



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский авиационный институт (национальный исследовательский
университет)



Институт №11 «Материаловедения и технологии материалов»
Кафедра «Технологии композиционных материалов конструкций и микросистем»

Лекции по дисциплине

Материаловедение и технологии конструкционных материалов 2

К.т.н., доц.каф.«ТКМКиМ»
Червяков А.А.

Москва, МАИ, 2018 г



Раздел 2

Полимерные материалы (ПМ)

Подраздел 2.2

Классификация ПМ



Общая классификация ПМ



ПМ можно разделить на несколько классов, которые различаются и по составу и по областям применения, методам изготовления изделий из них

- 1 Пластические массы (пластмассы)** – это жёсткие, достаточно плотные материалы. *Ненаполненные или наполнены дисперсным наполнителем.*
Эти материалы имеют изотропную структуру, т.е. свойства у них одинаковы во всех направлениях.
Используются для получения изделий сложной конфигурации, объёмных, листовых, изделий бытового, общетехнического и общепромышленного назначения.
При переработке идёт объёмное течение.
- 2 Армированные пластики (ПКМ – полимерные композиционные материалы).** Жёсткие плотные материалы, наполненные, как правило, волокнистым наполнителем. *Имеют анизотропную структуру. Отличаются высокими механическими свойствами.*
Предназначены для изготовления изделий конструкционного назначения. Изделия слоистые объёмные, крупногабаритные, не очень сложной конфигурации, оболочкового типа.
При переработке течёт только полимерная фаза.
- 3 Эластомеры, эластопласты, эластики или резины** – материалы на основе эластичных полимеров.
Работают при температурах выше T_c . Изотропные и анизотропные.
- 4 Плёночные полимерные материалы**, материалы с толщиной < 0.5 мм.
Изотропны, гибки. Могут быть слоистые (комбинированные), армированные плёнки.
- 5 Полимерные волокна.** Используются как самостоятельно для получения различных структурных форм: ткани, прутки, канаты, корд для шин, нетканые материалы (вата), так и в качестве армирующих наполнителей (органические волокна) в армированных пластиках.



Общая классификация ПМ



6 Газонаполненные полимеры. Пено и поропласты.

Отличаются величиной пор (у пенопластов меньше). Основная характеристика малая плотность $\rho < 0.6 \text{ г/см}^3$.

Могут быть эластичными или жёсткими.

Используются как самостоятельно в строительстве, шумотеплоизоляции и как наполнитель объёма между оболочками в трёхслойных конструкциях в авиационной промышленности.

7 Полимерные защитные покрытия. Лаки, краски, защитные покрытия специального назначения (теплозащитные, радиозащитные и т.д.).

Существуют только на подложке.

8 Полимерные клеи. Используются на подложке, для соединения различных материалов.

9 Отверждающиеся герметики, заливочные компаунды. Жидкие смеси, которые используются для фиксации каких-либо объектов и их защиты (электрические платы), заполнения объёма.

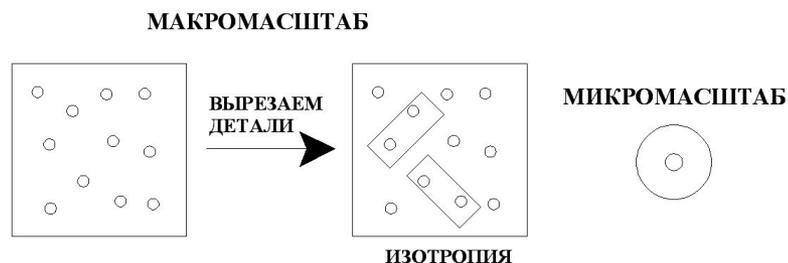
1 Классификация по структуре материала:

1. **Изотропные** материалы свойства одинаковы в микро и макромасштабе во всех направлениях. Ненаполненные ПМ.

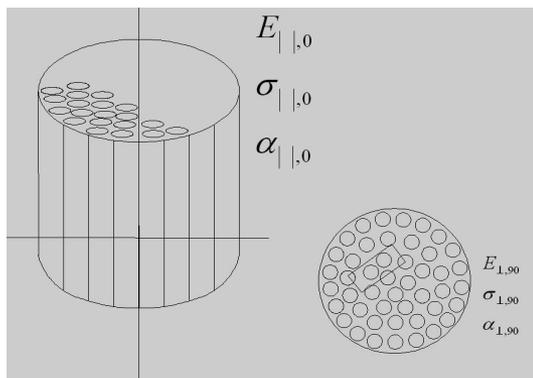
2. **Квазиизотропные** (почти изотропные) –

это материалы изотропные в макромасштабе и анизотропные в микромасштабе (это материал с анизотропными частицами, например

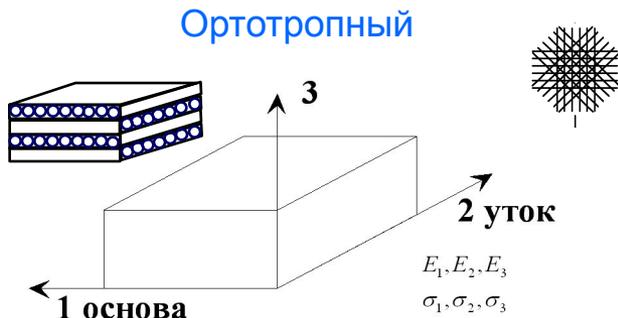
бумажные волокна, это материалы, свойства которых зависят от направления, в результате того, что полуфабрикаты, из которых они изготовлены, содержат волокна различной природы, ориентированные в направлениях, заданных конструктором материала.



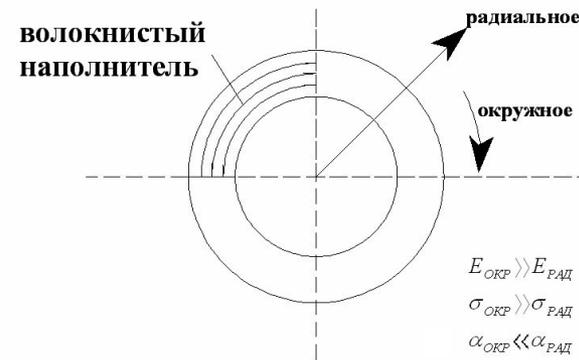
Трансверсальный изотропный материал



Квазиизотропный



Материал с криволинейной анизотропией термоупругих свойств

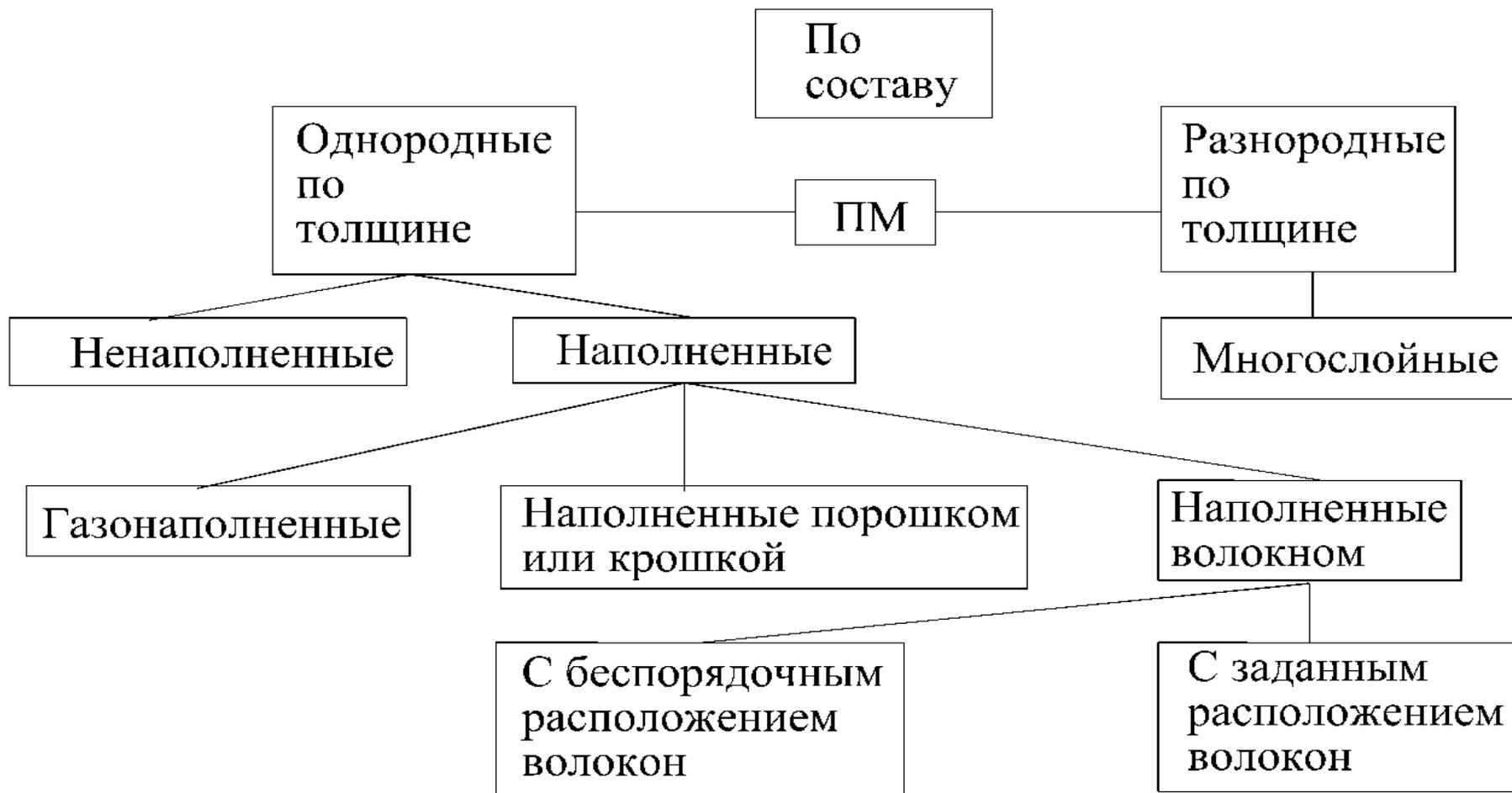




Классификации ПМ



2 Классификация по составу материала:



характеристиками).

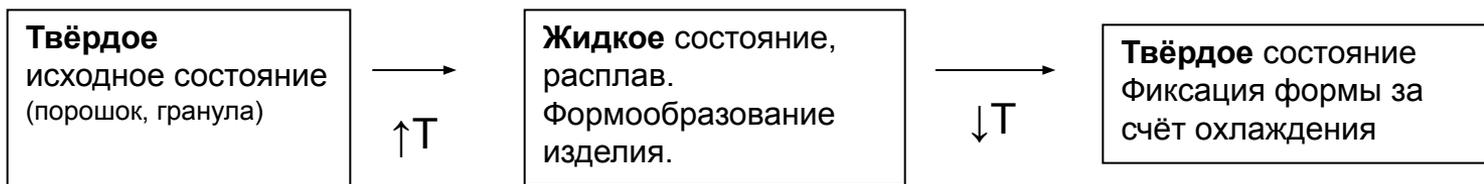
3 Классификация по поведению при переработке (по отношению к нагреванию) :

Термопластичные

Термореактивные

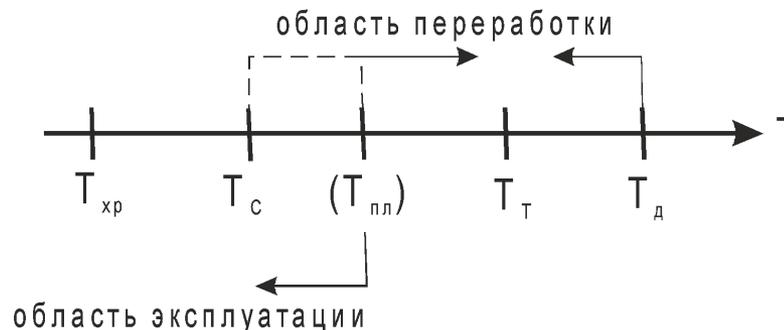
на основе аморфных и кристаллизующихся полимеров линейной или разветвлённой структуры (ПЭ, ПС, ПП, ПА, ПИ, ПВХ, лавсан и др.). Наполненные термопласты имеют линейную матрицу.

Для получения изделий на их основе используют либо эластические, либо, что наиболее часто, пластические деформации.



Основной отличительной чертой ТП при переработке является то, что состав, молекулярная структура, строение полимера не изменяется, идут только физические процессы

ТП – обладают свойством многократной переработки, переходить в жидкое и твердое состояние не теряя своих свойств

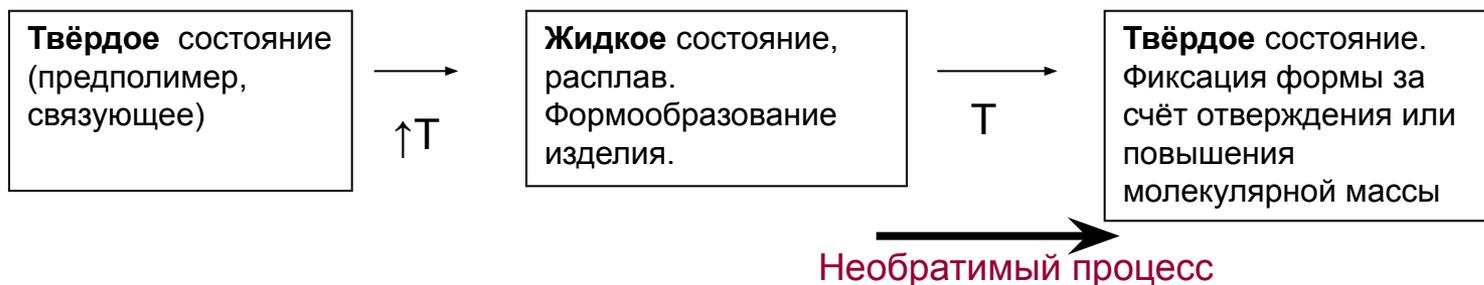


3 Классификация по поведению при переработке (по отношению к нагреванию) :

Термопластичные

Термостабильные

после формования изделий имеют сетчатую или неплавкую сверхвысокомолекулярную линейную структуру. До формования полимера нет в полуфабрикате, он содержит предполимерное состояние или начальные составы или связующие (мономеры, олигомеры, смолы: эпоксидные, фенолоформальдегидные смолы, олигоэфир и др, способные при определённых условиях к отверждению, приводящему к образованию сетчатых полимеров или повышению молекулярной массы линейных полимеров).



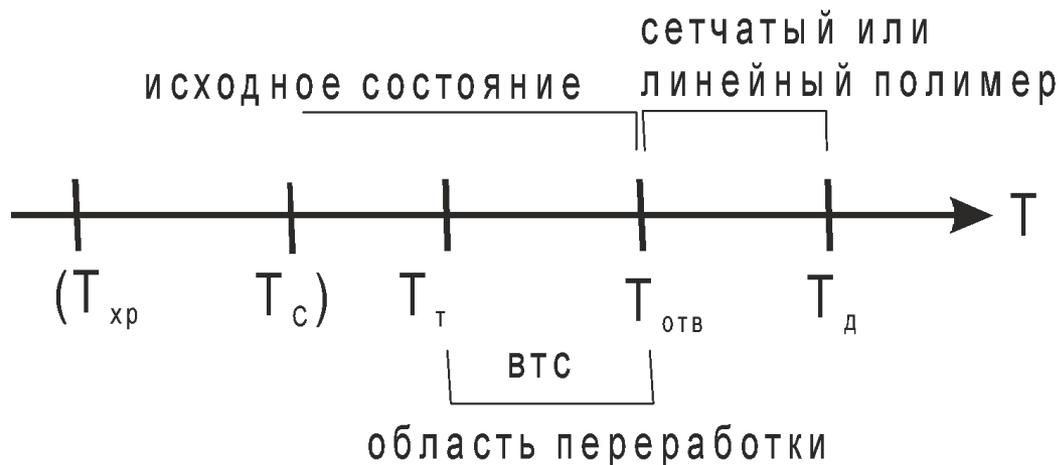
При формовании идут химические реакции, приводящие к увеличению молекулярной массы молекул и образованию между ними поперечных связей. В результате образуется сетчатый (термостабильный) полимер не способный при повторном нагревании переходить в вязко-текучее состояние. Они активны к температуре только один раз. Из терморезистивного состояния полимерная фаза переходит в термостабильное состояние, процесс необратим, т.е. повторно полимер не плавится и не растворяется

3 Классификация по поведению при переработке (по отношению к нагреванию) :

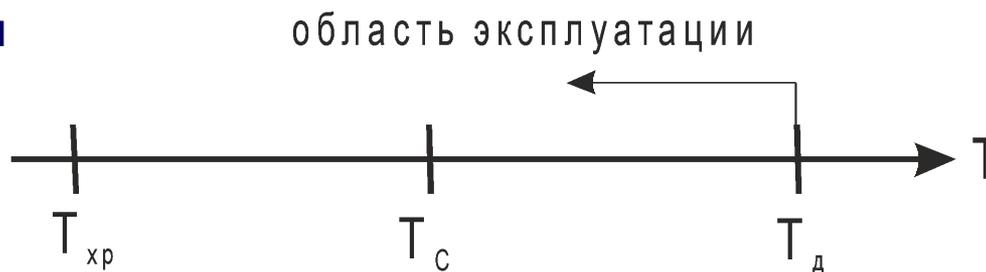
Термопластичные

Термореактивные

До переработки



После переработки

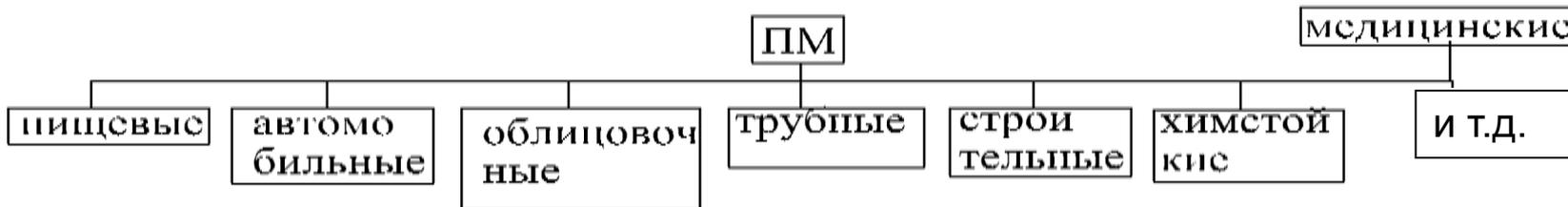


4 Классификация по назначению:

По потребительским свойствам

- по механическим свойствам: - конструкционные;
 - инженерные;
 - общетехнические;
- электротехнические;
- триботехнические;
- радиотехнические;
- теплотехнические;
- и т.д.

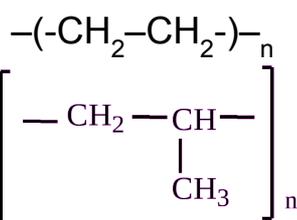
По потребительским рядам



5 Классификация по рабочим температурам:

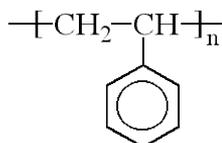
Траб ≤ 130°C

ТП

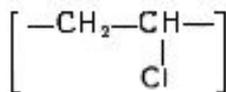


ПЭ

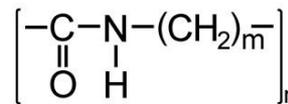
ПП



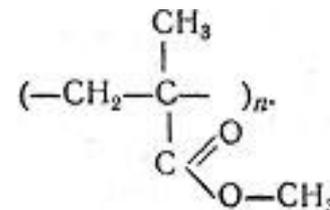
ПС



ПВХ



Алифатические
полиамиды



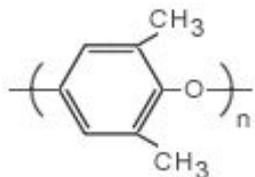
Полиметилметакрилат

ТР

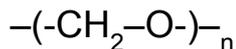
Некоторые виды эфиропластов, эпоксиластов

Траб = 130÷150°C

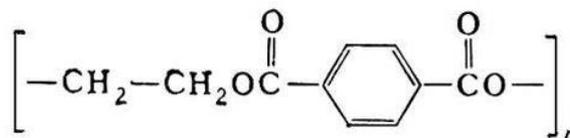
ТП



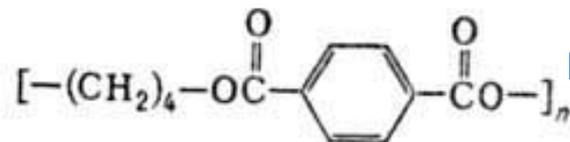
Полифениленоксид



Полиформальдегид



Полиэтилентерефталат



Полибутилентерефталат

ТР

Эпоксиласты

Траб = 150÷180°C

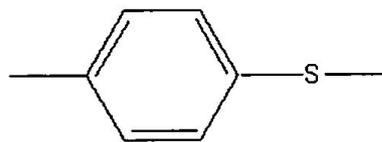
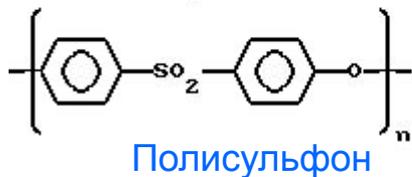
ТР

Эпоксиласты, феноласты, аминопласты

5 Классификация по рабочим температурам:

Траб = 180÷250°C

Термостойкие ТП



Полифениленсульфид

Полиимиды;
Полиэфиримиды;
Полиамидимиды;
Полиэфиркетоны

ТР Имидопласты на основе БМИ; Фенопласты

Траб >250°C

Фторопласты, Имидопласты, Кремнепласты, Фуронопласты

К температуре наиболее устойчивы сетчатые полимеры



Классификации ПМ по механическим свойствам



Материалы общетехнического назначения

σ_p до 70 МПа
 $T_{\text{раб}}$ до 100°C

при внешней нагрузке Р
до 10-12 МПа

- ненаполненные ТП (ПЭ, ПП, ПС, ПВХ);
- наполненные аминопласты на основе аминокальдегидных матриц, эфиропласты, наполненный полипропилен

Материалы инженерно-технического назначения

σ_p до 130 МПа
 $T_{\text{раб}}$ до 160°C

при Р до 20 МПа

- ненаполненные ТП (алиф. ПА, ПК, ПФО, ПЭТ, ПСу, фторопласт);
- наполненные алиф. ПА, ПК, эпоксидные и фенолопласты, наполненные порошкообразным наполнителем

σ_p до 150 МПа
 $T_{\text{раб}}$ до 220°C

при Р до 40 МПа

- ненаполненные ПИ, ПЭИ, ПАИ, ПФС, ПЭК;
- наполненные имидопласты (на основе матриц БМИ – бисмалеинимидных)

Материалы конструкционного назначения

σ_p выше 200 МПа (200-1500 МПа)
 $T_{\text{раб}}$ от 200 °С до 300°C, любые нагрузки

- армированные пластики на основе волокнистых наполнителей и сетчатых, и некоторых линейных матриц



Конструкционные полимерные материалы



Армированные пластики на основе волокнистых наполнителей и сетчатых, и некоторых линейных матриц.

Волокнистые наполнители:

- Стекланные волокна;
- Базальтовые волокна;
- Углеродные волокна;
- Органические волокна;
- Керамические волокна.

Матрицы сетчатые:

- Эпоксидные;
- Сложноэфирные;
- Фенолоформальдегидные;
- Эпоксифенольные;
- Кремнийорганические;
- Имидные.

Матрицы линейные:

- полиимиды;
- полиэфиркетоны;
- полисульфоновые;
- полифениленоксидные;

Тривиальные названия некоторых ПМ

по волокну:

- Углепластики;
- Стеклопластики;
- Органопластики или Органиты;
- Базальтопластики;
- Керамопластики
- и т.д.

по матрице:

- Эпоксипласты;
- Фенопласты;
- Имидопласты;
- и т.д.

комплексные названия:

- Эпоксиглепластики;
- Имидостеклопластики
- и т.д.



Рекомендуемая литература



1. Николаев А.Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе. – Л.: Химия, 1966. – 784 с.
2. Энциклопедия полимеров. Т. 1,2,3 – М.: Советская энциклопедия, 1974-1977..
3. Мийченко И.П.. Технология полуфабрикатов полимерных материалов. – СПб.: НОТ, 2012. – 374 с.
4. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. – СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 480 с.
5. Пластики конструкционного назначения. Реактопласты. / Под ред. Е.Б.Тростянской – М.: Химия, 1974. -304 с.
6. Термопласты конструкционного назначения. / Под ред. Е.Б. Тростянской – М.: Химия, 1975. -240 с.
7. Термоустойчивость пластиков конструкционного назначения/ под ред. Тростянской . М.: Химия, 1980.- 240 с.
8. Гуняев Г.М. Структура и свойства полимерных волокнистых композитов – М.: Мир, 1988. -336 с.
9. Любин Дж. Справочник по композиционным материалам. Пер. с англ./ Под ред. А. Б. Геллера. в двух томах– М.: Машиностроение, 1988. – 448с.
10. Технология производства изделий и интегральных конструкций из КМ в машиностроении_А.Г.Братухин, В.С.Боголюбов, О.С.Сироткин – М.: Готика, 2003. - 516 с.
11. Армированные пластики. / Под ред. Г.С. Головкина, В.И. Семенова. - М.: Изд-во МАИ, 1997. - 404 с.



Рекомендуемая литература



12. Справочник по пластическим массам. Изд. 2-е пер. и доп. В 2-х томах. / Под ред. В.М. Катаева, В.А. Попова, Б.И. Сажина – М.: Химия, 1975. - т. 1. - 448 с. – т. 2. - 568 с.
13. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. 2-е изд. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 822 с.
14. Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. – СПб.: Научные основы и технологии, 2013. – 650 с.
15. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: Учебное пособие. 4-е издание. /Под ред. Берлина А.А. – СПб.: Профессия, 2014. – 560 с.
16. Промышленные полимерные композиционные материалы. Ричардсон. Пер. с англ. Под ред. Бабаевского. М.: Химия . 1980. – 472 с.
17. Технические свойства пластмасс: Учебное пособие/ В.К. Крыжановский. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2014. – 248 с.
18. Устинов В.А. Тенденции использования КМ на полимерной матрице в авиастроительной и космической технике за рубежом//Проблемы безопасности полетов.-1995.-№ 1.- С.19-36.
19. Faserverstaerkte Kunststoffe, Zukunftwerkstoffe fuer den Maschinen- und Fahrzeugbau// Ing. Dig.-1982.- Bd. 21, N 2.- S. 29-31.
20. SAMPE-Journal.-1991.-V. 27, N 2.- P. 19-25.
21. Konstruieren mit thermoplastischen Kunststoffen. Teil 1: Grundlagen. Ludwigshafen: BASF.-S. 76.