

ОСНОВНЫЕ СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ

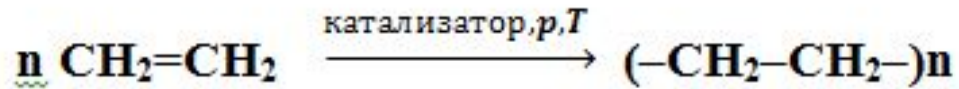
- ❖ Полиэтилен,
- ❖ Полипропилен,
- ❖ Поливинилхлорид,
- ❖ Тефлон (политетрафторэтилен),
- ❖ Полистирол
- ❖ Полиметилметакрилат
- ❖ Синтетические каучуки
- ❖ Полиакрилонитрил, углеродные волокна
- ❖ Фенолоформальдегидные смолы
- ❖ Эпоксидные смолы

ПОЛИЭТИЛЕН

- бесцветный, полупрозрачный в тонких и белый в толстых слоях,
- воскообразный, но твердый материал
с $T_{пл} = 110-125^{\circ}\text{C}$, $T_{ст} = -60^{\circ}\text{C}$,
- в виде пленок проницаем для многих газов (H_2 , CO_2 , N_2 , CO , CH_4 , C_2H_6), но практически непроницаем для паров воды и полярных жидкостей. Через него могут просачиваться йод и бром. Набухает и растворяется только в ароматических углеводородах при повышенных температурах.

Полиэтилен

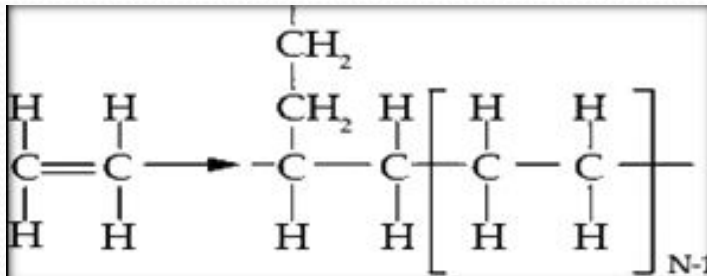
$[-\text{CH}_2 - \text{CH}_2-]_n$ представляет собой карбоцепной полимер, получаемый из чистого фракционированного этилена, содержащего 99,9% этилена.



В кристаллических областях макромолекулы полиэтилена имеют конформацию плоского зигзага с периодом идентичности $2,53 \cdot 10^{-4}$ мкм.

Полиэтилен

Полиэтилен высокого давления (ПЭВД) имеет плотность 916-930 кг/м³ и называется полиэтиленом низкой плотности (ПЭНП).



разветвленный полимер



Полиэтилен высокого давления (ПЭВД) или полиэтилен низкой плотности (ПЭНП)

Образуется в автоклавном или трубчатом реакторе

- по радикальному механизму в присутствии инициатора (кислород или органический пероксид);
- при температуре 200—260°C;
- давлении 150—300 Мпа.

ПЭВД имеет

- молекулярный вес 80 000—500 000;
- степень кристалличности составляет 50-60 %.

Жидкий продукт в последующем гранулируют.



Полиэтилен среднего давления (ПЭСД)

Получают в автоклавном или трубчатом реакторе

- по ионно-координационному механизму в присутствии катализатора Циглера-Натты (специальная смесь AlR_3 и $TiCl_4$)
- при температуре $100—120^{\circ}C$;
- давлении $3—4$ Мпа.

ПЭСД

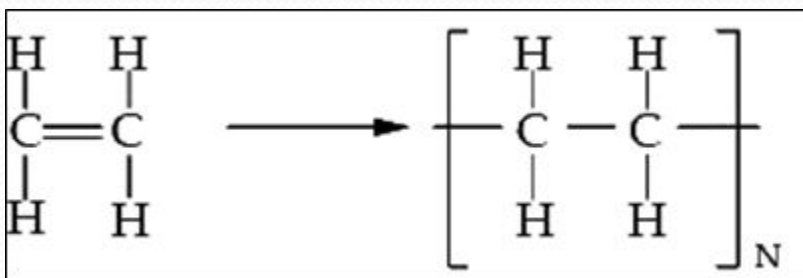
- имеет средневесовой молекулярный вес $300000—400000$;
- степень кристалличности $80-90\%$.

Выпадает из раствора в виде хлопьев.



Полиэтилен низкого давления (ПНД) или полиэтилен высокой плотности (ПЭВП).

Имеет плотность 0.94-0.95г/см³.



линейный полимер



) или полиэтилен высокой плотности и (ПЭВП)

Получают в автоклавном или трубчатом реакторе по ионно-координационному механизму в присутствии катализатора Циглера-Натты (специальная смесь AlR_3 и $TiCl_4$) при температуре $120—150^\circ C$; давлении $0.1—2$ МПа;

ПЭНД

имеет молекулярный вес $80000—3000000$, степень кристалличности составляет $80-90\%$.



ПОЛИЭТИЛЕН

Свойства	полиэтилен высокой плотности (ПЭВП)	полиэтилен низкой плотности (ПЭНП)
СП	1000 – 50000	800 – 80 000
$T_{пл}, ^\circ\text{C}$	129 – 135	108 – 115
$T_{ст}, ^\circ\text{C}$	$\approx - 60$	$\approx - 60$
Плотность, г/см ³	0,95 – 0,96	0,92– 0,94
кристалличность	высокая	низкая
растворимость	В ароматических углеводородах при температурах выше 120 ^o C	В ароматических углеводородах при температурах выше 80 ^o C

ПОЛИЭТИЛЕН

- окисляется кислородом воздуха, под влиянием нагревания и воздействия солнечного света (термоокислительная деструкция)
- Подвергается фотостарению при прямом воздействии УФ лучей и солнечной радиации(светорегуляторы -производные бензофенонов и сажа).
- Полиэтилен устойчив к кислотам и щелочам любой концентрации, воде, алкоголю, овощным сокам, бензину, маслу, растворителям.
- физиологически нейтрален.
- непосредственно из полиэтилена в окружающую среду не выделяются вредные для человека вещества.
- Проницаемость для газов ПЭНП в 5—10 раз выше проницаемости ПЭВП.

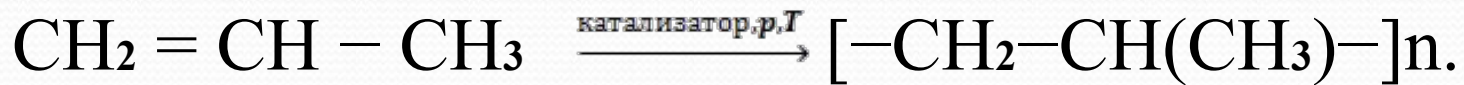
ПОЛИЭТИЛЕН

Комплекс физико-механических, химических и диэлектрических свойств ПЭ позволяет широко применять его во многих отраслях промышленности (кабельной, радиотехнической, химической, легкой, медицине и др.).

Изделия из полиэтилена	Применение, %
Пленки и листы	60—70
Изоляция электрических проводов	5—9
Трубы и профилированные изделия	1—3
Изделия, полученные литьем под давлением	10—12
Изделия, полученные выдуванием	1—5
Экструзионные изделия	5—10
Прочие изделия	1—8

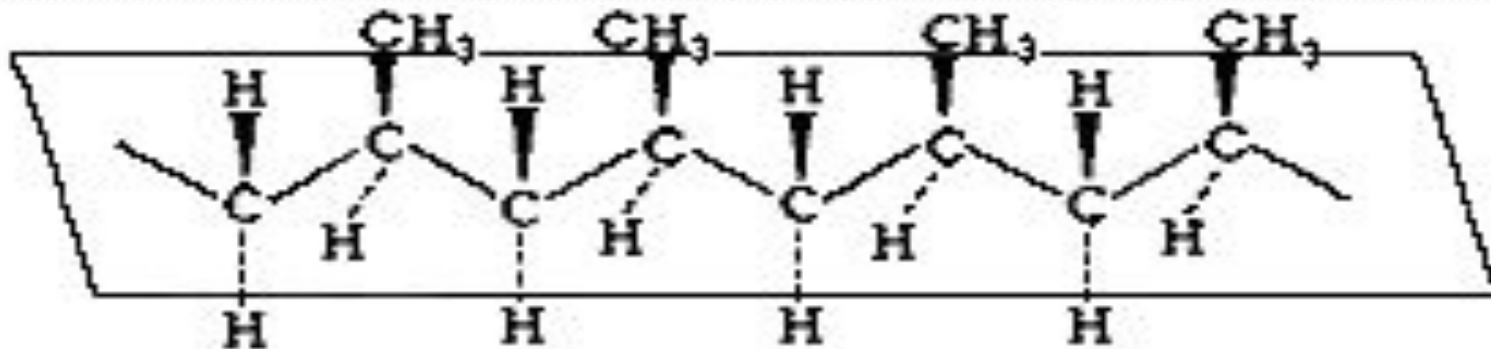
ПОЛИПРОПИЛЕН

$[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)]_n$ — получают из
непредельного углеводорода пропилена 98 – 99%
чистоты в среде растворителей пропан –
пропиленовой фракции и экстракционного бензина
или в массе мономера с катализатором Циглера –
Натты $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl} + \text{TiCl}_4$.

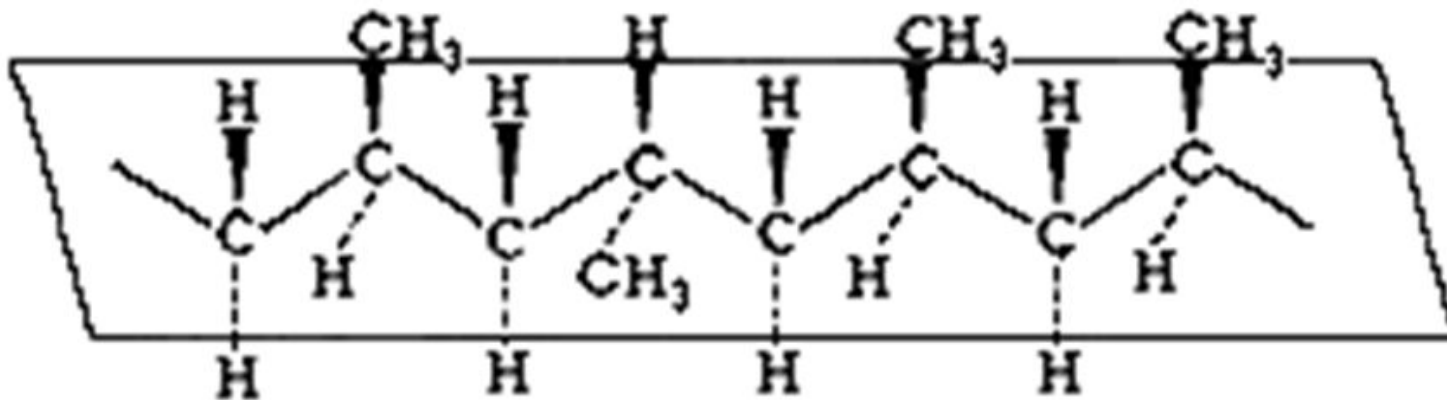


ПОЛИПРОПИЛЕН

Полимеры стереорегулярного строения могут быть **изотактической структуры** (метильные группы по одну сторону)



и **атактической структуры** (метильные группы расположены случайным образом)



ПОЛИПРОПИЛЕН

- Полипропилен - легкий, жесткий и прозрачный полимер, обладающий блеском и высокими механическими свойствами (наилучшая среди термопластов прочность при изгибе).
- При нормальной температуре ПП набухает в ароматических и хлорированных углеводородах, а при температурах выше 80°C в них растворяется.
- По водостойкости, а также стойкости к действию растворов кислот, щелочей и солей ПП подобен ПЭ. Он разрушается лишь под действием $98\% \text{H}_2\text{SO}_4$ и $50\% \text{HNO}_3$ при температуре выше 70° .
- При отсутствии внешнего механического воздействия изделия из ПП сохраняют свою форму до 150°C . Они устойчивы в кипящей воде и могут стерилизоваться при $120\text{—}135^{\circ}\text{C}$.

ПОЛИПРОПИЛЕН

- Электрические свойства как у полиэтилена. Пленка имеет малую газо - и паропроницаемость. Применяется для изоляции высокочастотных кабелей и монтажных проводов, в качестве диэлектрика высокочастотных конденсаторов.
- Полипропилен в отличие от полиэтилена обладает двумя существенными недостатками: малой морозостойкостью и более легкой окисляемостью при действии высоких температур.

Полипропилен

Свойства полипропилена

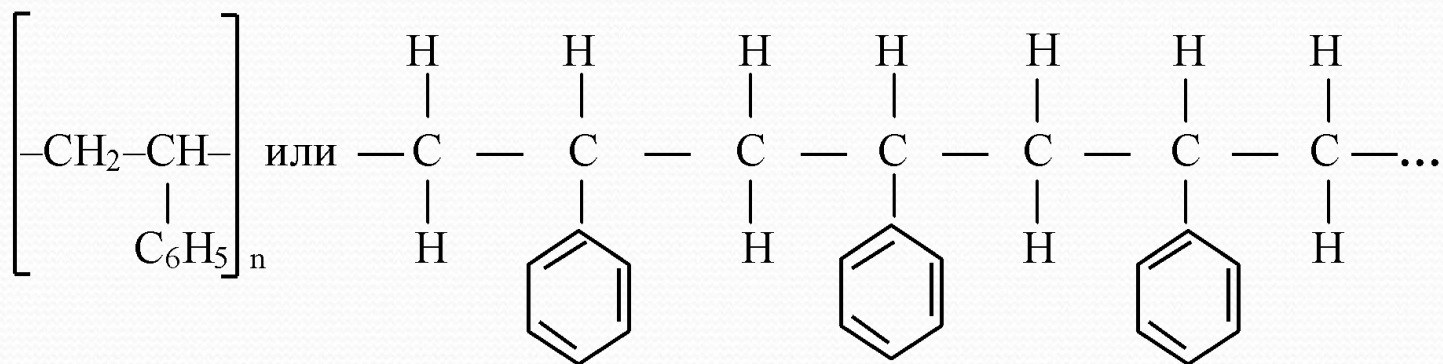
<i>Плотность, г/см</i>	<i>0,90-0,92</i>
<i>Массовая доля, %</i>	
<i>изотактической фракции</i>	<i>95...98</i>
<i>атактической фракции</i>	<i>5...2</i>
<i>Предел прочности при разрыве, кг/см²</i>	<i>260-400</i>
<i>Относительное удлинение при разрыве, %</i>	<i>200-700</i>
<i>Температура плавления, 0С</i>	<i>160-170</i>
<i>Температура стеклования, 0С</i>	<i>-10...-20</i>
<i>Степень кристалличности, %</i>	<i>50-75</i>
<i>Морозостойкость, 0С</i>	<i>-10 и ниже</i>
<i>Теплопроводность, кал/сек×см×град</i>	<i>0,00033</i>
<i>Удельная теплоемкость, кал/г×град</i>	<i>0,40-0,50</i>
<i>Козффициент объемного расширения при 20 0С</i>	<i>0,00033</i>
<i>Влагопоглощение за 30 сут при 20 0С, %</i>	<i>0,03</i>

Полипропилен

Области применения полипропилена

- Полипропилен в упаковке - полипропиленовые пленки (один из самых популярных в мире упаковочных материалов).
- Полипропилен в волокнах - высокая прочность и прекрасные эластичные свойства. Относительно низкая стоимость.
- Полипропилен в машиностроении - высокая износостойкость (делали холодильников, пылесосов, вентиляторов, амортизаторы, блоки предохранителей, детали окон, сидений, бамперы и детали кузова автомобилей и т.д.).
- Полипропилен в электронике и электротехнике - высокие электроизоляционные свойства(изоляционные оболочки, катушки, ламповые патроны, детали выключателей, корпуса телевизоров, телефонных аппаратов).
- Полипропилен в медицине – термостойкость, возможность горячей стерилизации в любых условиях (ингаляторы, разовые шприцы и т.п.).

Полистирол



Получают полимеризацией мономерного стирола по радикальному или ионному механизмам. Радикальный механизм даёт полимер атактической структуры аморфного строения, а ионный – изотактической структуры аморфного или кристаллического строения.

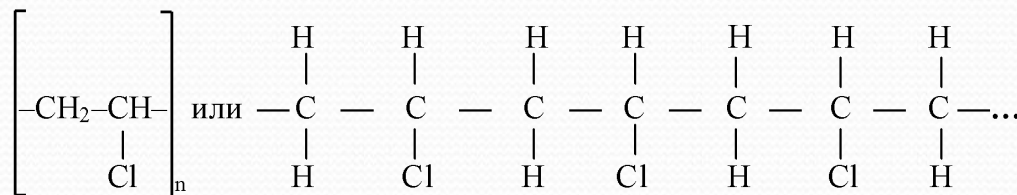
Молекулярная масса промышленных марок полистирола колеблется в пределах от 50 000 до 300 000. Для улучшения свойств полистирола его сополимеризуют с другими мономерами.

Полистирол

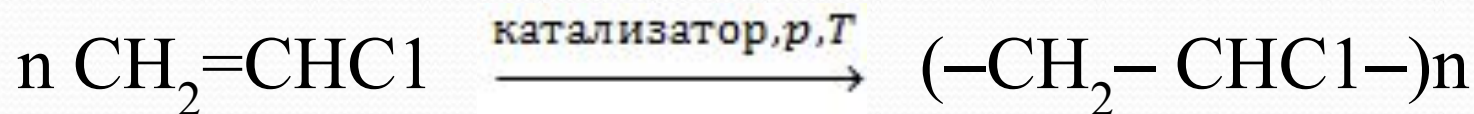
- легко обрабатывается в изделия методами термоформирования и вакуумоформования
- химически стоек к концентрированным щелочам и кислотам (кроме HNO_3)
- растворяется в эфирах, кетонах, ароматических углеводородах и не растворяется в спиртах, воде, растительных маслах, лишен запаха, экологически безвреден, допускают использование его в жилых помещениях, с пищей.
- При нагреве $180 - 300^\circ\text{C}$ возможна деполимеризация.



Поливинилхлорид (ПВХ)



Получают радикальной полимеризацией чистого (99,9%) хлористого винила в суспензии, в массе, эмульсии или в растворе при температуре не выше 70 – 75⁰С. В качестве инициатора процесса полимеризации используют свободные радикалы, образующиеся при гомолитическом распаде пероксидов (пероксид бензоила) или азосоединений (динитрилазобисизомасляная кислота).



Поливинилхлорид

● Основные физико-химические свойства ПВХ

Молекулярная масса	6000-160000
Степень кристалличности, %	10—35
Температура воспламенения, °C	500
Плотность, г/см ³ (20°C)	1,35-1,43
Электрические свойства	диэлектрик
Температура разложения, °C	100-140
Температура стеклования, °C	70-80
Физиологическое действие	безвреден

Поливинилхлорид

- ПВХ достаточно прочен, обладает хорошими диэлектрическими свойствами
- Он ограниченно растворим в кетонах, сложных эфирах, хлорированных углеводородах; устойчив к действию влаги, кислот, щелочей, растворов солей, промышленных газов (например, NO_2 , Cl_2 , O_3 , HF), бензина, керосина, жиров, спиртов;
- стоек к окислению и практически негорюч

Поливинилхлорид

- Поливинилхлорид обладает невысокой теплостойкостью (50—80 °С); при нагревании выше 100 °С заметно разлагается с выделением HCl.
- разложение ускоряется в присутствии O₂, HCl, некоторых солей, под действием УФ-, β- или γ-облучения, сильных механических воздействий. Для повышения термостойкости используют специальные термостабилизаторы (соединения на основе свинца или кальция и цинка).
- ПВХ – один из наиболее распространённых пластиков

Сферы применения ПВХ

ПВХ – один из наиболее распространённых пластиков; из него получают свыше 3000 видов материалов и изделий, используемых для разнообразных целей в электротехнической, лёгкой, пищевой промышленности, тяжёлом машиностроении, судостроении, сельском хозяйстве, медицине, в производстве стройматериалов.

Медицинские продукты из ПВХ :

- контейнеры для крови и внутренних органов,
- катетеры,
- трубки для кормления,
- хирургические перчатки и маски,
- блистер-упаковки для таблеток и пилюль и т.д.



Сферы применения ПВХ

ПВХ в транспорте и строительстве:

- покрытия, трубы, кабельная изоляция,
- уплотняющие материалы,
- отделки салонов, приборных и дверных панелей и т.д



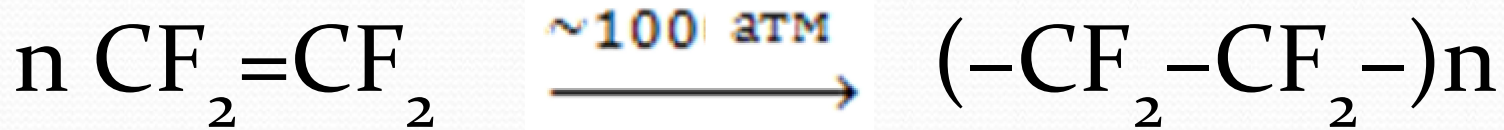
ПВХ в потребительских товарах:

- игрушки,
- мебель,
- напольные покрытия (гибкий ПВХ),
- обувь, кредитные карточки,
- спортивное оборудование и оснащение
- одежда, сумки, рюкзаки и т.д.
- тюбики для зубной пасты



Политетрафторэтилен

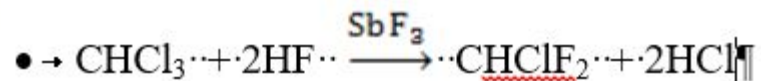
Тетрафторэтилен легко полимеризуется по радикальному механизму в присутствии любых источников радикалов. Полимеризацию осуществляют как суспензионным, так и эмульсионным способом при температуре 40-80С:



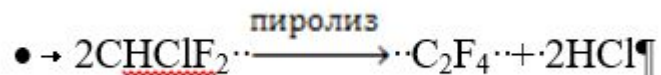
Политетрафторэтилен

Производство политетрафторэтилена включает в себя три стадии:

на первой стадии получают хлордифторметан заменой атомов галогена на фтор в присутствии соединений сурьмы между хлороформом и безводным фтористым водородом:



на второй стадии получают тетрафторэтилен пиролизом хлордифторметана:



на третьей стадии осуществляют полимеризацию тетрафторэтилена.

Политетрафторэтилен

- Тефлон – белое, в тонком слое прозрачное вещество, по виду напоминающее **парафин** или **полиэтилен**.
- Плотность от 2,18 до 2,21 г/см³.
- Обладает высокой тепло- и морозостойкостью, остается гибким и эластичным при температурах от -70 до +270 °С.
- Прекрасный изоляционный материал.

Политетрафторэтилен

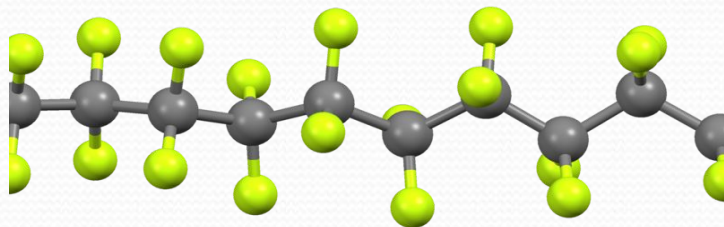
- Тефлон обладает очень низкими **поверхностным натяжением** и **адгезией** и не смачивается ни **водой**, ни **жирами**, ни большинством органических растворителей.
- Тефлон - **мягкий** и **текучий материал** и поэтому имеет ограниченное применение в нагруженных конструкциях.

Политетрафторэтилен

- По своей химической стойкости превышает все известные синтетические материалы и **благородные металлы**.
- Не разрушается под влиянием **щелочей, кислот** и даже **смеси азотной и соляной кислот** (царская водка), хлора и большинства окислителей. Щелочные металлы также не реагируют при невысоких температурах с тефлоном.

Политетрафторэтилен

С тефлоном медленно реагируют только свободный фтор F_2 и трифторид хлора ClF_3 . Такая химическая устойчивость объясняется структурой тефлона:



Цепь из атомов углерода окружена атомами фтора, которые блокируют доступ возможным окислителям.

Политетрафторэтилен

- Фторопласт (тефлон) — **великолепный антифрикционный материал**, с коэффициентом трения скольжения наименьшим из известных доступных конструкционных материалов (даже меньше, чем у тающего льда).
- Благодаря биологической совместимости с организмом человека политетрафторэтилен с успехом применяется для изготовления имплантатов для сердечнососудистой и общей хирургии, стоматологии, офтальмологии.

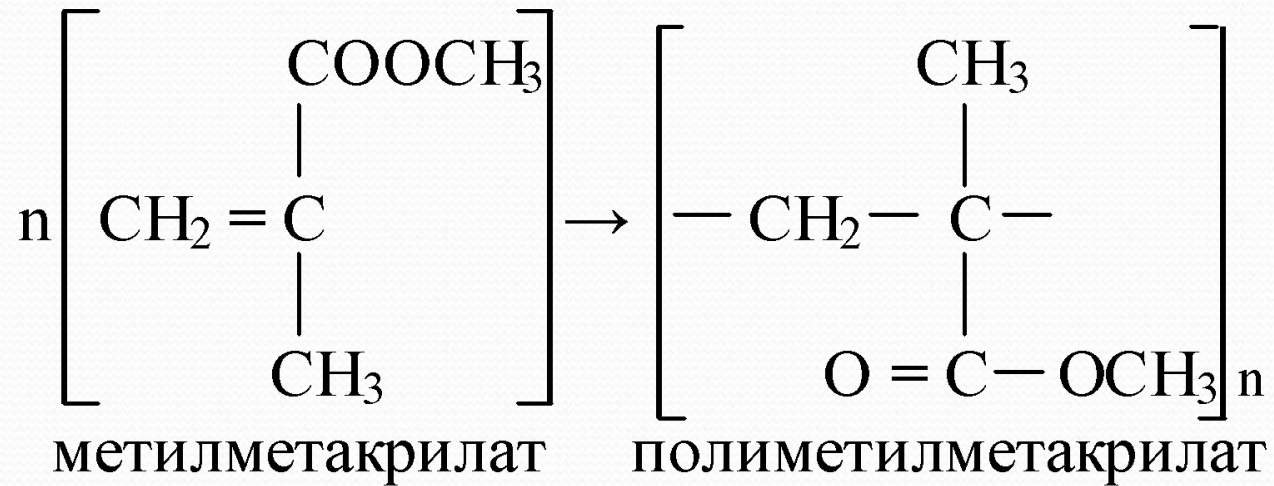
Политетрафторэтилен

Недостатки тефлона:

- тефлон очень трудно склеивать;
- продукты термического разложения тефлона **опасны для здоровья**. . Самым опасным из них считается перфторизобутилен (октафторизобутен) — крайне ядовитый газ, который примерно в 10 раз токсичнее фосгена. Температура начала деструкции для разных марок тефлона от 260 °С до 327 °С.
- массовое выделение токсичных веществ тефлоном начинается при температурах свыше 450 °С. Нагрев на плите сухой посуды считается нештатным и в этом случае температуры пиролиза тефлона легко достижимы.

Полиметилметакрилат

- *Полиметилметакрилат* (органическое стекло, плексиглас) – высокополимерные эфиры метакриловой кислоты



Полиметилметакрилат

- Получается при полимеризации метилового эфира метакриловой кислоты (метилметакрилат) в присутствии радикального инициатора.
- При 573 К полиметилметакрилат деполимеризуется с образованием исходного мономера метилметакрилата.
- Имеет низкую теплостойкость (примерно 56 °С). Не пригоден для электрической изоляции, в электропромышленности применяется как вспомогательный материал.

Полиметилметакрилат

- Находит применение как конструкционный, оптический и декоративный материал, окрашиваемый анилиновыми красителями в различные цвета. Из него изготавливают корпуса и шкалы приборов, прозрачные защитные стекла и колпаки, прозрачные детали аппаратуры и др.
- Первый искусственный хрусталик был выполнен из полиметилметакрилата (1949 г.).
- Органическое стекло легко обрабатывается: сверлится, пилится, обтачивается, шлифуется, полируется. Хорошо гнется, штампуются и склеиваются растворами полиметилметакрилата в дихлорэтано.

Синтетические каучуки

Название	формула	Область применения
Каучуки общего назначения		
Изопреновые СКИ	$\left(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2- \right)_n$	Шины, транспортёрные ленты, резинотехнические изделия (РТИ) обувь, кабельные резины, изделия бытового и медицинского назначения, эбониты, ударопрочный полистирол и др.
Бутадиеновые каучуки СКД	$\left(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2- \right)_n$	Шины, транспортёрные ленты, РТИ, обувь, кабельные резины, ударопрочный полистирол и др.
Бутадиенстирольные, СКС	$\left(-\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}-\text{CH}_2- \right)_n - \left(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2- \right)_m$	Шины, РТИ, обувь, кабельные резины, широкий ассортимент изделий различного назначения и др.

Синтетические каучуки

Каучуки специального назначения		
Бутилкаучук, БК	$(-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2-)_n -$ $(-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_m$	Автокамеры, теплостойкие и другие РТИ, электроизоляция, антикоррозионные покрытия, прорезиненные ткани и др.
Этилен-пропиленовые Каучуки, СКЭП	$[-\text{CH}_2\text{CH}_2-]_n-[-$ $\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2-]_m$	Автокамеры, теплостойкие и другие РТИ, ударопрочный полипропилен, губчатые изделия, прорезиненные ткани, изоляция проводов и кабелей и др.
Хлоропреновые каучуки, наирит	$(-\text{CH}_2-\text{CCl}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$	Масло-, бензо-, озono-, свето-, тепло- и огнестойкие резины, температура эксплуатации от -40 до 110°C , кратковременно до 140 С.
Бутадиен-нитрильные каучуки, СКН	$(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-)_n -$ $(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_m$	Резины стойкие к действию агрессивных сред (бензина, керосина, мазута, смазочных масел, растительных и животных жиров, а также глицерина, этиленгликоля, формальдегида, морской воды, разб. H_2SO_4 и HCl). РТИ с <u>высокими прочностными св-вами</u> , износостойкостью, сопротивлением тепловому старению

Синтетические каучуки

- *Бутадиеновый (дивиниловый) каучук - первый* синтетический каучук, полученный по методу С. В. Лебедева (анионная полимеризация жидкого бутадиена в присутствии натрия).

- Бутадиен получили из этилового спирта реакцией дегидрирования и межмолекулярной дегидратации на смешанном цинк-алюминиевом катализаторе:



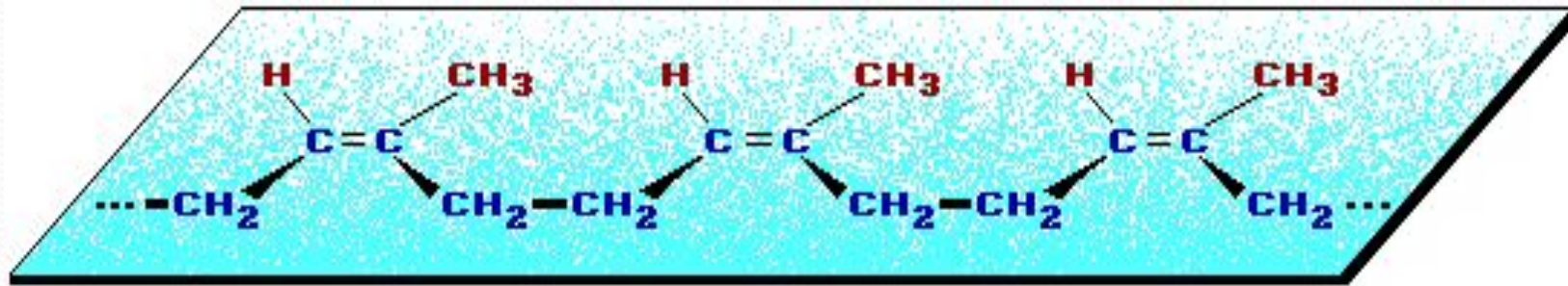
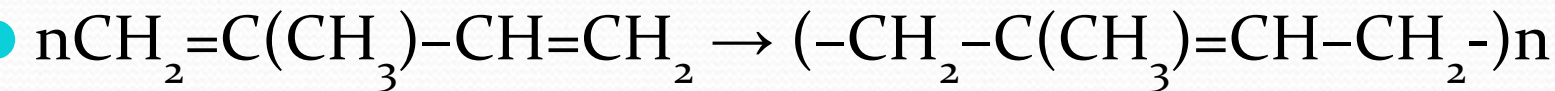
- Полимеризацию бутадиена по карбанионному механизму инициируют натрий- или литий- органические соединения

- Сейчас в мировом промышленном производстве бутадиеновых каучуков наибольшее значение имеют стереорегулярные цис- бутадиеновые каучуки, синтезируемые в растворе в присутствии катализаторов Циглера - Натты

Синтетические каучуки

Изопреновый каучук

Катализатор Циглера-Натты позволяет при полимеризации изопрена и других алкадиенов получать стереорегулярные *цис*-полиалкадиены.



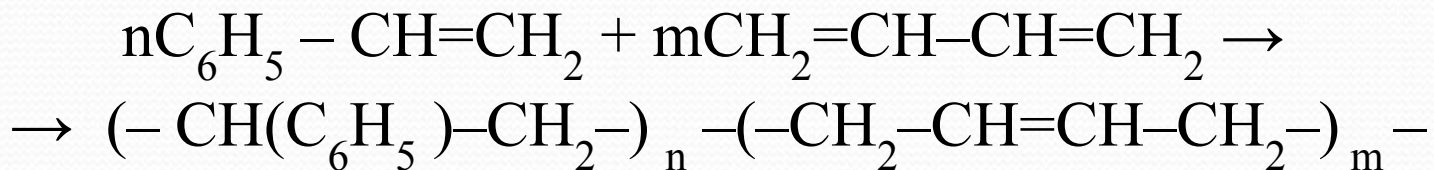
Синтетический стереорегулярный *цис*-1,4-полиизопреновый каучук является химическим аналогом натурального каучука и практически дублирует его поведение и свойства - химическая формула и структура одинакова с натуральным каучуком.

Синтетические каучуки

Бутадиен-стирольный каучук

- Получают сополимеризацией двух мономеров:

стирола и бутадиена:



- Среднечисловая молекулярная масса эмульсионных каучуков составляет $\sim 10^5$, макромолекулы бутадиен-стирольных каучуков имеют разветвленное нерегулярное строение.

Показатель	Содержание стирольных звеньев, %		
	~8	~23	~45
Т стекл, °С	- От -70 до -74	От -52 до -56	От -13 до -15
Плотность (25 °С), г/см ³	0,900-0,910	0,930-0,940	0,990

Синтетические каучуки

СВОЙСТВА

Химические свойства синтетических каучуков определяются:

- содержанием и положением двойных связей
- природой и положением заместителей (боковых групп)
- прочностью связей в основной цепи и типом боковых групп.

Ненасыщенные синтетические каучуки

- ◆ присоединяют: водород, галогены, тиолы, карбоновые и тиокислоты, нитрозосоединения,
- ◆ эпоксируются надкислотами,
- ◆ циклизуются под действием кислот,
- ◆ сшиваются: серой, пероксидами, малеиновым ангидридом, динитрозосоединениями.

Окисление под действием O_2 и O_3 ускоряется под действием света и нагревания и вызывает деструкцию и структурирование (сшивание). Для защиты от окисления в них вводят антиоксиданты

Синтетические каучуки

СВОЙСТВА

- Каучук — высокоэластичный продукт, обладает при действии даже малых усилий обратимой деформацией растяжения до 1000 %.



- Синтетические каучуки – аморфные или сравнительно слабо кристаллизующиеся полимеры с высокой гибкостью и относительно малым межмолекулярным взаимодействием цепей, что обуславливает их высокую конформационную подвижность в широком интервале температур.
- Характеристикой подвижности цепей может служить температура стеклования каучуков. Ее значения в значительной мере определяют комплекс деформационных и прочностных свойств.

Синтетические каучуки

ПРИМЕНЕНИЕ

Наиболее массовое применение каучуков — производство резин для автомобильных, авиационных и велосипедных шин. По существу резины представляют собой композиты каучука с различными ингредиентами

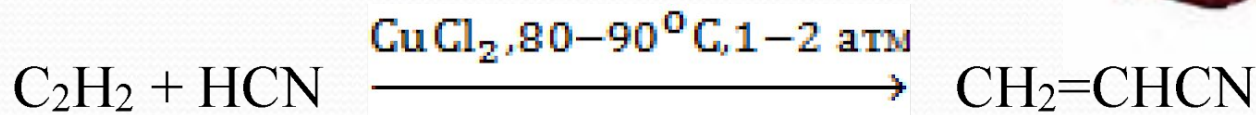


Полиакрилонитрил

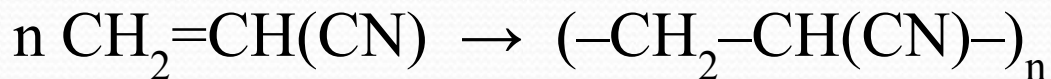
Полиакрилонитрил— полимер акрилонитрила $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CN})$

Современные промышленные методы получения акрилонитрила включают:

- синтез из пропилена
- синтез из ацетилена
- синтез из ацетальдегида



Полиакрилонитрил в промышленности получают гомогенной (в растворе), либо гетерогенной (в водных эмульсиях) радикальной полимеризацией акрилонитрила.



Полиакрилонитрил

Практически весь производимый полиакрилонитрил используется для получения полиакрилонитрильных волокон и углеродного волокна

Молекулярная масса 30-100 кг/моль,

плотность 1.14-1.17 г/см³,

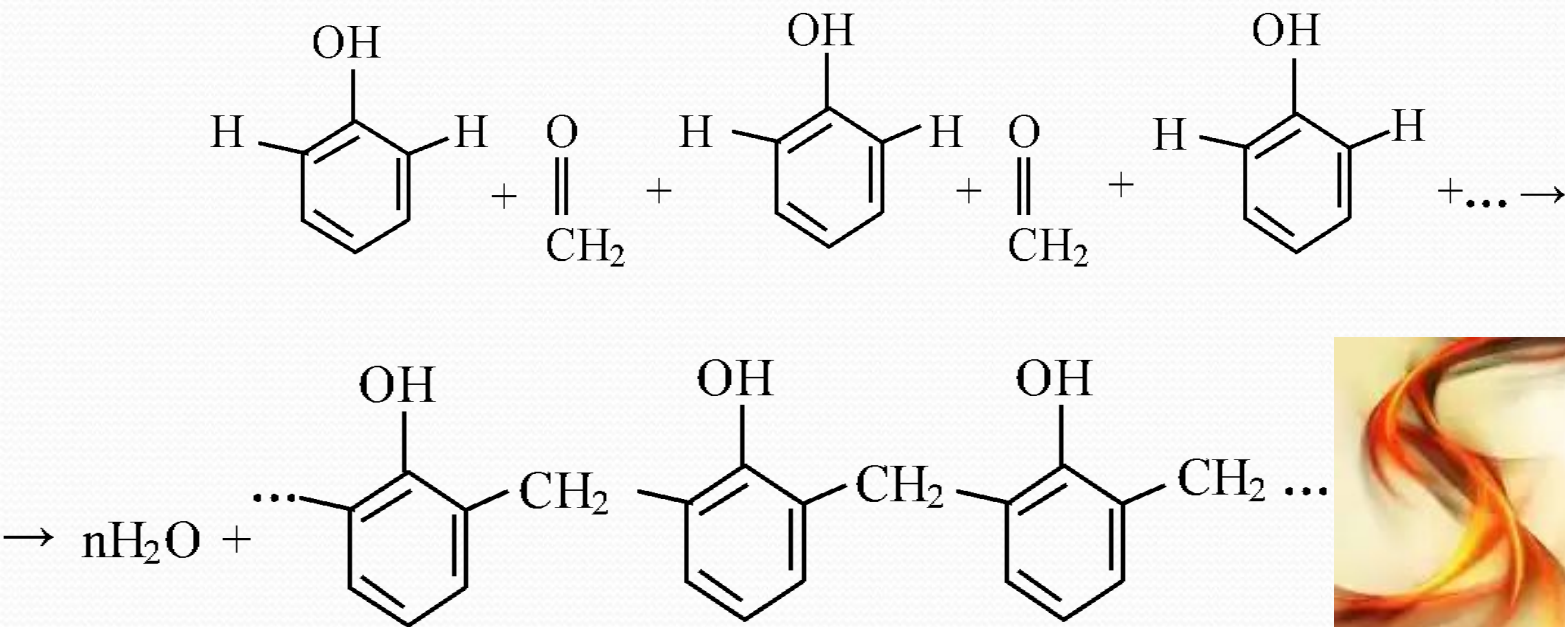
температура стеклования ~85-90 °С,

температура разложения порядка 250 °С. Полиакрилонитрил нерастворим в неполярных и малополярных растворителях (углеводороды, спирты), растворим в полярных апротонных растворителях (диметилформамиде, диметилсульфоксиде), водных растворах электролитов с высокой ионной силой (например, в 50-70% растворах роданидов аммония, калия, натрия, бромида лития, хлорида цинка).

СМОЛЫ

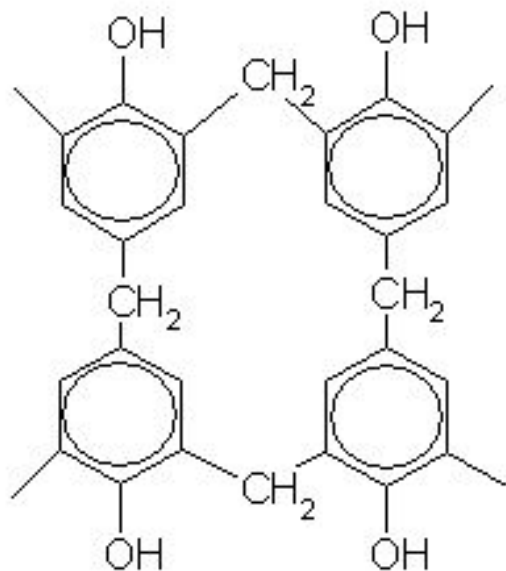
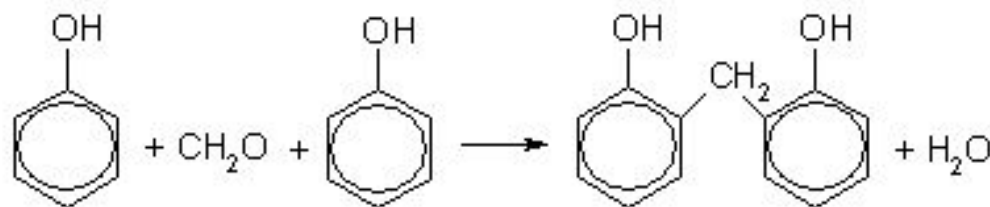
Феноло-формальдегидные смолы (бакелиты) получаются в результате конденсации водного раствора фенола C_6H_5OH или крезола – $C_6H_4CH_3OH$ с формалином (водным раствором формальдегида, CH_2O) в присутствии катализаторов.

Если процесс соединения происходит только в орто-положениях к OH -группе, то образуется линейный термопластичный полимер (новолаки, резолы):



СМОЛЫ

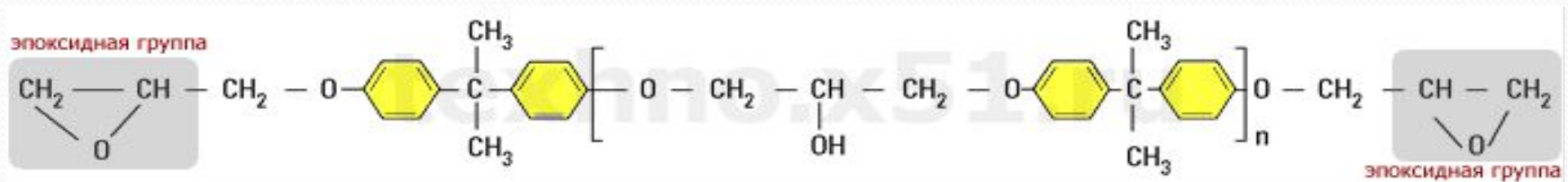
При нагревании этого полимера возможно соединение различных линейных цепей через пара-положение с образованием пространственных структур (резит) :



ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ

Эпоксидные смолы — олигомеры, содержащие эпоксидные группы и способные под действием отвердителей (полиаминов и других) образовывать сшитые полимеры.

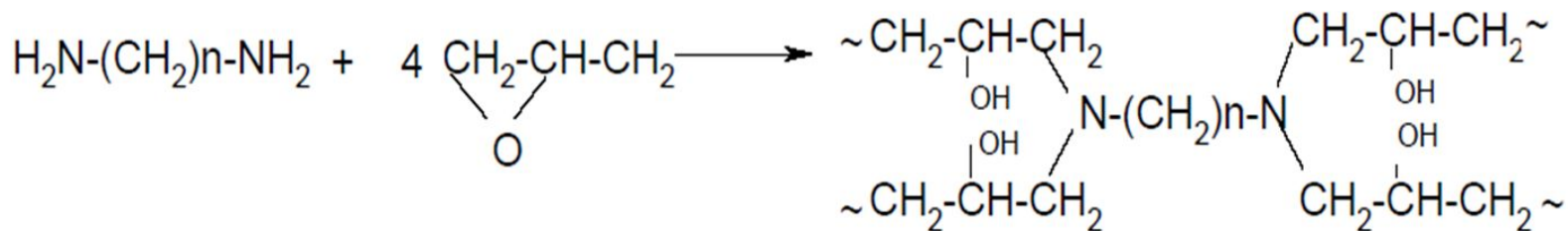
Отечественная промышленность выпускает большое число разновидностей эпоксидных смол с молекулярной массой от 170 до 3500. Наиболее распространены эпоксидные диановые смолы, получаемые из эпихлоргидрина на основе дифенилолпропана и алифатических гликолей:



Эпоксидные смолы

Для отверждения эпоксидных смол применяются соединения двух типов:

- **Кислые отвердители**, к которым относятся различные дикарбоновые кислоты или их ангидриды. Для отверждения эпоксидных смол этими отвердителями требуется повышенная температура 100-200 °С. Поэтому данный вид отвердителей называется отвердителями **горячего отверждения**.
- **Аминные отвердители**, к которым относят различные ди- и полиамины. Отверждение аминами происходит при нормальной температуре или небольшом нагреве (70-80 °С). Поэтому эта группа называется отвердителями **холодного отверждения**.



Эпоксидные смолы

- Эпоксидные смолы представляют собой жидкие, вязкие или твердые прозрачные термопластичные продукты от светлого до темно-коричневого цвета. Они легко растворяются в ароматических растворителях, сложных эфирах, ацетоне, но не образуют пленок, так как не твердеют в тонком слое (пленка остается термопластичной).
- При действии на эпоксидные смолы соединений, содержащих подвижный атом водорода, они способны отверждаться с образованием трехмерных неплавких и нерастворимых продуктов, обладающих высокими физико-техническими свойствами. **Таким образом, термореактивными являются не сами эпоксидные смолы, а их смеси с отвердителями и катализаторами.**

ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ

- Высокие физико-технические свойства эпоксидных смол определяются строением их молекулы, а главным образом — наличием эпокси группы.
- Содержание эпокси групп в смоле определяет количество отвердителя, необходимого для отверждения. Наиболее высокие физико-технические свойства композиции получаются при **горячем** отверждении.
- Физико-механические и диэлектрические свойства отвержденных эпоксидных смол могут изменяться в широких пределах в зависимости от введения в эпоксидную композицию пластификаторов, наполнителей, разбавителей.
- **Пластификаторы и модификаторы** (дибутилфталат, тиокол, полиэферы) повышают эластичность и ударную прочность, снижают вязкость, улучшают морозостойкость эпоксидных композиций, но одновременно с этим снижают теплостойкость, адгезионные свойства, влагостойкость, а главное, диэлектрические свойства.
- **Наполнители** (кварцевый песок, маршалит, асбест) повышают твердость и теплостойкость композиции, уменьшают усадку при отверждении, увеличивают теплопроводность, уменьшают термический коэффициент расширения, а также снижают стоимость композиции.

ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ

- Кроме отвердителей кислотного и аминного типов, для отверждения эпоксидных смол применяются фенолоформальдегидные, полиэфирные, меламино- и мочевиноформальдегидные и полиамидные смолы.
- Отверждение эпоксидных смол фенолоформальдегидными полимерами происходит за счет гидроксильной группы ОН. Отверждение происходит при 150-160 °С. Полученная композиция (эпоксидно-бакелитовая или эпоксидно-фенольная) обладает очень высокими диэлектрическими, а особенно механическими свойствами, водостойкостью и нагревостойкостью. Эти эпоксидные композиции широко применяются для производства электроизоляционных лаков, клеев.

ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ

Применение:

- Клеи для изготовления деталей ячеистой структуры в самолетостроении, в производстве малярных кистей и для отделочных покрытий по бетону;
- Клеи для отдельных деталей и в качестве замазок при ремонте пластмассовых и металлических лодок, автомобилей и т. д.;
- Литьевые составы для изготовления малых серий отливок и экспериментальных отливок, штампов, шаблонов и инструментов;
- Набивочные и уплотнительные массы в строительстве зданий и шоссейных дорог, а также в тех случаях, когда требуется высокая химостойкость;
- Заливочные и герметизирующие составы,
- Пропиточные смолы и лаки в электротехнической и электронной промышленности;
- Слоистые пластики, применяемые для изготовления корпусов самолетов и летательных аппаратов, для намотанных изделий и для зажимных приспособлений.