

Маркировка углеродистых конструкционных сталей

- Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества выпускают в виде проката (листов, прутков, уголков) трех групп: *A*, *B*, *B*.
- Стали маркируются сочетанием букв «Ст» и цифрой (от 0 до 6), показывающей номер марки. Стали групп *B* и *B* имеют перед маркой буквы *B* или *B*, указывающие на их принадлежность к этим группам.
- Стали группы *A* поставляются с гарантированными механическими свойствами, а химический состав их не регламентируется. Сталь группы *A* выпускается следующих марок: от Ст 0 до Ст 6. С увеличением номера марки повышается предел прочности, например, Ст 0 имеет предел прочности, равный или более 31 кг/мм^2 ; Ст 1 – $32 \div 42 \text{ кг/мм}^2$; Ст 2 – $34 \div 44 \text{ кг/мм}^2$ и т. д.

Маркировка углеродистых конструкционных сталей

- Сталь группы *A* используется для неответственных деталей машин, металлических конструкций, арматуры. Сталь группы *B* поставляется с гарантией по химическому составу, механические свойства не гарантируются. Маркируется сталь следующим образом: БСт 0, БСт 1, БСт 2, БСт 6. Так, например, в стали марки БСт 1 содержание углерода должно быть $0,06 \div 0,12\%$ а в марке БСт 6 – $0,38 \div 0,49\%$. Из стали группы *B* изготавливают оси вагонных колес, железнодорожные рельсы, пружины, рессоры, резервуары.
- Стали группы *B* поставляются с гарантированными механическими свойствами и химическим составом. Их широко применяют для производства сварных конструкций. Стали этой группы выпускаются следующих марок: ВСт1 ÷ ВСт5.

Маркировка углеродистых конструкционных сталей

- Стали группы А используют для изделий, изготовление которых не сопровождается горячей обработкой. В этом случае они сохраняют структуру и механические свойства, гарантированные стандартом.
- Стали группы Б предназначены для изделий, изготавливаемых с применением горячей обработки (ковки, термической обработки), при которой исходная структура и механические свойства не сохраняются. Для таких сталей важны сведения о химическом составе, необходимые для определения режимов горячей обработки.

Маркировка углеродистых конструкционных сталей

- Стали группы В в основном предназначены для производства сварных конструкций. В этом случае важно знать их исходные механические свойства, так как они сохраняются неизменными в участках, не подвергаемых нагреву при сварке. А для оценки свариваемости стали важны сведения о химическом составе. Эта группа сталей гарантирует как механические свойства, так и химический состав. Углеродистые стали обыкновенного качества (всех трех групп) с номерами 5 и 6 предназначены для рельс, железнодорожных колес, валов, шкивов, шестерен. Некоторые детали из этих сталей групп Б и В могут подвергаться термическому улучшению.

Маркировка углеродистых конструкционных сталей

- Углеродистые качественные стали характеризуются более низким, чем у сталей обыкновенного качества, содержанием вредных примесей и неметаллических включений. Они поставляются в виде проката, поковок и других полуфабрикатов с гарантированными химическим составом и механическими свойствами. Маркируются двузначными числами 05, 08, 10, 20, 30, 35, ..., 85, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Например, сталь 10 содержит в среднем 0,10% С, сталь 50 – 0,50 % С и т.д. Спокойные стали маркируют индексом «сп», полуспокойные и кипящие с индексом соответственно «пс» и «кп».

Маркировка углеродистых конструкционных сталей

- Углеродистые высококачественные стали, выплавленные в электрических и вакуумных плавильных агрегатах, имеют минимальное содержание вредных примесей. Маркируются такие стали аналогично качественным, но в конце добавляется буква А: например, сталь 45А, сталь 50А, содержание углерода в них составляет соответственно 0,45 и 0,50%, а вредных примесей серы, фосфора, азота, кислорода, водорода значительно меньше.
- Стали 65, 70, 75, 80, 85, а также с повышенным содержанием марганца 60Г, 65Г и 75Г преимущественно применяют в качестве рессорно-пружинных. Их подвергают закалке и среднему отпуску на структуру троостита для получения высоких упругих и прочностных свойств ($\sigma_{\text{в}} > 80 \text{ кгс/мм}^2$) в сочетании с удовлетворительной вязкостью и хорошим пределом выносливости. Стали используются для плоских и спиральных пружин, рессор, упругих колец и других деталей пружинного типа.

Маркировка и микроструктура сталей

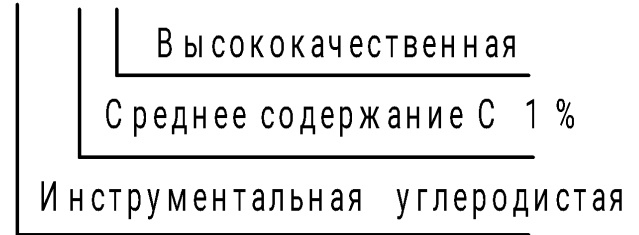
Ст 2 кп



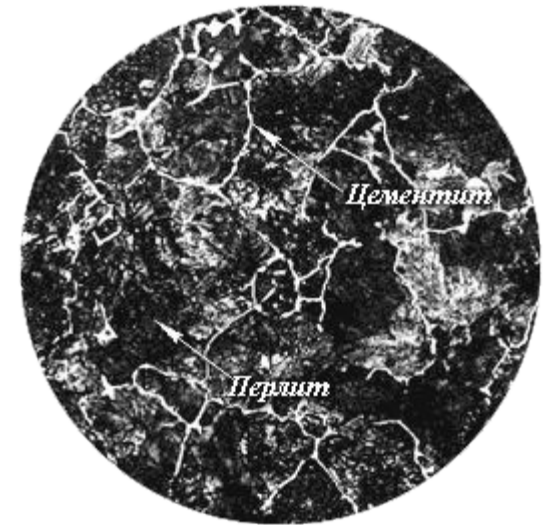
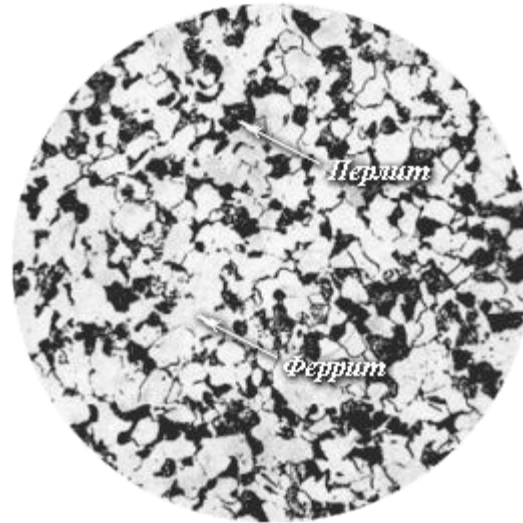
45

Среднее содержание С 0,45 %
Качественная

У 10А



35ХГСА



Марки и микроструктура чугунов

СЧ 25

Временное сопротивление
при растяжении, 250 МПа

Серый чугун

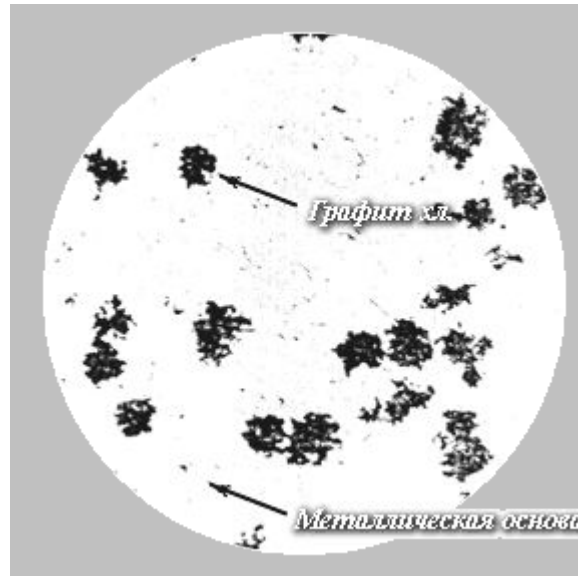


КЧ 33-8

Относительное
удлинение, 8 %

Временное сопротивление
при растяжении, 330 МПа

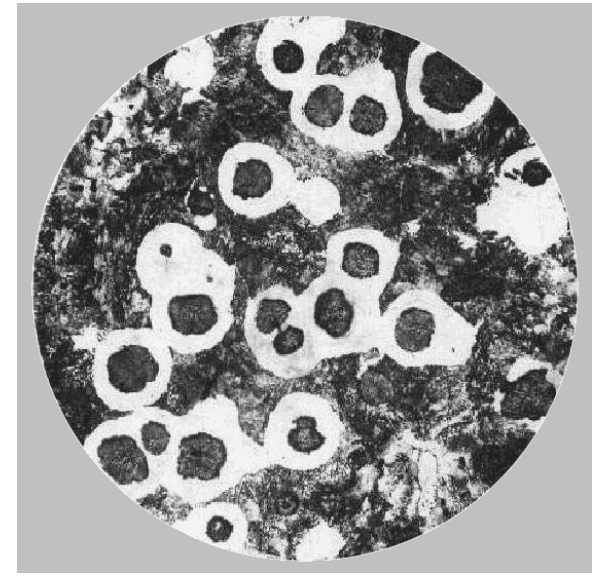
Ковкий чугун



ВЧ 40

Временное сопротивление
при растяжении, 400 МПа

Высокопрочный чугун



Маркировка легированных сталей

- Некоторые группы сталей содержат дополнительные обозначения: марки шарикоподшипниковых сталей начинаются с буквы Ш, быстрорежущих – Р, электротехнических – Э, автоматных – А, сталей для постоянных магнитов – Е. Для повышения качества и улучшения механических свойств некоторые марки сталей подвергают вторичному переплаву. В маркировке стали указаны виды вторичного переплава следующей аббревиатурой после буквенных и цифровых обозначений: переплав в вакуумных дуговых печах – (ВДП) ВД; вакуумно-индукционная выплавка – ВИ; электрошлаковый переплав – (ЭШП) Ш; электронно-лучевой переплав – ЭЛП; плазменно-дуговой переплав – ПДП; обычная дуговая плавка – ОДП.

Легированные конструкционные стали

- Для легированных конструкционных сталей в начале марки указывается двухзначное число, показывающее содержание углерода в сотых долях процента. Далее перечисляются легирующие элементы. Число, следующее за условным обозначением элемента, показывает его содержание в процентах.
- Если число не стоит, то содержание элемента не превышает *1,5 %*.
- Для обозначения высококачественных легированных сталей в конце марки указывается символ А. Качественные легированные стали содержат не более 0,035% серы и 0,035% фосфора, а высококачественные не более 0,025% серы и 0,025% фосфора.

Легкие цветные металлы и сплавы

- Легкими металлами и сплавами, в отличие от стали, чугуна и других металлических материалов, принято считать все металлы и сплавы, плотность которых составляет примерно половину плотности железа.
- К этим металлам условно можно причислить алюминий, магний, титан, бериллий, а также литий, натрий, калий.
- В качестве наиболее применяемых конструкционных материалов во многих отраслях промышленности являются алюминий, магний, титан, а также сплавы на их основе.

Алюминий и его сплавы

•Алюминий – легкий металл серебристо-белого цвета, его плотность $2,7 \text{ г/см}^3$, температура плавления $660 \text{ }^\circ\text{C}$, обладает хорошей тепло- и электропроводностью, высокой коррозионной стойкостью и пластичностью. Алюминий легко окисляется на воздухе, образуя на поверхности плотную пленку окисла Al_2O_3 , предохраняющую его от дальнейшей коррозии в атмосферных условиях, воде и других средах. Постоянные примеси алюминия – железо, кремний, медь, цинк, титан.

•В зависимости от содержания примесей первичный алюминий бывает особой чистоты А999 (0,01 примесей), высокой частоты А995, А99, А97, А795 (0,005–0,05% примесей) и технической чистоты А85, А8, А7 (0,15–1,0% примесей). Технический алюминий, выпускаемый в виде деформируемого полуфабриката (листы, профили, прутки и др.). Маркируют АД0 и АД1.

• Механические свойства алюминия невысокие – предел прочности на разрыв порядка $8\text{--}10 \text{ кг/мм}^2$, удлинение при разрыве свыше 40%, сужение – 80–95%. Механические свойства алюминия зависят от его чистоты и состояния. Увеличение содержания примесей и пластическая деформация повышают прочность и твердость алюминия.

Алюминий и его сплавы

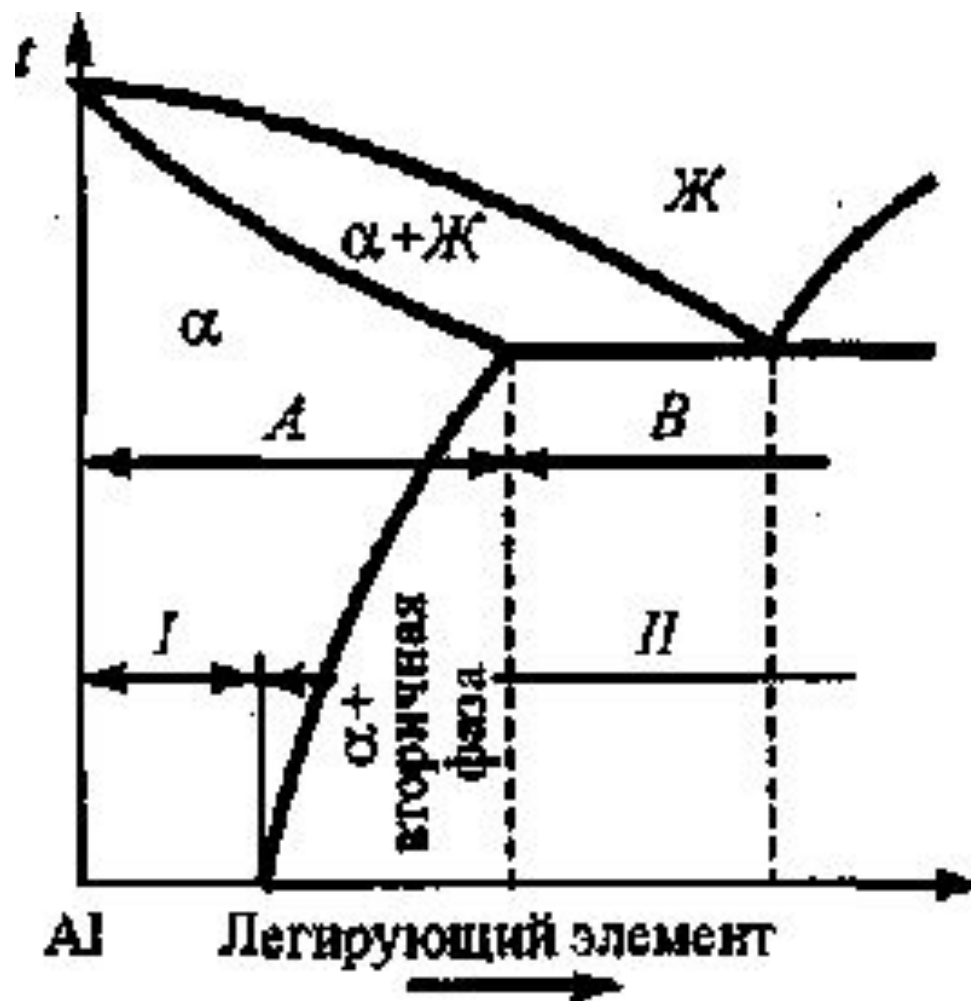


Диаграмма состояния алюминий – легирующий элемент
(схема)

Алюминий и его сплавы

- малая плотность алюминиевой детали – она составляет лишь треть массы стальной детали таких же размеров;
- устойчив к коррозии на воздухе и в среде многих газов и жидкостей;
- обладает высокой отражательной способностью и благодаря своему блеску имеет декоративный вид;
- алюминиевые сплавы по прочности сравнимы с обыкновенными сталями;
- отличается относительно высокой упругостью и не становится хрупким при низких температурах;
- хорошо поддается обработке резанием и давлением – его можно раскатать в фольгу толщиной 0,01 мм и меньше;
- проводит электрический ток и тепло лучше, чем все другие обычные металлы (за исключением меди).

Алюминий и его сплавы

Сплавы алюминия подразделяются:

- ✓ по технологии изготовления на деформируемые, литейные и спеченные;
- ✓ по способности к термической обработке – на упрочняемые и неупрочняемые.

Деформируемые сплавы.

- ✓ К неупрочняемым термической обработкой относятся сплавы алюминия с марганцем и алюминия с магнием. Эти сплавы обладают высокой пластичностью, коррозионной стойкостью, хорошо штампуются и свариваются, но имеют невысокую прочность. Из них изготавливают сварные резервуары для жидкостей и газов, детали железнодорожных вагонов.
- ✓ К упрочняемым сплавам относятся дюралюмины. К ним относятся сплавы алюминия с медью, магнием, небольшими добавками марганца, которые маркируются буквой Д с последующей цифрой Д1, Д16, Д18.

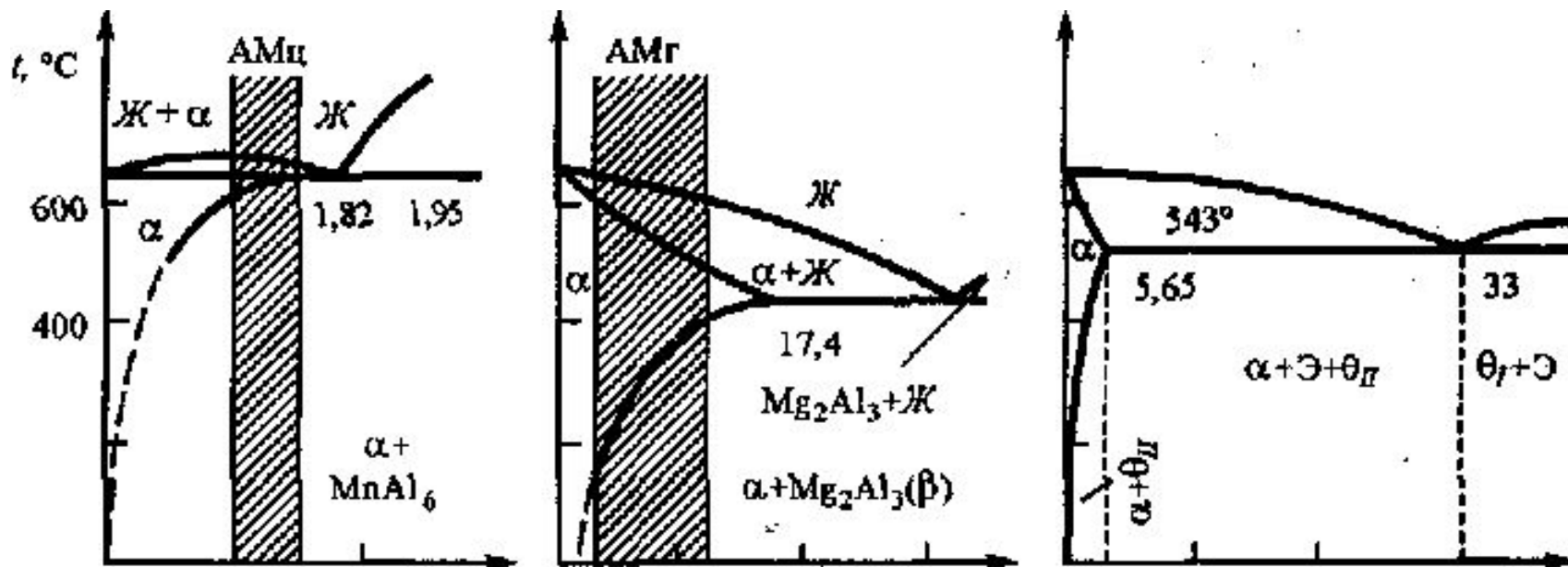
Алюминий и его сплавы

• Сплавы типа АМц относятся к системе Al-Mn. Структура сплавов типа АМц состоит из α -твердого раствора и вторичных выделений фазы $MnAl_6$, переходящих в твердый раствор при повышении температуры. В присутствии железа вместо $MnAl_6$ образуется сложная тройная фаза $(Mn, Fe)Al_6$, практически нерастворимая в алюминии, поэтому сплавы типа АМц не упрочняются термической обработкой. В отожженном состоянии они обладают высокой пластичностью и низкой прочностью. Пластическая деформация упрочняет эти сплавы почти в 2 раза.

• Сплавы типа АМг относятся к системе Al-Mg. Магний образует с алюминием α -твердый раствор, концентрация которого при повышении температуры увеличивается от 1,4 до 17,4 % в результате растворения фазы Mg_2Al_5 . Однако сплавы, содержащие до 7 %, дают очень незначительное упрочнение при термической обработке.

• Вследствие этого сплавы типа АМг, как и АМц, упрочняют с помощью пластической деформации и используют в нагартованном (АмгН – 80 % наклепа) и полунагартованном (АмгП – 40 % наклепа) состояниях.

Алюминий и его сплавы



Алюминий и его сплавы

- Эти марки имеют различные химические составы, механические и технологические свойства. Так, сплав Д1 имеет состав 3,8–4,9% меди, 0,4–0,8% магния, 0,3–0,9% марганца; Д16 – 3,8–4,9% меди, 1,2–1,8% магния, 0,3–0,9% марганца; Д18 – 2,2–3,0% меди, 0,2–0,5% магния.

- Дюралюмины Д1, Д16, Д18 характеризуются высокой прочностью, достаточной твердостью и вязкостью. Для упрочнения сплавов применяют закалку с последующим охлаждением в воде. Закаленные дюралюмины подвергаются затем старению, что способствует увеличению их коррозионной стойкости.

- Деформируемые алюминиевые сплавы являются основными конструкционными материалами в авиа- и автостроении, гражданском строительстве, в учебном процессе по технологии и других областях машиностроения. Сплав Д18 – один из основных заклепочных материалов.

Алюминий и его сплавы

• *Литейные сплавы.* Для литейных алюминиевых сплавов наиболее широко распространена классификация по химическому составу. Эти сплавы чаще всего содержат кремний, медь, магний. Сплавы алюминия с кремнием, называемые силуминами, имеют хорошую жидкотекучесть, малую усадку, низкую температуру литья и значительно прочнее чистого алюминия. Распространенными сплавами являются АЛ2 (10–13% кремния) АЛ4 (8–10,5% кремния, 0,17–30% магния) и АЛ9 (6–8% кремния, 0,2–0,4% магния).

• Механические свойства сплавов алюминия с медью и магнием выше, чем у силуминов, однако литейные свойства значительно ниже. Большинство литейных сплавов подвергаются термической обработке (закалка, отпуск или отжиг).

Алюминий и его сплавы

• *Спеченные сплавы.* Материалы из спеченных алюминиевых порошков (САП) состоят из порошка алюминия и его оксида AlO . Порошки этих исходных компонентов получают методами порошковой металлургии. Технологический процесс получения деталей из САП состоит из операций изготовления заготовки и последующей механической обработки. Заготовку получают путем прессования порошков в специальной пресс-форме при большом давлении и последующим спеканием при 590–620 °С. Спеченные алюминиевые порошки применяют для изготовления деталей повышенной прочности и коррозионной стойкости, эксплуатируемых при рабочих температурах до 500 °С.

Алюминий и его сплавы

- Спеченные алюминиевые сплавы (САС) получают из порошков алюминия с небольшим содержанием Al_2O_3 , легированных железом, никелем, хромом, марганцем, медью.
- САС характеризуются высокой прочностью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью. Преимущество САС по сравнению с литейными аналогичного состава состоит в отсутствии литейных дефектов и мелкозернистой структуры с равномерным распределением компонентов.

Магний и его сплавы

Магний представляет собой металл серебристого цвета, плотностью $1,74 \text{ г/см}^3$, температура плавления – $651 \text{ }^\circ\text{C}$. При температуре, несколько превышающей температуру плавления, легко воспламеняется и горит ярко-белым пламенем. Чистый магний не используют в качестве конструкционного материала, потому что его прочностные свойства невысоки. Прочность на растяжение в литом состоянии составляет $8\text{--}12 \text{ кг/мм}^2$, а относительное удлинение при разрыве $4\text{--}6\%$. Коррозионная стойкость магния во влажных средах крайне низка. Поэтому чистый магний применяется в качестве легирующих добавок к сталям и чугунам, в пиротехнике, в ракетной технике при создании твердых топлив.

Магний и его сплавы

• В качестве конструкционных материалов используются сплавы магния. Сплавы на основе магния классифицируются по технологии переработки на литейные и деформируемые, а по отношению к термической обработке – на упрочняемые и неупрочняемые. Маркировка магниевых сплавов состоит из буквы, обозначающей соответственно сплав (М), и буквы, указывающей способ технологии переработки (А – для деформируемых, Л – для литейных), а также цифры, обозначающей порядковый номер сплава. Примером деформируемого сплава может быть марка МА14 (5–6% цинка, 0,3–0,9% циркония, остальное магний) и литейный сплав МЛ5 (7–9% алюминия, до 0,5% марганца, до 0,8% цинка).

• Деформируемые магниевые сплавы применяются для изготовления прутков, труб, листов, а также для штамповок и поковок.

Магний и его сплавы

•Литейные магниевые сплавы нашли применение для производства фасонных отливок в авиационной и автомобильной промышленности (картеры, колесные диски, фермы шасси самолетов). При этом решающее значение имеет их малая плотность. Сопротивляемость магниевых сплавов коррозии низка, поэтому готовые изделия защищают от коррозии путем создания защитных пленок (оксидирования) и последующего покрытия лаками, красками. Существенное достоинство магниевых сплавов состоит в том, что они хорошо обрабатываются резанием. При одинаковых скоростях резания магний требует примерно вдвое меньше усилия, чем латунь, и в шесть раз меньшего, чем сталь.

Титан и его сплавы

- Титан имеет серебристо-белый цвет, его плотность $4,5 \text{ г/см}^3$, температура плавления $1665 \text{ }^\circ\text{C}$. Механические свойства титана очень сильно зависят от содержания примесей. Чистый титан имеет прочность на растяжение $25\text{--}27 \text{ кг/мм}^2$, относительное удлинение $50\text{--}55\%$. С уменьшением чистоты титана (марки ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ1) прочностные свойства повышаются до $30\text{--}35 \text{ кг/мм}^2$, а пластичность падает до $15\text{--}25\%$. Титан обладает весьма высокой коррозионной стойкостью, что в сочетании с низкой плотностью и высокой удельной прочностью предопределило его широкое применение в авиационной, химической промышленности, ракетостроении.
- Широкое применение имеют сплавы титана с алюминием, ванадием, молибденом, хромом и др.
- Преимуществом титановых сплавов по сравнению с техническим титаном являются более высокие прочность, жаропрочность, жаростойкость при хорошей пластичности.

Титан и его сплавы

- По технологии изготовления титановые сплавы подразделяются на деформируемые и литейные. Примером деформируемого сплава может быть ВТ5 (5% алюминия) или ВТ6 (6% алюминия, 4% ванадия), ВТ14 (4% алюминия, 3% молибдена, 1% ванадия).

- Литейные сплавы аналогичны по составу некоторым деформируемым сплавам (ВТ5Л, ВТ14Л). Литейные сплавы обладают хорошей жидкотекучестью и плотностью отливок. Но эти сплавы активно поглощают газы и взаимодействуют со всеми формовочными материалами литейной формы. Поэтому плавка и разливка литейных сплавов ведется в защитной атмосфере или в вакууме. Литьем в чугунные или стальные формы получают отливки массой до 500 кг, в оболочковые – более мелкие детали.

- Следует отметить, что для узкоспециальных целей разработаны особые сплавы титана. В медицине используют эти сплавы для изготовления протеза тазобедренного сустава человека (сплав титана с кобальтом). Как показывают оценки, искусственный сустав из этого сплава мог бы безотказно служить до 140 лет.

Медь и ее сплавы

Наиболее характерными свойствами чистой меди являются высокие значения электропроводности, теплопроводности и стойкость против атмосферной коррозии. В связи с высокой пластичностью чистая медь хорошо деформируется в горячем и холодном состояниях. В процессе холодной деформации медь наклепывается и упрочняется; восстановление пластичности достигается рекристаллизационным отжигом при $500...600^{\circ}\text{C}$ в восстановительной атмосфере, так как медь легко окисляется при нагреве.

Медь и ее сплавы

- Чистая медь применяется для проводников электрического тока, различных теплообменников, водоохлаждаемых изложниц, поддонов, кристаллизаторов.

- Чистая медь имеет низкую прочность и жидкотекучесть, плохо обрабатывается резанием, поэтому более широкое применение нашли сплавы на ее основе. При сохранении высоких показателей электро- и теплопроводности коррозионной стойкости сплавы меди обладают хорошими механическими, технологическими и антифрикционными свойствами. Для легирования меди в основном применяют цинк, олово, алюминий, бериллий, кремний, марганец и никель. Повышая прочность сплавов, эти легирующие элементы практически не снижают пластичность, а цинк, олово, алюминий даже увеличивают ее. Вредными добавками, снижающими механические и технологические свойства меди и ее сплавов, являются висмут, свинец, сера и кислород.

- Различают три основные группы на основе меди: латуни (ГОСТ 1552770), бронзы (ГОСТ 493-79) и медно-никелевые сплавы (ГОСТ 613-79).

Медь и ее сплавы

•Латунями называют медноцинковые сплавы. При дополнительном введении в сплав добавок алюминия, свинца, олова, кремния и других элементов получают специальные латуни.

•Практическое применение находят латуни, содержание цинка в которых не превышает 49%. При более высокой концентрации цинка значительно ухудшаются механические свойства сплава.

•По структуре различают однофазные и двухфазные латуни.

•Наибольшей пластичностью обладают однофазные латуни, содержащие 30...32% цинка. При появлении в структуре второй фазы относительное удлинение сплава уменьшается. Так, если для однофазных латуней предел прочности составляет порядка 300 МПа и относительное удлинение 40...45%, то у двухфазных латуней эти показатели изменяются до 350...400 МПа и до 20% соответственно.

Медь и ее сплавы

- Различают деформируемые и литейные латуни. Однофазные латуни хорошо деформируются в холодном состоянии, при этом происходит наклеп. Для восстановления пластичности сплав подвергается рекристаллизационному отжигу при $500...700^{\circ}\text{C}$. Двухфазные латуни менее пластичны, и деформируются лишь в нагретом состоянии.

- Латуни являются преимущественно деформируемыми сплавами на медной основе и лишь отдельные марки специальных латуней с повышенной твердостью применяются для отливки фасонных деталей.

Медь и ее сплавы

• Латуни маркируют буквой Л, после которой ставят буквы, обозначающие специально введенные элементы и числа, характеризующие содержание меди и легирующих элементов (кроме цинка). Например Л68 – латунь, содержащая 68%Cu, остальное – цинк. Легирующие элементы, введенные в специальные латуни, имеют обозначения аналогичные обозначению легирующих элементов в алюминиевых сплавах. Например, ЛАЖМц66-6-3-2 (66%Cu, 6%Al, 3%Fe, 2%Mn).

Медь и ее сплавы

- У литейных латуней иногда содержание меди не указывают, например ЛЦ30А3 – латунь литейная, 30%Zn, 3%Al, остальное медь.
- Специальные латуни по применению можно подразделить на латуни с высокими антикоррозионными свойствами (ЛКС80-2-2, ЛМцС58-2-2) и латуни повышенной прочности (ЛМцЖ52-4-1 и другие).
- Латунные детали при длительном хранении, особенно в коррозионноактивной среде растрескиваются. Для предотвращения этого детали подвергают отжигу для снятия остаточных напряжений при 200...300°C.

Медь и ее сплавы

- Сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, свинцом, бериллием соответственно называются оловянистыми, алюминиевыми, кремнистыми, свинцовистыми, бериллиевыми бронзами.

- Бронзы обозначают двумя буквами «Бр», далее пишут буквенные обозначения входящих в бронзу элементов (кроме меди) и затем идут цифры, показывающие содержание их в сплаве. Например: БрО10 (10%Sn, остальное Cu); БрАЖН10-4-4 (10%Al, 4%Fe, 4%Ni; остальное Cu).

Медь и ее сплавы

- Оловянистые бронзы Бр010, БрОЦСЗ-11-5, БрОФ10-1 и другие применяются преимущественно в литом виде. По структуре различают однофазные и двухфазные оловянистые бронзы. В оловянистые бронзы для улучшения свойств вводят до 5% свинца (улучшает обрабатываемость резанием и антифрикционные свойства), до 1% фосфора (повышает антифрикционные свойства, износостойкость и жидкотекучесть) и до 11% цинка, который позволяет уменьшить содержание в сплаве дефицитного олова.

- Если однофазную оловянистую бронзу подвергнуть диффузионному отжигу (800...850°C), она может подвергаться деформации. Двухфазные оловянистые бронзы применяют лишь в литом виде.

Медь и ее сплавы

- Оловянистые бронзы делятся на деформируемые и литейные. Деформируемые (однофазные) содержат 4...8%Sn, легированы свинцом, цинком, фосфором (БрОФ6,5-0,5; БрОЦС4-4-2,5) они поставляются в виде прутков, труб, лент в нагартованном (наклепанном) или отожженном состояниях и используются для изготовления пружин, мембран, антифрикционных деталей.
- Литейные оловянистые бронзы (БрОЦС5-5-5; БрОЦС4-4-17) имеют двухфазную структуру, обладают более высокими антифрикционными свойствами и стойкостью против коррозии.
- Безоловянистые бронзы – это сплавы меди со свинцом, алюминием, бериллием, железом, кремнием, хромом и другими элементами. Так свинцовистая бронза БрС30, обладающая высокими антифрикционными свойствами, используется для изготовления вкладышей подшипников, бериллиевая бронза БрБ2 имеет высокие механические свойства ($\sigma_{\text{в}}=800\text{МПа}$, $\delta=30\%$), теплостойка до 310...340°C, и используется для изготовления упругих элементов точных приборов, деталей, работающих на износ при высоких скоростях, давлениях и температурах.

Никель и его сплавы

- Чистый никель имеет низкую длительную прочность (40МПа), поэтому применяются сплавы на его основе (нимоники). Повышение жаропрочных свойств, достигается путем комплексного легирования, в результате которого образуются многофазные сплавы. Молибден, вольфрам, кобальт и хром упрочняют твердый раствор, алюминий, титан, ниобий и тантал помимо упрочнения твердого раствора, образуют вторые фазы, углерод, бор, цирконий в небольших количествах упрочняют границы зерен, образуя сегрегации, церий и другие редкоземельные металлы рафинируют металл от примесей.
- Основной термической обработкой никелевых сплавов являются закалка и старение.

Тугоплавкие металлы и их сплавы

- К тугоплавким относят металлы, имеющие температуру плавления выше $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ – это ниобий, молибден, тантал и вольфрам, имеющие температуры плавления 2468 , 2622 и 3400°C соответственно.

- Свойства тугоплавких металлов зависят от способа получения металлов и их чистоты. Вольфрам и молибден охрупчиваются уже при незначительном содержании примесей, среди которых наиболее отрицательное воздействие на пластичность оказывает кислород. Ниобий и тантал более пластичны и технологичны, имеют низкие температуры перехода в хрупкое состояние.

- Общим недостатком тугоплавких металлов является низкая жаростойкость, что требует нанесения на их поверхность специальных защитных покрытий или применения их для работы в вакууме или в защитной атмосфере.

Тугоплавкие металлы и их сплавы

- Все сплавы на основе тугоплавких металлов подразделяются на две группы в зависимости от способа упрочнения: сплавы со структурой твердого раствора и сплавы, упрочняемые закалкой и старением.

- Сплавы первой группы легируют титаном, ниобием, молибденом, вольфрамом танталом и другими элементами, термической обработкой не упрочняются. Сплавы второй группы содержат повышенное содержание углерода и карбидообразующих элементов и упрочняются в процессе старения после закалки за счет выделения карбидов внутри зерен.

- Рабочие температуры при длительной работе сплавов на основе ниобия, молибдена, тантала и вольфрама составляют порядка 1300, 1400, 2000 и 2200°С соответственно, при кратковременной эксплуатации рабочие температуры значительно выше.

Антифрикционные сплавы

- Такие сплавы предназначены для заливки подшипников скольжения, которые обладают бесшумностью работы и устойчивостью к вибрациям. Они должны иметь низкий коэффициент трения, быть достаточно пластичными и обеспечивать малую скорость изнашивания сопряженной детали – стального или чугунного вала.

- Для высоких антифрикционных свойств материал должен обладать высокой теплопроводностью, хорошей смачиваемостью смазочным материалом, способностью образовывать на поверхности защитные пленки мягкого металла и хорошей прирабатываемостью.

Антифрикционные сплавы

- Основными характеристиками для оценки антифрикционного материала служат коэффициент трения, давление, действующее на опору (P), скорость скольжения (V), а также параметр (pV), определяющий удельную мощность трения. Чем больше значение pV , тем выше способность материала снижать температуру нагрева и нагруженность контакта.

- Металлические материалы для подшипников скольжения по своей структуре подразделяются на две группы: сплавы с мягкой матрицей и твердыми включениями и сплавы с твердой матрицей и мягкими включениями.

- К первой группе относятся баббиты (основа олово или свинец), а также бронзы и латуни. Мягкая матрица в них предотвращает усиление трения и обеспечивает хорошую прирабатываемость, а твердые включения, на которые опирается вал, дают высокую износостойкость.

Антифрикционные сплавы

- По антифрикционным свойствам баббиты превосходят все остальные сплавы, но уступают им по сопротивлению усталости. В связи с этим баббиты применяют только для тонкого (до 1мм) покрытия рабочей поверхности опоры скольжения. Из-за высокого содержания дорогостоящего олова оловянистые баббиты используют для подшипников ответственного назначения – дизелей, паровых турбин и других подшипников особо нагруженных машин. Сплавы типа Б16 используют для подшипников средней нагруженности, а дешевые свинцово-кальциевые баббиты типа БК2 используют для менее ответственных подшипников.

Антифрикционные сплавы

- Особое место среди антифрикционных бронз занимают оловянистые
• (БрО10Ф1, БрО10Ц2) и оловянисто-цинково-свинцовистые (БрО5Ц5С5, БрО6Ц6С3) бронзы. Эти материалы применяют для монолитных подшипников скольжения турбин, электродвигателей, компрессоров, работающих при высоких давлениях и средних скоростях скольжения.
- Латунни используются в качестве заменителей дорогостоящих бронз, однако по антифрикционным свойствам они уступают бронзам.
- К сплавам второй группы относятся: свинцовистая бронза (БрС30 - наплавка на стальную ленту), алюминиевые сплавы с оловом (АО9-2 - монометаллические вкладыши). Эти сплавы имеют высокую теплопроводность, что позволяет применять их при больших скоростях скольжения. К сплавам этой группы относятся и серые чугуны. Роль мягкой составляющей в чугунах играет графит.

Антифрикционные сплавы

• В авиационной и автомобильной промышленности получили распространение композиционные подшипники (вкладыши): многослойные, самосмазывающиеся, металлофторопластовые и другие.

• Многослойные вкладыши состоят из: стального основания (250 мкм); слоя свинцовистой бронзы БРС30; тонкого (до 10 мкм) слоя никеля или латуни; тонкого (до 25 мкм) слоя свинцово-оловяного сплава. Стальная подкладка обеспечивает прочность и жесткость вкладыша. Верхний мягкий слой обеспечивает прирабатываемость. После износа верхнего слоя рабочим слоем становится свинцовистая бронза. Никель служит барьером, не допускающим диффузию олова в свинец бронзы. Подшипники используют в двигателестроении в качестве коренных и шатунных вкладышей.

Антифрикционные сплавы

- Самосмазывающиеся подшипники получают методами порошковой металлургии из следующих комбинаций материалов: железо – графит; железо - медь – графит; бронза – графит. Графит вводят в количестве 1...4%.

- После спекания в материале сохраняется 15...35% пор, которые заполняются маслом. Масло и графит смазывают трущиеся поверхности. При увеличении трения поры раскрываются и смазки поступает больше (автоматическое регулирование подачи смазки). Подшипники работают при скоростях до 3 м/с, используются в труднодоступных для смазки агрегатах.

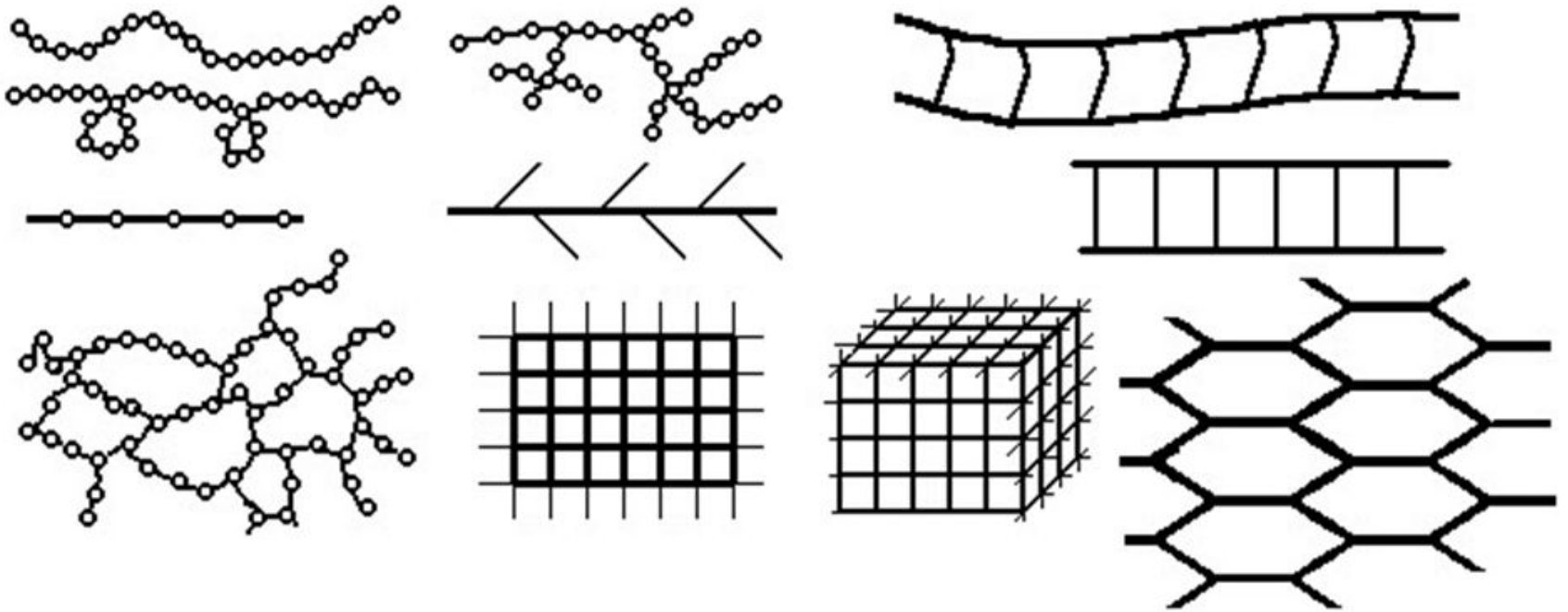
Биметаллы

•В условиях непрерывного удорожания производства легированной стали, цветных металлов и их сплавов большое значение приобретает применение биметаллов и многослойных покрытий. Биметалл – материал, состоящий из металла – основы и нанесенного на него одно или многослойного покрытия. Биметаллы позволяют не только уменьшить расход дефицитных и дорогостоящих цветных сплавов, но и получить материалы с новыми, уникальными свойствами. Например: при изготовлении отвалов плугов используется трехслойная сталь «сталь 60-сталь 15-сталь 60» - износостойкий материал, позволяющий резко повысить стойкость отвала.

Неметаллические материалы

- К неметаллическим материалам относятся волокнистые материалы (древесина) и полимерные материалы (органические или неорганические): пластмассы, композиционные материалы на неметаллической основе, каучуки и резины, клеи и герметики, лакокрасочные покрытия, стекло, керамика.

Полимеры



По форме макромолекул, различают полимеры: линейные, разветвленные, плоские ленточные, плоские сетчатые, слоистые и пространственные

Полимеры

• Полимерами называют высокомолекулярные вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных звеньев (мономеров) одинаковой структуры. Их молекулярная масса составляет $10^5 \dots 10^7$. Следовательно, свойства полимера определяются не только его химическим составом, но и строением и взаимным расположением молекул. Своеобразие свойств полимеров обусловлено структурой их макромолекул.

Полимеры

- Гибкие длинные макромолекулы обладают высокой прочностью вдоль цепи и слабыми молекулярными связями, что обеспечивает их эластичность, способность размягчаться при нагреве и затвердевать при охлаждении (полиэтилен, полиамид).
- Разветвленные молекулы отличаются наличием боковых ответвлений, что препятствует их плотной упаковке (полиизобутилен ...).
- 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. Образуется сетчатая структура с различной плотностью сетки.

Полимеры

- Молекулы с редкой сеткой (сетчатые) теряют способность растворяться и плавиться, но обладают упругостью (мягкие резины).
- Густосетчатые молекулы (пространственные) отличаются твердостью и большой теплостойкостью. Эти полимеры лежат в основе 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.

Полимеры

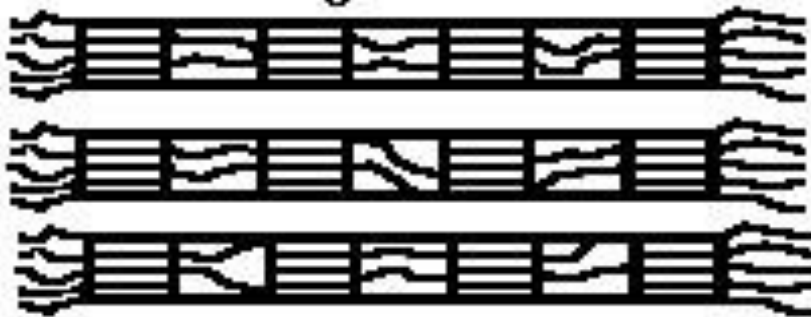
- Квази кристаллические полимеры (квази – как бы) образуются только из достаточно гибких макромолекул с регулярной структурой. В этом случае возможно образование пространственных решеток внутри пачки.
- Гибкие пачки складываются в ленты, многократно поворачиваются на 180° и образуют пластины. Пластины, наслаиваясь, друг на друга, образуют правильные кристаллы.
- При затруднении наслаения образуются сферолиты, состоящие из лучей, чередованием кристаллических и аморфных зон. Кристаллические участки состоят из микрофибрилл.



а



б



в

а – единичный
пластинчатый
кристалл
б – сферолит
в – микрофибрилл

Полимеры

- По отношению к нагреву, полимеры разделяются на термопластичные и термостойкие.

- Термопластичные полимеры имеют линейную или разветвленную структуру молекул. При нагреве они размягчаются, могут плавиться, при охлаждении затвердевают. Этот процесс обратим.

- Терморезистивные полимеры в начальной стадии образования имеют линейную структуру. При нагреве они размягчаются. Далее образуется пространственная структура, полимер получает термостабильное твердое состояние.

- Особенности строения полимеров определяют их свойства. Высокая молекулярная масса, приводит к невозможности перехода в газообразное состояние или образованию низковязких жидкостей. Термостабильные полимеры – не размягчаются. Полимеры могут находиться в трех стабильных состояниях: стеклообразном, высокоэластическом и вязкотекучем.

Полимеры

- Стеклообразное – твердое аморфное состояние, движения звеньев и перемещения макромолекул нет.
- Высокоэластическое состояние характеризуется способностью материала к большим обратимым изменениям формы под действием незначительных нагрузок.
- Вязкотекучее состояние напоминает жидкое состояние с большой вязкостью.
- Полимеры обладают одним неприятным свойством – они стареют (самопроизвольно и необратимо изменяются их важнейшие механические свойства) под воздействием света, кислорода (озона), влажности, теплоты, длительного хранения. Процессы старения ускоряются под воздействием механических напряжений. Сущность старения заключена в сложной цепной реакции с образованием свободных радикалов (реже ионов) сопровождаемой деструктуризацией.

Полимеры

• Наиболее устойчивы к воздействию высоких атмосферных температур и влаги полиэтилен, политетрафторэтилен, полиамидные волокна. Для замедления старения, в полимеры добавляют стабилизаторы (органические вещества, антиоксиданты). Например: срок службы полиэтилена, стабилизированного сажей увеличивается до 5 лет; поливинилхлорид имеет срок службы до 25 лет.