

Направление подготовки бакалавров
«Химическая технология»

Материаловедение и технология конструкционных материалов



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,
доцент

Тема 10. Пластмассы и резина как конструкционные материалы.

1.1. Общая характеристика полимеров.

1.2. Пластмассы.

1.3. Резина.

Полимерные материалы

Классификация

1.

- 1.1. Природные полимеры: белок, целлюлоза, натуральный каучук.
- 1.2 Искусственные полимеры - полимерные материалы получаемые путем химической модификации природных полимеров. Например эфиры целлюлозы)
- 1.3. Синтетические полимеры – полимеры, синтезируемые из низкомолекулярных веществ **мономеров** (полиэтилен, поливинилхлорид, полиамид, синтетические каучуки и т.д.).

2. Органические и неорганические

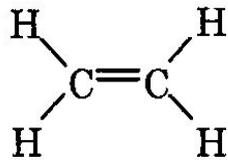
←
C-C

→
Цепочка Si-Si, Al-Al

Мономеры

Синтетические полимеры – высокомолекулярные химические соединения (ВМС), состоящие из многочисленных маломолекулярных звеньев (мономеров) одинакового строения.

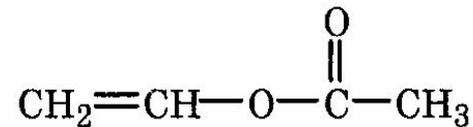
Для получения полимеров применяют следующие мономеры:



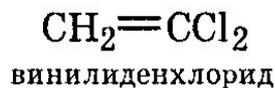
этилен



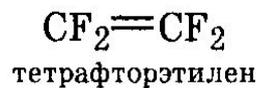
винилхлорид



винилацетат



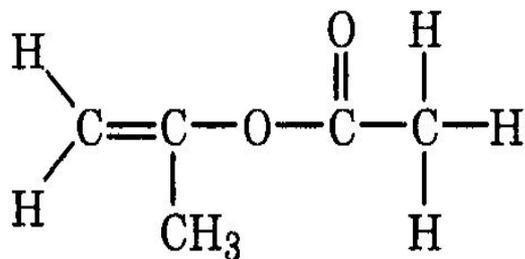
винилиденхлорид



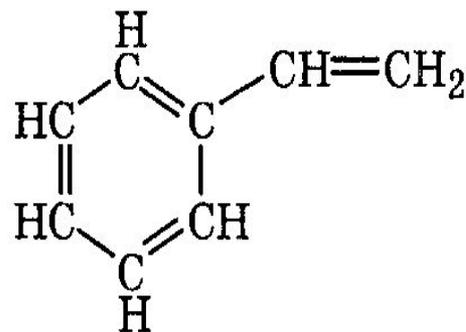
тетрафторэтилен



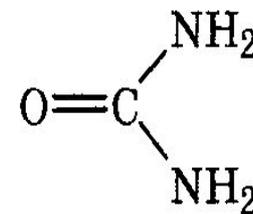
пропилен



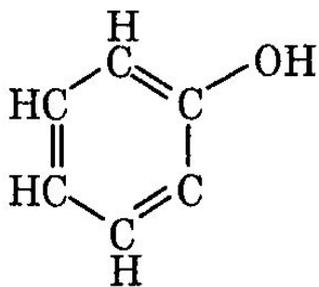
метилметакрилат



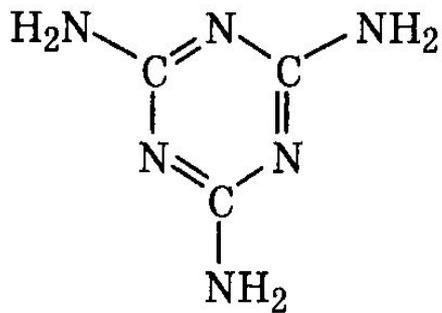
стирол



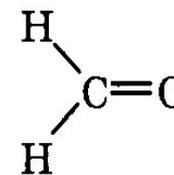
мочевина



фенол



меламин



формальдегид
(муравьиный альдегид)

Полимерные материалы

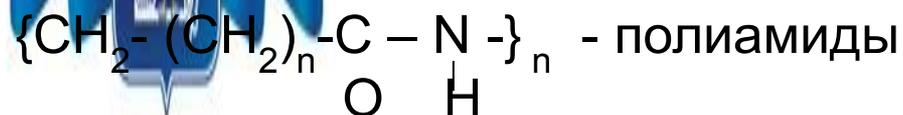
Классификация

3

3.1 **Гомоцепные** полимеры: $(-C - C-)_n$ полиэтилен, поливинилхлорид и т.д.

3.2 **Гетероцепные** полимеры

3.2.1 Содержащие в основной цепи атомы углерода



3.2.2 Не содержащие в основной цепи атомы углерода
(элементорганические полимеры)



ВЯТСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ

Гомополимеры и сополимеры

- Гомополимеры – полимеры, содержащие одинаковые элементарные звенья;
- Соплимеры – полимеры построенные из разных элементарных звеньев. (Разных мономеров)

Регулярные; 00000000

Нерегулярные;

Блоксополимеры;

Привитой сополимер

Полимеры

- В зависимости от формы макромолекул полимеры бывают линейными, разветвленными и пространственными (сетчатыми).

Линейные макромолекулы



Целлюлоза, натуральный каучук, полиэтилен, ПВХ

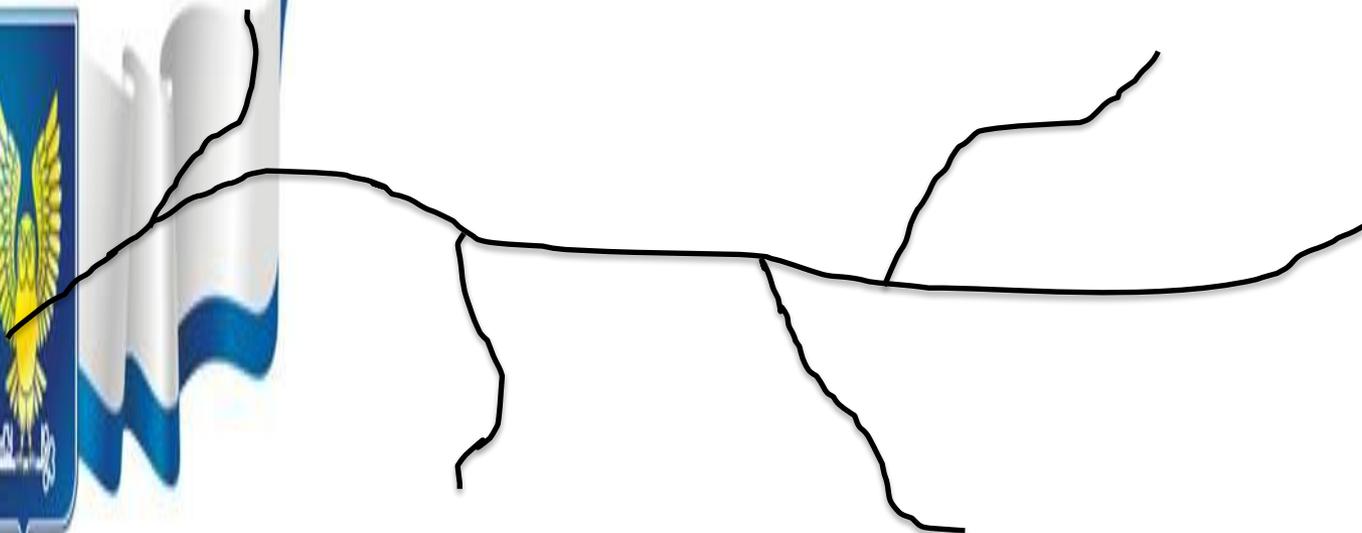
ВЯТСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ

Полимеры

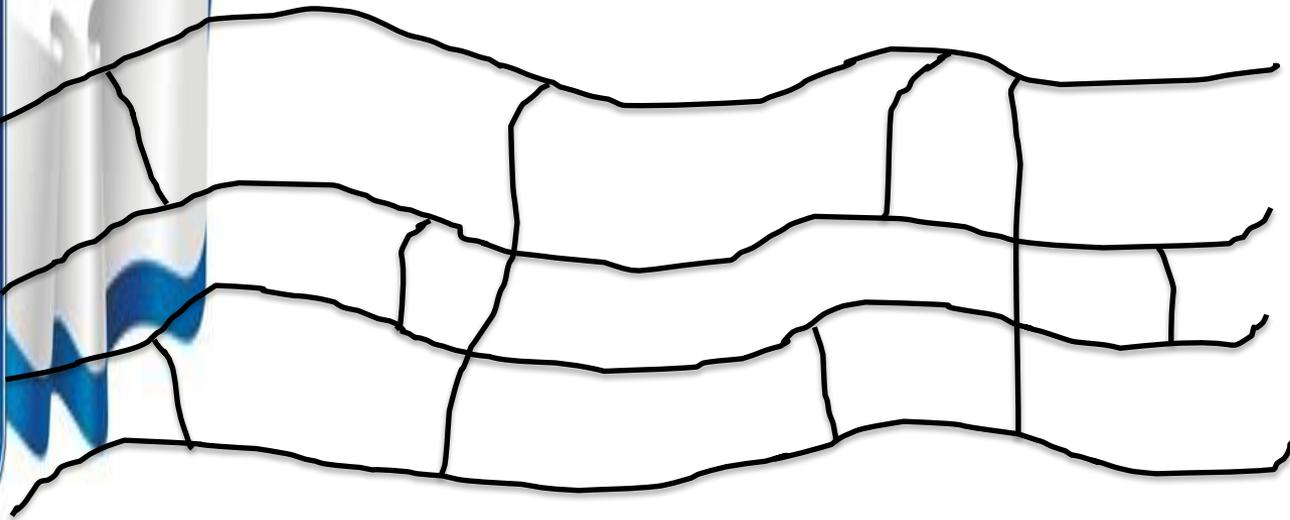
Разветвленные макромолекулы



Полиизобутилен, привитые сополимеры

Полимеры

Пространственные (сетчатые полимеры)



Резина, фенолформальдегидные,
мочевиноформальдегидные полимеры

Полимеры как конструкционные материалы

Различают два вида конструкционных материалов на основе высокомолекулярных соединений:

- **Пластмассы**
- **Эластомеры (резины)**

Пластмассы, как конструкционный материал

Пластмассы - это синтетические материалы получаемые на основе органических и элементарноорганических полимеров.

Пластмассы обычно состоят из нескольких компонентов, т.е. являются композиционными материалами. (Хотя имеются пластмассы состоящие только из одного компонента).

- **Связующее** – главный компонент, полимерный материал.
- **Наполнители** - материалы органического и неорганического происхождения они придают пластмассам прочность, твердость, теплостойкость и другие свойства.
- **Пластификаторы** – повышение способности к пластической деформации, улучшают морозостойкость и огнестойкость пластмасс

Пластмассы, как конструкционный материал

- **Стабилизаторы** – вещества, повышающие долговечность пластмасс;
- **Отвердители** – изменяют структуру полимеров, ускоряют полимеризацию;
- **Смазывающие вещества** (стеарин, олеиновая кислота) применяют для предотвращения прилипания пластмассы к оборудованию при производстве и эксплуатации изделий;
- **Красители и пигменты** – придают желаемую окраску пластмассам

Пластмассы, как конструкционный материал

Ценные свойства пластмасс:

- Низкая плотность ($15-2200\text{кг/м}^3$);
- Низкая теплопроводность ($0,23 - 0,7 \text{ Вт/м К}$);
- Высокая коррозионная стойкость;
- Высокие удельные прочностные характеристики;
- Лёгкость обработки , хорошие технологические свойства (литье, прессование, деформация, экструзия, сварка, склеивание);
- Прозрачность и высокие оптические свойства некоторых пластмасс (полиметилметакрилат, полиэтилен, поликарбонат);
- Доступность сырьевой базы, дешевизна.

Пластмассы как конструкционный материал

Недостатки пластмасс:

- Невысокая теплостойкость (70-200°C, фторопласт – (417°C); полисилоксаны (300-600°C)
- Низкая твёрдость;
- Высокий температурный коэффициент расширения;
- Склонность к старению;
- Высокая ползучесть под действием нагрузок;
- Пожароопасны.
- Токсичность некоторых пластмасс и выделяемых при эксплуатации и деструкции компонентов.

Два вида пластмасс

- **Термопласты** – материалы, реакция полимеризации которых проводится на заводах большой химии. Полимер получается в виде порошка, гранул, шариков, стержней или листов. Формование изделий проводится на машиностроительных заводах.

Поведение термопластов при повышении температуры оценивается тремя температурами ($T_{пл}$, $T_{стекл}$, $T_{дестр}$)

- **Реактопласты** – материалы, реакция полимеризации которых происходит непосредственно при формовании изделий.

Поведение реактопластов при повышении температуры оценивается одной температурой ($T_{дестр}$)

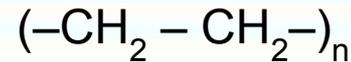
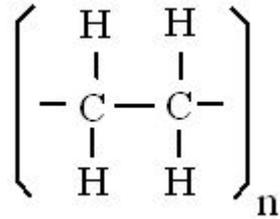
Термопласты

- Термопласты в зависимости от структуры различаются на два вида:
- кристаллические (поведение их при повышенных температур характеризуется температурой плавления $T_{пл}$);
- аморфные (для них характерна температура стеклования или размягчения $T_{стекл}$)

В любых термопластах есть кристаллическая и аморфная составляющие, поэтому вид термопласта зависит от того какой структуры больше.

Примеры пластмасс - термопластов

Полиэтилен

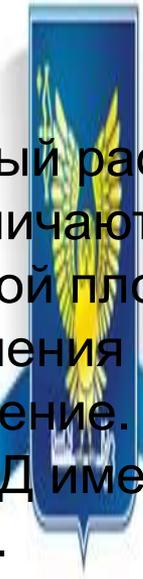


Самый распространённый термопласт.

Различают полиэтилен высокого давления ПЭВД, полиэтилен более низкой плотности получается при давлении 1500 атм и низкого давления ПЭНД. Полиэтилен имеет аморфнокристаллическое строение.

ПЭВД имеет 55 – 65% кристаллической составляющей, ПЭНД – 74 – 95%.

Полиэтилен – самый простой по составу полимер, и один из самых дешевых. Легко перерабатывается всеми методами переработки пластмасс, он используется для пищевых целей, может эксплуатироваться при: $t = -40 - 105^{\circ}\text{C}$ (ПЭВД), $t = -70 - 120^{\circ}\text{C}$ (ПЭНД).



Примеры пластмасс - термопластов

Полипропилен ПП - $(-\text{CH}_2 - \text{CHCH}_3-)_n$

По сравнению с полиэтиленом имеет более высокую механическую прочность и жесткость, большую теплостойкость до 110°C и меньшую склонность к старению, разрушающее напряжение 25-40МПа, морозостойкость до -20°C

Применяется для труб и арматуры водопроводов, химическая посуда, корпуса аккумуляторов, гальванические ванны, детали бытовой техники и т.д.

Поливинилхлорид ПВХ - $(-\text{CH}_2 - \text{CHCl}-)_n$

Аморфный полимер, температура размягчения $60 - 70^{\circ}\text{C}$

Температура обработки – $130-150^{\circ}\text{C}$ Прочность твердой модификации ПВХ (винипласта на уровне полипропилена). Мягкая модификация - пластикат ПВХ, жидкая модификация – пластизоль и диплазоль

Примеры пластмасс - термопластов

Полистирол - $(-\text{CH}_2 - \text{CHC}_6\text{H}_5-)_n$

Относится к числу наиболее известных и широко применяемых пластмасс. Твердый, жесткий, бесцветный и прозрачный материал с повышенной хрупкостью. Склонен к старению, в частности под действием света
Корпуса радиоприемников, телевизоров, бытовых приборов.

Политетрафторэтилен (фторопласт 4) $(-\text{CF}_2 - \text{CF}_2-)_n$

Это самый устойчивый полимер, рабочая температура до 327°C , при этой температуре плавится его кристаллическая составляющая, при этом меняются размеры фторопласта, форма и механические свойства. Этим определяется температура его эксплуатации.

Температура разложения — 415°C

Фторопласт 4 не плавится, его пластичность не изменяется, поэтому он не является классическим термопластом, и изделия из него получают методом прессования.

Примеры пластмасс - термопластов

Полиметилметакрилат – органическое стекло.

Широко применяемый полимер для изготовления стекол автомобилей и самолетов. Пропускает 75% ультрафиолетовых лучей, в связи с чем не подвергается световой деструкции. Ломается без возникновения острых кромок. Аморфный полимер, температура размягчения 80°C . Эксплуатируется при температуре от $+60^{\circ}\text{C}$ до -60°C .

Большое преимущество термопластов в том что их можно **вторично перерабатывать**.

Термопласты

Области применения некоторых термопластичных пластмасс

Пластмасса	Интервал рабочих температур, °С	Область применения
Полиэтилен высокого давления	-70 ... +70	Упаковка, ненагруженные детали машин и оборудования, футляры, покрытия, фольги
Полиэтилен низкого давления	-70 ... +80	То же
Полистирол	-40 ... +65	Оборудование радиотехники и фотографии, электроизоляция, пенящиеся изоляционные материалы (стиропиан)
Полипропилен	-20 ... +130	Трубы, детали автомобилей, элементы холодильников, емкости, упаковка
Поливинилхлорид	-40 ... +70	Химическое оборудование, трубы, профили, детали машин, элементы насосов и вентиляторов, упаковка, покрытие полов, искусственная кожа, оконные рамы и т. п.

Термопласты

Полиамид	-60 ... +100	Детали машин, канаты, шнуры, одежда
Полиметилметакрилат (органическое стекло)	-60 ... +100	Детали освещения и оптики, остекление в самолетостроении, на наземном и водном транспорте
Поликарбонаты	-100 ... +135	Точные детали машин и аппаратуры, радио- и электротехника, фотографические пленки и др.
Политетрафторэтилен (тефлон)	-269 ... +260	Химическая, электротехническая, машиностроительная (подшипники) промышленность

Реактопласты

- Пластмассы на основе реактопластов чаще всего **композиционные материалы** и в целом более термически стойкие чем термопласты.

Композиция которую нужно вначале приготовить для получения реактопласта содержит:

1. Основной компонент смолу (Эпоксидная фенолформальдегидная, фурановая, кремнийорганическая);
2. Наполнитель (песок, графит, волокнистые наполнители, ткани, опилки, стружка и т.д.);
3. Растворитель;
4. Пластификатор;
5. Отвердитель (инициатор полимеризации)

Реактопласты.

- Достаточно распространены реактопласты с волокнистыми наполнителями, композиция связующего смолы (например, фенолформальдегидной), отвердителя и волокнистого наполнителя в виде очесов хлопка (волокнит), асбеста (асбоволокнит), стекловолокна (стекловолокнит).
- Большую группу реактопластов составляют слоистые пластмассы. Наполнители: бумага, картон, хлопчатобумажные ткани, и ткани из синтетических, волокон древесный шпон, опилки и стружки (гетинакс, текстолит, стеклотекстолит, древопластики и т.д.)
- Реактопласты **вторичной** переработке не подлежат

Реактопласты

- **Фаолит А** – материал на основе фенолформальдегидной смолы и асбеста; Стоит до 250-280 С, далее деструкция.
- **Фаолит Т** – в пластмассу добавляется графит;
- **Стеклотекстолит** - прессованный слоистый материал на основе стеклоткани и фенолформальдегидной смолы. Прочность материала превышает прочность алюминиевых сплавов и титана. Хорошая ударная вязкость. Механические характеристики могут быть повышены за счет армирования высокопрочной проволокой. Высокая химическая стойкость. Температурный интервал использования – 40 - +160 С

Примеры пластмасс - реактопластов

Свойства некоторых термореактивных пластмасс

Вид пластмассы	Плотность, г/см ³	Прочность при растяжении, МПа	Интервал рабочих температур, °С	Области применения
Фенопласт	1,7	30	-60 ... +140	Малонагруженные детали, корпуса приборов, панели, электроизоляционные детали
Аминопласт	1,8	80	-60 ... +130	Детали осветительной аппаратуры, электротехнические и электроизоляционные детали, изделия бытового назначения
Волокнит	1,6	50	-60 ... +200	Шкивы, маховики, втулки, диски, кожухи, детали с повышенными антифрикционными свойствами
Текстолит	1,3	95	-40 ... +160	Шестерни, втулки, подшипники скольжения, конструкционные и электроизоляционные детали
Асботекстолит	1,6	90	-60 ... +250	Тормозные и фрикционные устройства, лопатки ротационных бензонасосов, детали теплозащиты и теплоизоляции

Газонаполненные пластмассы

- Материалы с газовым наполнителем
- Пенопласты
- Поропласты
- Сотопласты

Газонаполненные пластмассы

- **Пенопласты** – материалы с ячеистой структурой, в которых газообразные наполнители изолированы друг от друга тонкими слоями связующего.

Плотность – 20 – 300 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,003-0.007 Вт/м К.

Используются как звуко- и теплоизоляционный материал и упаковочный материал, защищающий от ударных нагрузок.

Связующим может быть термопласт или реактопласт.

Наиболее распространены пенополистирол (ПС), пенополивинилхлорид, пенополиуретан;

Реактопласты: фенолформальдегидные, фенолкаучуковые, кремнийорганические (К-40)

Газонаполненные пластмассы

- ***Поропласты (губчатые материалы)*** – материалы с ячеистой структурой, в которых газообразные включения сообщаются друг с другом и окружающей средой.

Хорошо поглощают жидкие среды. Водопоглощение 400-700% от веса материала. Плотность = 25 – 500 кг/м³.

Используются как теплоизоляционные, шумоизоляционные и влагопоглощающие материалы.

- ***Сотопласты.***

Изготавливаются из тонких листовых материалов, которым вначале придается вид гофра, а затем листы склеиваются и образуются газовые полости в виде пчелиных сот.

В основном используются как теплоизоляционный и электроизоляционный материал