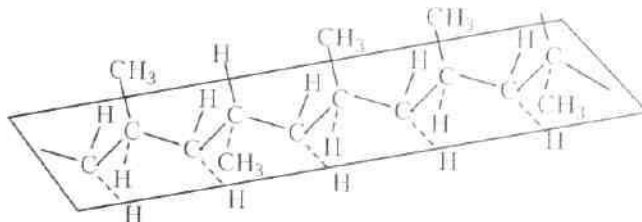
Изоотактический (все метильные группы на одной стороне цепи)



Синдиотактический (метильные групп расположены попеременно с двух сторон цепи)



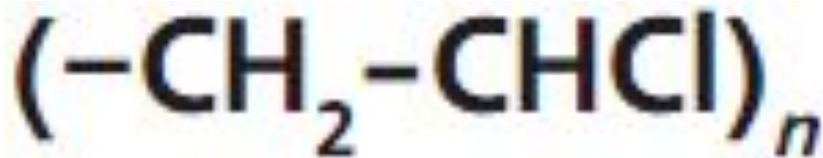
Атактический (метильные группы расположены статистически)



ПП выпускается в виде порошка белого цвета или гранул, стабилизированным, окрашенным или неокрашенным.

На основе базовых марок выпускается значительное число композиций (морозостойких, наполненных различными наполнителями, самозатухающих), а также окрашенные материалы с широкой цветовой гаммой. Изготавливают двухосноориентированную пленку для упаковки пищевых продуктов и производства конденсаторов, выпуска волокон и нитей для технических и бытовых целей. Большой ассортимент изделий из полипропилена используется в автомобильной промышленности и бытовой электроаппаратуре

Поливинилхлорид

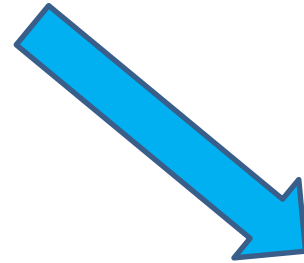


Получается методами радикальной полимеризации винилхлорида в массе, в суспензии или эмульсии. Выпускается в виде белого порошка, структура и размер частиц которого зависят от метода полимеризации

(от **0,1–1,0 мкм** у эмульсионного до **100–200 мкм** у суспензионного). Один из наиболее крупнотоннажных полимеров, по объему производства занимает второе место (после

Является компонентом для
получения

КОМПОЗИЦИЙ



**Жесткий
ПВХ**

(винипласт)

**Мягкий
ПВХ
(пластика**

т)

Пластизоль

Жесткий

ПВХ

Обладает высокой механической прочностью, высокими

водо- и химостойкостью, хорошими диэлектрическими

характеристиками. К числу недостатков относятся низкая

ударная прочность и невысокая температура эксплуатации (**не выше 70–80 °С**)

Состав:

-полимер,

-стабилизаторы,

-смазки,

-красители (пигменты).

Эластичный ПВХ

Содержит значительные количества различных пластификаторов (до 50%), характеризуется большим разрывным удлинением, возможностью эксплуатации при низких температурах (до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Обладает резиноподобными свойствами (эластомеры)

Пластизоль

ПВХ



Содержит в своем составе от **50 до 120%** пластификаторов.

При нагревании порошкообразный полимер

впитывает

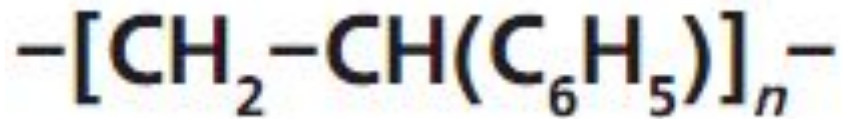
Пластификаторы и сплавляется в однородную массу (жалатинизация).

Применяется в медицине , пищевой промышленности , в

отделочных материалах, искусственной кожи

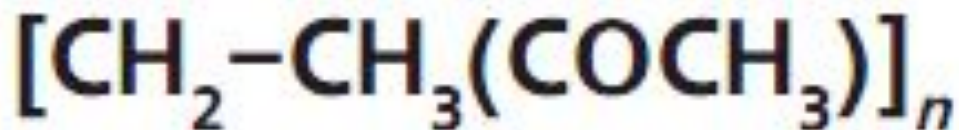
и автомобилестроении

Полистирольные пластики



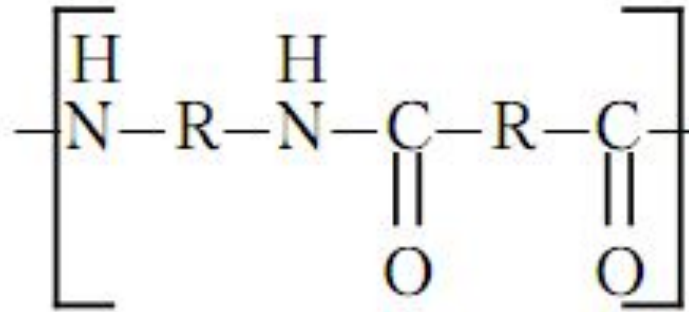
Получают непрерывной блочной полимеризацией, суспензионным или эмульсионным способом. Он выпускается в виде порошка или гранул, хорошо окрашивается. Отличается высокими диэлектрическими свойствами, оптической прозрачностью, низкой теплостойкостью (до 70 °С) и низкой ударной вязкостью

Полиметилметакрилат



Получают полимеризацией метилметакрилата или его сополимеризацией с другими мономерами акрилового ряда; производится в виде листовых, гранулированных и порошкообразных материалов. Отличается исключительно высокой прозрачностью (коэффициент светопропускания до (90–95%), высокой температурой размягчения (90–140 °С для различных марок), хорошими механическими свойствами

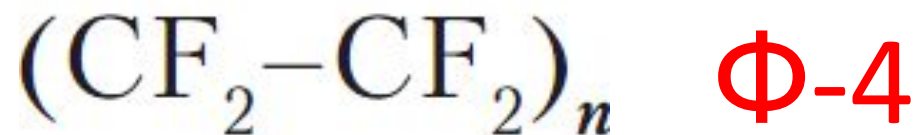
Полиамиды



Получают двумя методами — полимеризацией циклических лактамов (капролактама, энантолактама, и др.) и поликонденсацией диаминов с дикарбоновыми кислотами (или их солями).

Наиболее распространенными являются **полиамид-6** (капрон, на основе капролактама), **полиамид-66** (найлон на основе адипиновой кислоты и гексаметилендиамина), **полиамид-610** (на основе гексаметилендиамина и себаценовой кислоты), **полиамид-12** (на основе додекалактама). Полиамиды характеризуются высокими физико-механическими показателями (особенно при ударных нагрузках), прекрасной стойкостью к маслам, углеводородам (бензин, керосин), химической стойкостью (особенно в щелочных средах), низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью, способностью работать в абразивных средах

Фторполимеры



Полимеры на основе тетрафторэтилена и его сополимеров с диеновыми соединениями различного строения получают эмульсионной (примерно 0,25 мкм) или суспензионной (50-500 мкм) полимеризацией

Характеризуются чрезвычайно высокими химической стойкостью и диэлектрическими характеристиками, широким диапазоном эксплуатации

(от -260 до 350 °С для Ф-4, от -100 до 280 °С для Ф-40), очень низкими значениями коэффициента трения

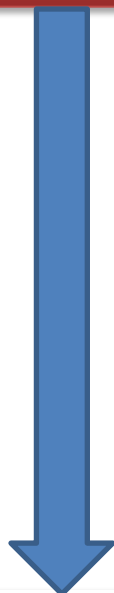
Имеется ряд наполненных материалов на основе Ф-4, содержащих графит, кокс, дисульфид молибдена, металлические порошки, стеклянное волокно и другие наполнители

Модифицированные матричные полимеры



Смесь
различных
реактопласто

В



Смесь
термопластов



Смесь
термопласто

В
И

реактопласто

В

Смесь реактопластов

Удастся сформировать более плотную сетку пространственных связей или более эластичный материал. Для некоторых систем повысить (на 50-100°С) температуру эксплуатации. В зависимости от строения олигомеров и требуемого комплекса свойств может меняться в пределах 40–60 %масс.

Смесь термопластов

Удается :

-повысить ударные характеристики при добавлении каучукоподобных модификаторов.

-снизить вязкость смеси при использовании ЖК-полимера (введение 5-10% снижают вязкость от 10 до 25 раз).

-как у аморфных, так и у кристаллических полимеров отмечается повышение термостабильности.

-ЖК-полимеры увеличивают прочность смеси.

Смесь термопластов и реактопластов

Термопласт растворяется в олигомере и при отверждении образует микрогетерогенную структуру с размерами частиц **менее 1 мкм**, что обеспечивает снижение внутренних напряжений и повышение прочности и эластичности. С ростом молекулярной массы модификатора его эффективность увеличивается.