

Процессы и операции формообразования

***ЛЕКЦИЯ-17
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ
МАТЕРИАЛЫ***



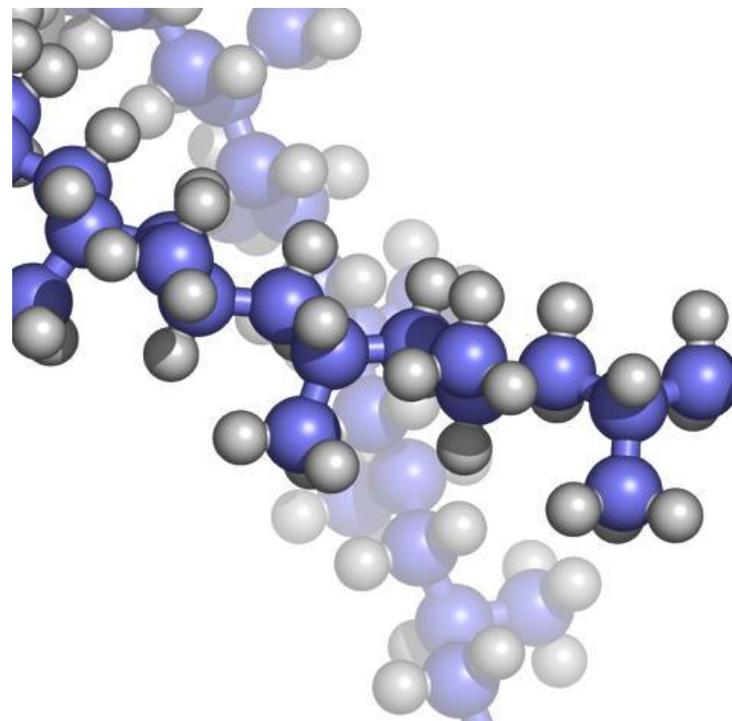
Роль неметаллических материалов в машиностроении

- К традиционным неметаллическим материалам относятся:
 - волокнистые материалы (древесина);
 - полимерные органические и неорганические материалы (пластмассы);
 - каучуки и резины;
 - клеи и герметики;
 - лакокрасочные покрытия;
 - стекло и керамика

- К современным неметаллическим материалам нового поколения относятся композиционные материалы на неметаллической основе – ***композиты.***

Полимеры

- ▣ **Полимеры** – это высокомолекулярные химические соединения. Их макромолекулы состоят из большого числа повторяющихся звеньев (мономеров) одинаковой структуры.
- ▣ Полимеры образуются в результате **полимеризации** - процесса соединения низкомолекулярных соединений в высокомолекулярные с образованием длинных цепей.



Полимеры

□ Полимеры обладают разнообразными свойствами, которые обусловлены структурой их макромолекул:

- линейной,
- разветвленной,
- лестничной,
- плоской
- сетчатой,
- пространственной,
- паркетной

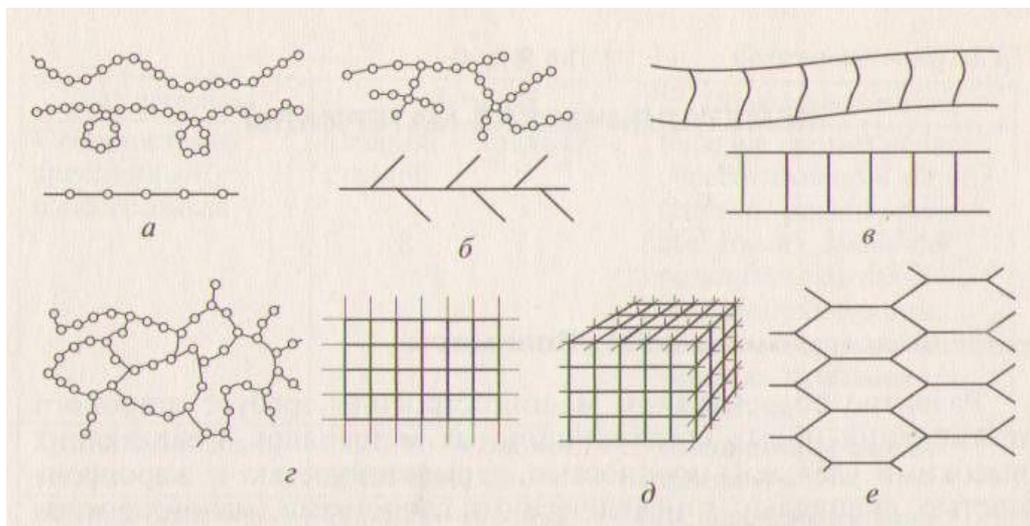
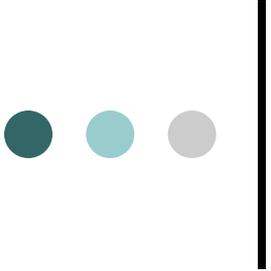


Рисунок 30.1-Формы макромолекул полимеров:

- a* – линейная;
- б* – разветвленная;
- в* – лестничная;
- г* – плоская сетчатая;
- д* – пространственная;
- е* – паркетная



Свойства полимеров

- Гибкие длинные макромолекулы (полиэтилен, полиамид) обладают высокой прочностью вдоль цепи и слабыми молекулярными связями. Это обеспечивает своеобразие их свойств: эластичность, способность размягчаться при нагреве, затвердевать при охлаждении.
- Разветвленные молекулы (полиизобутилен) отличаются наличием боковых ответвлений, что препятствует их плотной упаковке.
- Плоские ленточные молекулы состоят из двух цепей, соединенных химическими связями. Они обладают повышенной теплостойкостью и большей жесткостью.
- Пространственные молекулы образуются при соединении молекул между собой прочными химическими связями. При этом образуется сетчатая структура с сеткой разной густоты. Сетчатые молекулы с редкой сеткой теряют способность растворяться и плавиться, но обладают упругостью (мягкие резины). Пространственные густосетчатые молекулы отличаются твердостью и большой теплостойкостью. Эти полимеры составляют основу конструкционных неметаллических материалов.
- Аморфные полимеры строятся из цепных молекул и собраны в пачки. Пачки являются структурными элементами и могут перемещаться относительно соседних элементов. Некоторые аморфные полимеры состоят из цепных молекул, свернутых в клубки (глобулы). Такая структура дает низкие механические свойства (хрупкое разрушение по границам глобул). При повышении температуры глобулы могут разворачиваться, что повышает механические свойства.



Свойства полимеров

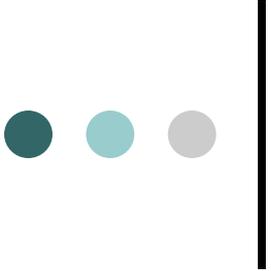
В зависимости от характера поведения полимеров при нагреве они подразделяются на термопластичные и терморреактивные.

- ▣ **Термопластичные** полимеры имеют линейную или разветвленную структуру молекул и при нагреве они размягчаются, могут плавиться, а при охлаждении затвердевают. Этот процесс обратим, и материал не претерпевает химических превращений.
- ▣ **Терморреактивные** полимеры в начальной стадии образования имеют линейную структуру. При нагреве они размягчаются. Далее в результате протекания химических реакций образуется пространственная структура и полимер приобретает термостабильное твердое состояние.



Свойства полимеров

- Полимеры могут находиться в трех стабильных состояниях:
 - В **стеклообразном** (твердом аморфном) состоянии движения звеньев и перемещения макромолекул отсутствуют.
 - **Высокоэластическое** состояние характеризуется способностью материала к большим обратимым изменениям формы под действием незначительных нагрузок.
 - **Вязкотекучее** состояние напоминает жидкое состояние, характеризующееся большой вязкостью.
- Полимеры обладают одним неприятным свойством – они **стареют** под воздействием света, кислорода (озона), влажности, теплоты, длительного хранения, т.е. самопроизвольно и необратимо изменяются их важнейшие механические свойства.
- Процессы старения ускоряются под воздействием механических напряжений.
- Для замедления процесса старения используют добавки в полимеры стабилизаторов, которые представляют собой органические вещества, антиоксиданты.
- Например, срок службы полиэтилена, стабилизированного сажей, увеличивается с 2 до 5 лет; поливинилхлорид имеет срок службы до 25 лет.



Виды полимеров

- По происхождению полимеры делятся на
 - природные или биополимеры (белки, нуклеиновые кислоты, натуральный каучук, пр.)
 - и синтетические (полиэтилен, полиамиды, эпоксидные смолы, пр.), получаемые методами полимеризации и поликонденсации.
- Из **биополимеров** построены клетки всех живых организмов.
- **Синтетические** полимеры являются основой пластмасс, химических волокон, резины, лакокрасочных материалов, клеев.

Пластмассы

Пластмассы – класс синтетических материалов, состоящий из многокомпонентных синтетических полимеров, обязательным компонентом которых является связка.

- В качестве компонентов пластмасс применяют:
 - **Связка** – это синтетические смолы, эфиры, целлюлоза. Некоторые пластмассы состоят только из одной связки – полиэтилен, фторопласты, органическое стекло.
 - **Наполнитель** – порошкообразные, волокнистые, сетчатые вещества органического или неорганического происхождения. Наполнители повышают механические свойства, снижают усадку при прессовании полуфабриката, придают материалу необходимые свойства.
 - **Пластификаторы** добавляют в пластмассу для повышения эластичности и облегчения обработки. Это олеиновая кислота, стеарин, дибутилфторат и т.д.
 - **Отвердители** – катализаторы процесса отверждения (амины).
 - **Красители.**



Рисунок 30.2-Гранулированные пластмассы для обработки



Классификация пластмасс

Таблица 30.1-Классификация пластмасс

По химическому составу полимера	По характеру связующего вещества	По виду наполнителя
<ul style="list-style-type: none">- фенолформальдегидные (фенопласты);- эпоксидные;- полиамидные;- стирольные и др.	<ul style="list-style-type: none">- термопластичные (термопласты);- терморреактивные	<ul style="list-style-type: none">- <i>порошковые</i> (карболиты): древесная мука, графит, тальк;- <i>волокнистые</i>: очесы хлопка и льна;- <i>в виде стеклянных нитей</i> (стекловолокниты) или <i>асбеста</i> (асбоволокниты);- <i>газонаполненные</i> с воздушным наполнителем: пенопласты, поропласты;- <i>слоистые</i> с листовым наполнителем: бумажные листы (гетинакс), х/б ткани, стеклоткани, асбестовые ткани (текстолит, стеклотекстолит, асботекстолит)

Методы переработки пластмасс

- ▣ *Экструзия* – выдавливание расплава через калиброванное отверстие мундштука. Сечение отверстия определяет поперечную форму изделия.
- ▣ *Прессование (горячее, холодное)* – формообразование изделия в закрытой полости (ручье) специального инструмента – штампа (пресс-формы).
- ▣ *Литьевое прессование* – композицию в расплавленном состоянии выдавливают в ручей пресс-формы и выдерживают до затвердевания.
- ▣ *Штамповка* – переработка листовых материалов из термопластов.
- ▣ *Вспенивание* – введение в пластик газообразующих наполнителей для получения ячеистых конструкций малой объемной массы для придания изделию хороших тепло-, звуко-, и шумоизоляционных свойств.
- ▣ *Сварка* – получение неразъемных соединений из термопластов. С помощью горячего воздуха и давления на прижатые поверхности происходит взаимная диффузия – переплетение макромолекул.
- ▣ *Горячее напыление* пластика, прошедшего через воздушно-ацетиленовое пламя, в качестве покрытий на различные поверхности с целью защиты от коррозии, эрозии и для украшения.
- ▣ *Механическая обработка* пластмасс в основном применяется для удаления литниковой системы, облоя, заусенцев, получения фасок и отверстий.



Рисунок 30.4-Механическая обработка пластмасс



Механическая обработка пластмасс

- Пластмассы, обладают большей упругой деформацией, нежели чем металлы и поэтому для обработки им требуются более высокие давления, чем при обработке металлов. При этом, как правило, не применяются какие-либо смазки, кроме минерального масла, а охлаждают изделие не водой, а струей воздуха.
- Из-за большей хрупкости чем металлы, пластмассы следует обрабатывать с применением более высоких скоростей резки, поэтому износ инструмента при обработке пластмасс намного больше, чем при обработке металлов. Это является основной причиной применения инструментов из твердых сплавов, высокоуглеродистой или быстрорежущей стали. Лезвия для обработки пластмасс затачиваются более остро и протачивается эта процедура гораздо чаще.
- Точно также, как и для металлов, изделие из пластмассы может быть обработано как на токарном станке, так и на фрезерном, а для распиливания могут применяться ленточные и дисковые пилы, карборундовые круги.
- Существуют различные типы соединения пластмасс между собой – склеиванием, с помощью болтов, заклепок, а также при помощи сварки.
- Сварка пластмасс основана на переводе заготовок сначала в высокоэластическое, а затем в вязкое, текучее состояние и возможна лишь тогда, когда свариваемые поверхности могут быть переведены в это состояние без разложения исходного материала.

Оборудование для производства изделий из пластмассы

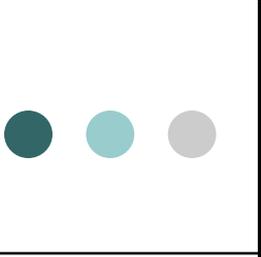


а



б

Рисунок 30.3-Оборудование для производства изделий из пластмассы
а- завода полимерного машиностроения «Тригла»;
б- совместного российско-Китайского предприятия «Сборочный цех»



Применение пластмасс

Виды пластмасс	Область применения	Способы переработки
Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП), высокого давления	Пленки, трубы, изделия, работающие при обычных температурах	Литье под давлением, экструзия, пневмо-вакуум-формование, прессование, спекание, сварка
Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), низкого давления	Пленки, трубы, антифрикционные и защитные покрытия	Литье под давлением, экструзия, вакуум-формование, прессование, спекание, сварка
Блок-сополимеры пропилена с этиленом (БСПЭ)	Трубы, фитинги, корпусные детали, панели	Литье под давлением, экструзия, прессование
Полистирол (АБС-пластики)	Тара, крупногабаритные корпусные детали	То же
Полиметилметакрилат (ПММА)	Остекление кабин, герметики	То же и сварка, склеивание
Фторопласты	Детали антифрикционного назначения, прокладочные материалы	Прессование, экструзия, литье под давлением
Полиамиды ПА66; 6; 610; 612; 11; 12	Детали, работающие под нагрузкой, корпуса, гибкие детали	Литье под давлением, экструзия
Полиформальдегид (ПФ, СФ)	Шестерни, втулки, антифрикционные детали	Литье под давлением, сварка, склеивание

Применение пластмасс



Рисунок 30.5-Индустриальное применение пластмасс



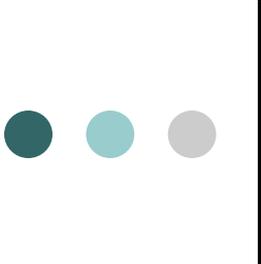
Резиновые материалы

Резина – продукт специальной обработки (вулканизации) каучука.

От других материалов резина отличается высокой эластичностью (относительное удлинение до 1 000 %).

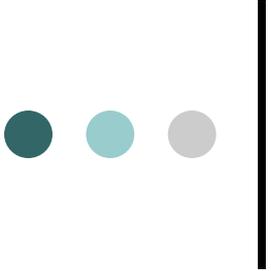


Рисунок 30.6-Резина сырая для изготовления резинотехнических изделий, служащих для уплотнения неподвижных соединений



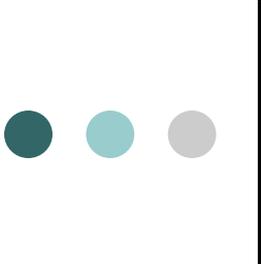
Состав резины

- ▣ **Каучук** служит основой любой резины – натуральный (НК) или синтетический (СК).
- ▣ **Вулканизирующие вещества** - это специальные добавки, которые вводят в резину для улучшения свойств каучуков. Они участвуют в образовании пространственно-сетчатой структуры вулканизата. Обычно применяют серу или селен.
- ▣ **Полисульфиды** – ускорителями процесса вулканизации
- ▣ **Противостарители** (антиоксиданты) – замедляют процесс старения резины, в том числе противостарители химического действия замедляют окисление каучука, а физические противостарители (парафин, воск) образуют на внешней части изделия защитные пленки.
- ▣ **Мягчители** (пластификаторы) – облегчают переработку резиновой смеси, увеличивают эластичность каучука, повышают морозостойкость резины. Обычно в этом качестве используются парафин, вазелин, стеариновая кислота, битумы и др.
- ▣ **Наполнители** по воздействию на каучук могут быть инертные (мел, тальк) и активные (углеродистая сажа, оксид цинка) инертные наполнители вводятся для удешевления резины, активные – для увеличения ее механических свойств.
- ▣ **Регенерат** – продукт переработки старых резиновых изделий и отходов резинового производства. Наряду со снижением стоимости резины функцией регенерата является подавление склонности резины к старению.
- ▣ **Антипирены** – снижают воспламеняемость и горючесть резины.
- ▣ **Фунгициды** – защищают резину от воздействия микроорганизмов, особенно в условиях тропиков.
- ▣ **Дезодоранты** – подавляют неприятный запах резины.
- ▣ **Красители и пигменты** – вводят для окраски резины.



Резиновые материалы

- Большинство каучуков – непредельные высокомолекулярные соединения с линейной или слабоветвистой структурой.
- Наличие в молекулах непредельных связей позволяет переводить макромолекулы в стабильное состояние.
- Для этого в местах двойной связи в процессе вулканизации присоединяют двухвалентную серу, получая пространственную сетчатую структуру.
- В зависимости от содержания вводимой серы получают сетку с разной величиной ячейки.
- При добавке 1...5 % серы получают мелкоячеистую структуру, т.е. высокоэластичную резину.
- При дальнейшем увеличении содержания серы резина становится менее эластичной, повышается ее твердость.
- При введении в состав шихты 30 % серы получают твердый материал – эбонит



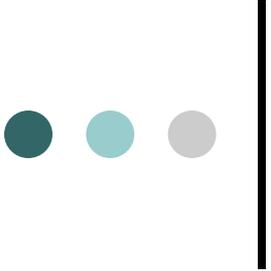
Клеи и герметики

- Клеи и герметики относятся к пленкообразующим материалам.
- **Клеи** применяют для склеивания разных материалов.
- **Герметики** обеспечивают уплотнение и герметизацию швов, стыков и т.д.
- В состав этих материалов входят:
 - **пленкообразующие вещества** – термореактивные смолы, каучук и др.
 - **растворители** – спирты, бензин и др.;
 - **пластификаторы** – для устранения усадочных явлений при склеивании и для повышения эластичности пленки;
 - **отвердители и катализаторы** – для перевода пленкообразующего вещества в термостатическое состояние;
 - **наполнители** – для повышения прочности и других характеристик клеевого слоя.

Клеи и герметики



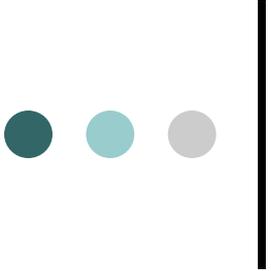
Рисунок 30.7-Ассортимент клеев и герметиков



Клеи и герметики

По сравнению с другими видами соединений клеевые соединения имеют ряд преимуществ:

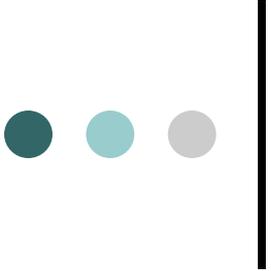
- позволяют соединять разные материалы в разных сочетаниях, кроме того, позволяют соединять тонкие изделия;
- более стойки к коррозии;
- более технологичны при ремонте изделий и т.д.;
- органическая природа многих клеёв определяет их длительную теплостойкость до 3500С, а клеи на основе кремнийорганических и неорганических полимеров имеют повышенную теплостойкость до 1000оС.



Клеи и герметики

Классификация клеёв проводится по следующим признакам:

- по пленкообразующему веществу – смоляные и резиновые;
- по адгезионным свойствам – универсальные и специальные;
- по отношению к нагреву – обратимые, т.е. термопластичные, и необратимые, т.е. термостабильные;
- по условиям отверждения – горячего и холодного склеивания;
- по внешнему виду – жидкие, пастообразные и пленочные;
- по назначению – конструкционные силовые и несиловые.



Лакокрасочные материалы

- Лакокрасочные материалы (ЛКМ) применяются с целью нанесения на наружные поверхности деталей защитных и декоративных покрытий. Качественные покрытия наносятся на предварительно обработанные поверхности:
 - шлифовка поверхности до получения шероховатости не более $Rz 0,6 \dots 1,2$ мкм,
 - удаление с поверхности жировых, масляных и оксидных пленок,
 - нанесение на поверхности специальных грунтовок.

Лакокрасочные материалы



а

б

СВЕТЯЩИЕСЯ В ТЕМНОТЕ ДИСКИ



расскажи друзьям ❤️

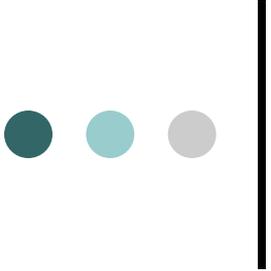
Рисунок 30.8-Применение лакокрасочных материалов:
а - пескоструйная окраска дисков порошковой (полимерной) краской;
б - светящиеся краски;
в- анкикоррозийные

в

Различают ЛКМ:

- прозрачные – лак;
- кроющие – эмаль;
- подготовительные – грунтовка.



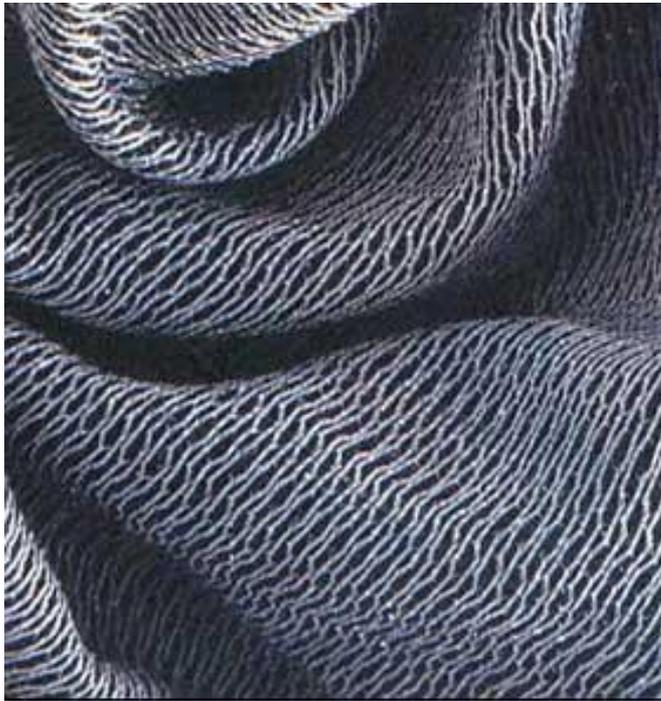


Лакокрасочные материалы

- Лаки могут иметь природную или синтетическую основу, содержат пластификаторы и красители.
- Эмали также выполняются на природной или синтетической основе с добавками пластификаторов, красителей, пленкообразователей, антипенных, диспергирующих, кроющих и других добавок.
- Покрyтия наносятся вручную кистью, распылителем, окунанием и другими способами.
- В машиностроении применяются ЛКМ на канифольной (КФ), битумной (БТ), глифталиевой (ГФ), пентафталевой (ПФ), алкидно-стирольной (МС), эпоксидной (ЭП), алкидно-уретановой (УР), кремнийорганической (КО) и полимерной (ХВ, ХС, АС, ВЛ и др.) основах.

Прокладочные материалы

Прокладочные материалы применяются для герметизации соединений корпусных или иных деталей, работающих, как правило, при высоких давлениях и температурах внутри герметизируемой полости, для теплоизоляции и электроизоляции разъемных частей.



a

Рисунок 30.9-

Прокладочные материалы

a - безасбестовые;

б - укрепители и уплотнители;

в - на основе терморасширенного графита TRG



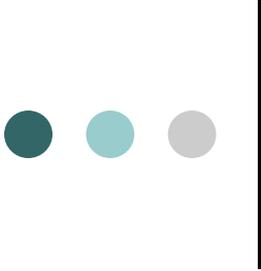
б

в



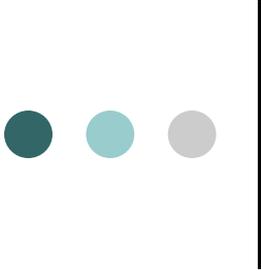
Прокладочные материалы (ПМ) в машиностроении

Вид ПМ	Название ПМ	Свойства и применение ПМ
Естественные	Кора пробкового дерева	Основное достоинство – маслобензостойкость. Применяется при небольших давлениях и температурах. Из-за дефицитности применение ограничено. Часто используют пробковую крошку в синтетическом клеящем составе
	Асбест	Обладает прочностью, эластичностью, диэлектрическими свойствами Устойчив при температурах до 1 500⁰
	Войлок	Плотный шерстяной материал Войлочные прокладки <ul style="list-style-type: none">- предотвращают попадание в соединения посторонних загрязнений,- задерживают смазочные масла,- смягчают удары при вибрации,- являются хорошим шумоизолятором
	Отожженная медь	Применяется при высоких температурах и давлениях



Прокладочные материалы (ПМ) в машиностроении

Вид ПМ	Название ПМ	Свойства и применение ПМ
Синтетические	Маслобензостойкая резина, различные пластмассы	Являются хорошими диэлектриками. Имеют низкие морозостойкость, теплостойкость и малый срок службы. Применяются в неответственных соединениях или в качестве матрицы композиционных материалов
Композиционные	Целлюлозосодержащие материалы (бумага, плотный картон)	Применяются в качестве тонких прокладок в узлах, не подвергаемых воздействию влаги. Из бумаги, обработанной хлористым цинком, касторовым маслом и глицерином, получают фибру – прочный и долговечный диэлектрик, стойкий к маслу и воде.
	Композиции на основе маслобензостойкой резины	Наиболее универсальны, относительно дешевы, имеют большую долговечность. В качестве наполнителя используют распушенный асбест, графитный порошок, стальную фольгу, стальную проволоку или их сочетание



Используемые информационные источники

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для студ.в. учеб. заведений / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин и др.; под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепихина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.
2. Рогов, В.А. Современные машиностроительные материалы и заготовки: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
3. <http://www.bartersib.ru/>
4. <http://www.newchemistry.ru/>
5. <http://constructionyard.ru/>
6. <http://www.craftedmetall.ru/>
7. <http://rti.kirov.mnogonado.net/>