

## Раздел 2. Основы материаловедения

### Тема 2.1 **Металлы и сплавы**

#### **Классификация и маркировка сталей, чугунов и различных сплавов**

Каждому инженеру совершенно необходимо знать классификацию и маркировку материалов, предназначенных для изготовления деталей машин и конструкций. К числу таких материалов относятся металлы и их сплавы, металлические и металллокерамические порошки пластмассы, резина, стекло, керамика, древесные и др. неметаллические вещества. Наиболее широкое распространение в качестве конструкционных материалов в настоящее время получили металлы и их сплавы, поэтому в настоящей работе будут рассмотрены только стали, чугуны и цветные металлы, и их сплавы (медь, алюминий, титан, магний и сплавы на их основе).

#### **I. Классификация и маркировка сталей.**

Сталями принято называть сплавы железа с углеродом, содержание до 2,14% углерода. Кроме того, в состав сплава обычно входят марганец, кремний, сера и фосфор; некоторые элементы могут быть введены для улучшения физико-химических свойств специально (легирующие элементы). Стали, классифицируют по самым различным признакам. Мы рассмотрим следующие:

1. **Химический состав.** В зависимости от химического состава различают стали углеродистые (ГОСТ 380-71, ГОСТ 1050-75) и легированные (ГОСТ 4543-71, ГОСТ 5632-72, ГОСТ 14959-79). В свою очередь углеродистые стали могут быть:

- А) малоуглеродистыми, т. е. содержащими углерода менее 0,25%;
- Б) среднеуглеродистыми, содержание углерода составляет 0,25-0,60%
- В) высокоуглеродистыми, в которых концентрация углерода превышает 0,60%

Легированные стали подразделяют на:

- а) низколегированные содержание легирующих элементов до 2,5%
- б) среднелегированные, в их состав входят от 2,5 до 10% легирующих элементов;
- в) высоколегированные, которые содержат свыше 10% легирующих элементов.

#### **2. Назначение.**

По назначению стали бывают:

- 1) конструкционные, предназначенные для изготовления строительных и машиностроительных изделий.
- 2) Инструментальные, из которых изготавливают режущий, мерительный, штамповый и прочие инструменты. Эти стали содержат более 0,65% углерода.
- 3) С особыми физическими свойствами, например, с определенными магнитными характеристиками или малым коэффициентом линейного расширения: электротехническая сталь, суперинвар.
- 4) С особыми химическими свойствами, например, нержавеющие, жаростойкие или жаропрочные стали.

#### **Качество.**

В зависимости от содержания вредных примесей: серы и фосфора-стали подразделяют на:

- 1. Стали обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора.
- 2. Качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
- 3. Высококачественные - до 0,025% серы и фосфора.
- 4. Особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Степень раскисления.

- 4. По степени удаления кислорода из стали, т. е. По степени её раскисления, существуют:
  - 1) спокойные стали, т. е., полностью раскисленные; такие стали обозначаются буквами

“сп” в конце марки (иногда буквы опускаются); 2) кипящие стали - слабо раскисленные; маркируются буквами "кп"; 3) полу спокойные стали, занимающие промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами "пс".

Сталь обыкновенного качества подразделяется еще и по поставкам на 3 группы:

1) сталь группы А поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора);

2) сталь группы Б - по химическому составу;

3) сталь группы В - с гарантированными механическими свойствами и химическим составом. В зависимости от нормируемых показателей (предел прочности, относительное удлинение %, предел текучести  $t$ , изгиб в холодном состоянии) сталь каждой группы делится на категории, которые обозначаются арабскими цифрами. Стали обыкновенного качества обозначают буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств. Чем выше содержание углерода и прочностные свойства стали, тем больше её номер. Буква "Г" после номера марки указывает на повышенное содержание марганца в стали. Перед маркой указывают группу стали, причем группа "А" в обозначении марки стали не ставится. Для указания категории стали к обозначению марки добавляют номер в конце соответствующий категории, первую категорию обычно не указывают.

Например: Ст1кп2 - углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, № марки 1, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа А); ВСт5Г - углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, № марки 5, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа В); Вст0 - углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы Б, первой категории (стали марок Ст0 и Бст0 по степени раскисления не разделяют).

Качественные стали маркируют следующим образом:

1) в начале марки указывают содержание углерода цифрой, соответствующей его средней концентрации;

а) в сотых долях процента для сталей, содержащих до 0,65% углерода; 05кп – сталь углеродистая качественная, кипящая, содержит 0,05% С; 60 – сталь углеродистая качественная, спокойная, содержит 0,60% С;

б) в десятых долях процента для промышленных сталей, которые дополнительно снабжаются буквой "У": У7 – углеродистая инструментальная, качественная сталь, содержащая 0,7% С, спокойная (все инструментальные стали хорошо раскислены); У12 - углеродистая инструментальная, качественная сталь, спокойная содержит 1,2% С;

2) легирующие элементы, входящие в состав стали, обозначают русскими буквами: А – азот, К – кобальт, Т – титан, Б – ниобий, М – молибден, Ф- ванадий, В – вольфрам, Н – никель, Х – хром, Г – марганец, П – фосфор, Ц – цирконий, Д – медь, Р – бор, Ю – алюминий, Е – селен, С – кремний, Ч – редкоземельные металлы. Если после буквы, обозначающей легирующий элемент, стоит цифра, то она указывает содержание этого элемента в процентах. Если цифры нет, то сталь содержит 0,8-1,5% легирующего элемента, за исключением молибдена и ванадия (содержание которых в солях обычно до 0,2-0,3%), а также бора (в стали с буквой Р его должно быть не менее 0,0010%).

Примеры: 14Г2 – низко легированная качественная сталь, спокойная, содержит приблизительно 14% углерода и до 2,0% марганца. 03Х16Н15МЗБ - высоко легированная качественная сталь, спокойная содержит 0,03% С, 16,0% Cr, 15,0% Ni, до 3,0% Мо, до 1,0% Nb. Высококачественные и особовысококачественные стали. маркируют, так же как и качественные, но в конце марки высококачественной стали ставят букву А, (эта буква в середине марочного обозначения указывает на наличие азота, специально введённого в

сталь), а после марки особовысококачественной - через тире букву "Ш".

Например: У8А - углеродистая инструментальная высококачественная сталь, содержащая 0,8% углерода; 30ХГС-Ш – особовысококачественная среднелегированная сталь, содержащая 0,30% углерода и от 0,8 до 1,5% хрома, марганца и кремния каждого. Отдельные группы сталей обозначают несколько иначе. Шарикоподшипниковые стали маркируют буквами "ШХ", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента: ШХ6 - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 0,6% хрома; ШХ15ГС - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 1,5% хрома и от 0,8 до 1,5% марганца и кремния. Быстрорежущие стали (сложнолегированные) обозначают буквой "Р", следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама:

Р18-быстрорежущая сталь, содержащая 18,0% вольфрама;

Р6М5К5-быстрорежущая сталь, содержащая 6,0% вольфрама 5,0% молибдена 5,0% кобальта.

Автоматные стали обозначают буквой "А" и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в сотых долях процента: А12 - автоматная сталь, содержащая 0,12% углерода (все автоматные стали имеют повышенное содержание серы и фосфора); А40Г - автоматная сталь с 0,40% углерода и повышенным до 1,5% содержанием марганца.

## **II. Классификация и маркировка чугунов.**

Чугунами называют сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14% углерода. Они содержат те же примеси, что и сталь, но в большем количестве.

В зависимости от состояния углерода в чугуне, различают:

Белый чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида, и чугун, в котором углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в виде графита, что определяет прочностные свойства сплава, чугуны подразделяют на:

- 1) серые - пластинчатая или червеобразная форма графита;
- 2) высокопрочные - шаровидный графит;
- 3) ковкие - хлопьевидный графит. Чугуны маркируют двумя буквами и двумя цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления в при растяжении в МПа-10. Серый чугун обозначают буквами "СЧ" (ГОСТ 1412-85), высокопрочный - "ВЧ" (ГОСТ 7293-85), ковкий - "КЧ" (ГОСТ 1215-85). СЧ10 - серый чугун с пределом прочности при растяжении 100 МПа; ВЧ70 - высокопрочный чугун с сигма временным при растяжении 700 МПа; КЧ35 - ковкий чугун с растяжением примерно 350 МПа. Для работы в узлах трения со смазкой применяют отливки из антифрикционного чугуна АЧС-1, АЧС-6, АЧВ-2, АЧК-2 и др., что расшифровывается следующим образом: АЧ - антифрикционный чугун: С - серый, В - высокопрочный, К - ковкий. А цифры обозначают порядковый номер сплава согласно ГОСТу 1585-79.

## **III. Классификация и маркировка цветных сплавов.**

**1. Медь и её сплавы.** Технически чистая медь обладает высокими пластичностью и коррозионной стойкостью, малым удельным электросопротивлением и высокой теплопроводностью. По чистоте медь подразделяют на марки (ГОСТ 859-78): |Марка |МВЧк |МОО |МО |М1 |М2 |М3 |  
|Содержание |99,993 |99,99 |99,95 |99,9 |99,7 |99,5 |Cu+Ag, не менее %. После обозначения марки указывают способ изготовления меди: к - катодная, б – бескислородная, р - раскисленная. Медь огневого рафинирования не обозначается. МООк - технически чистая катодная медь, содержащая не менее 99,99% меди и серебра. М3 - технически чистая медь огневого рафинирования, содержит не менее 99,5% меди и серебра. Медные сплавы разделяют на бронзы и латуни.

2. **Бронзы** - это сплавы меди с оловом (4 - 33% Sn хотя бывают без оловянные бронзы), свинцом (до 30% Pb), алюминием (5-11% Al), кремнием (4-5% Si), сурьмой и фосфором (ГОСТ 493-79, ГОСТ 613-79, ГОСТ 5017-74, ГОСТ 18175-78).

3. **Латуни** - сплавы меди с цинком (до 50% Zn) и небольшими добавками алюминия, кремния, свинца, никеля, марганца (ГОСТ 15527-70, ГОСТ 17711-80).

Медные сплавы предназначены для изготовления деталей методами литья, называют литейными, а сплавы, предназначенные для изготовления деталей пластическим деформированием - сплавами, обрабатываемыми давлением. Медные сплавы обозначают начальными буквами их названия (Бр или Л), после чего следуют первые буквы названий основных элементов, образующих

сплав, и цифры, указывающие кол-во элемента в процентах. Приняты следующие обозначения компонентов сплавов: А - алюминий Мц - марганец С - свинец Б - бериллий Мг - магний Ср - серебро Ж - железо Мш - мышьяк Су - сурьма К - кремний Н - никель Т - титан Кд - кадмий О - олово Ф - фосфор Х - хром Ц - цинк

Примеры: БрА9Мц2Л - бронза, содержащая 9% алюминия, 2% Mn, остальное Cu ("Л" указывает, что сплав литейный); ЛЦ40Мц3Ж - латунь, содержащая 40% Zn, 3% Mn, ~1% Fe, остальное Cu; Бр0Ф8,0-0,3 - бронза наряду с медью содержащая 8% олова и 0,3% фосфора; ЛАМш77-2-0,05 - латунь содержащая 77% Cu, 2% Al, 0,055 мышьяка, остальное Zn (в обозначении латуни, предназначенной для обработки давлением, первое число указывает на содержание меди). В несложных по составу латунях указывают только содержание в сплаве меди: Л96 - латунь содержащая 96% Cu и ~4% Zn (томпак); Л63 - латунь содержащая 63% Cu и ~37% Zn.

4. **Алюминий и его сплавы.** Алюминий - легкий металл, обладающий высокими тепло- и электропроводностью, стойкий к коррозии. В зависимости от степени чистоты первичный алюминий согласно ГОСТ 11069-74 бывает особой (А999), высокой (А995, А95) и технической чистоты (А85, А7Е, АО и др.). Алюминий маркируют буквой А и цифрами, обозначающими доли процента свыше 99,0% Al; буква "Е" обозначает повышенное содержание железа и пониженное кремния. А999 - алюминий особой чистоты, в котором содержится не менее 99,999% Al; А5 - алюминий технической чистоты в котором 99,5% алюминия. **Алюминиевые сплавы разделяют на деформируемые и литейные.** Те и другие могут быть не упрочняемые и упрочняемые термической обработкой.

Деформируемые алюминиевые сплавы хорошо обрабатываются прокаткой, ковкой, штамповкой. Их марки приведены в ГОСТ4784-74. К деформируемым алюминиевым сплавам не упрочняемым термообработкой, относятся сплавы системы Al-Mn и Al-Mg: Амц; АмцС; Амг1; Амг4,5; Амг6. Аббревиатура включает в себя начальные буквы, входящие в состав сплава компонентов и цифры, указывающие содержание легирующего элемента в процентах. К деформируемым алюминиевым сплавам, упрочняемым термической обработкой, относятся сплавы системы Al-Cu-Mg с добавками некоторых элементов (дуралюмины, ковочные сплавы), а также высокопрочные и жаропрочные сплавы сложного хим.состава.

Дуралюмины маркируются буквой "Д" и порядковым номером, например: Д1, Д12, Д18, АК4, АК8.

Чистый деформируемый алюминий обозначается буквами "АД" и условным обозначением степени его чистоты: АДоч ( $\geq 99,98\%$  Al), АД000 ( $\geq 99,80\%$  Al), АД0 (99,5% Al), АД1 (99,30% Al), АД ( $\geq 98,80\%$  Al). Литейные алюминиевые сплавы (ГОСТ 2685-75) обладает хорошей жидко- текучестью, имеет сравнительно не большую усадку и предназначены в основном для фасонного литья. Эти сплавы маркируются буквами "АЛ" с последующим порядковым номером: АЛ2, АЛ9, АЛ13, АЛ22, АЛ30. Иногда маркируют по составу: АК7М2; АК21М2, 5Н2,5; АК4МЦ6. В этом случае "М" обозначает медь. "К" - кремний, "Ц" - цинк, "Н" - никель; цифра - среднее % содержание элемента. Из алюминиевых антифрикционных сплавов (ГОСТ 14113-78) изготавливают подшипники и вкладыши как литьем так и обработкой давлением. Такие сплавы

маркируют буквой "А" и начальными буквами входящих в них элементов: А09-2, А06-1, АН-2,5, АСМТ. В первые два сплава входят в указанное количество олова и меди (первая цифра-олово, вторая-медь в %), в третий 2,7-3,3% Ni и в четвертый медь сурьма и теллур.

**5. Титан и его сплавы.** Титан - тугоплавкий металл с невысокой плотностью. Удельная прочность титана выше, чем у многих легированных конструкционных сталей, поэтому при замене сталей титановыми сплавами можно при равной прочности уменьшить массу детали на 40%. Титан хорошо обрабатывается давлением, сваривается, из него можно изготовить сложные отливки, но обработка резанием затруднительна. Для получения сплавов с улучшенными свойствами его легируют алюминием, хромом, молибденом. Титан и его сплавы маркируют буквами "ВТ" и порядковым номером: ВТ1-00, ВТ3-1, ВТ4, ВТ8, ВТ14. Пять титановых сплавов обозначены иначе: 0Т4-0, 0Т4, 0Т4-1, ПТ-7М, ПТ-3В.

**6. Магний и его сплавы.** Среди промышленных металлов магний обладает наименьшей плотностью (1700 кг/м<sup>3</sup>). Магний и его сплавы неустойчивы против коррозии, при повышении температуры магний интенсивно окисляется и даже самовоспламеняется. Он обладает малой прочностью и пластичностью, поэтому как конструкционный материал чистый магний не используется. Для повышения химико-механических свойств в магниевые сплавы вводят алюминий, цинк, марганец и другие легирующие добавки. Магниевые сплавы подразделяют на деформируемые (ГОСТ 14957-76) и литейные (ГОСТ 2856-79). Первые маркируются буквами "МА", вторые "МЛ". После букв указывается порядковый номер сплава в соответствующем ГОСТе.

Например: МА1-деформируемый магниевый сплав №1; МЛ19-литейный магниевый сплав №19.

#### **IV. Термообработка сплавов.**

**Термическая обработка (термообработка) стали, цветных металлов** - процесс изменения структуры стали, цветных металлов, сплавов при нагревании и последующем охлаждении с определенной скоростью.

**Термическая обработка (термообработка)** приводит к существенным изменениям свойств стали, цветных металлов, сплавов. Химический состав металла не изменяется.

**Термическая обработка (термообработка) стали, сплавов** бывает следующих видов: **отжиг, нормализация, закалка, отпуск.**

**Отжиг** - термическая обработка (термообработка) металла, при которой производится нагревание металла, а затем медленное охлаждение. Эта термообработка (т.е. отжиг) бывает разных видов (вид отжига зависит от температуры нагрева, скорости охлаждения металла).

**Закалка** - термическая обработка (термообработка) стали, сплавов, основанная на перекристаллизации стали (сплавов) при нагреве до температуры выше критической; после достаточной выдержки при критической температуре для завершения термической обработки следует быстрое охлаждение. Закаленная сталь (сплав) имеет неравновесную структуру, поэтому применим другой вид термообработки - отпуск.

**Отпуск** - термическая обработка (термообработка) стали, сплавов, проводимая после закалки для уменьшения или снятия остаточных напряжений в стали и сплавах, повышающая вязкость, уменьшающая твердость и хрупкость металла.

**Нормализация** - термическая обработка (термообработка), схожая с отжигом. Различия этих термообработок (нормализации и отжига) состоит в том, что при нормализации сталь охлаждается на воздухе (при отжиге - в печи).

#### **V. Химико-термическая обработка стали.**

**Химико-термическая обработка (ХТО) стали** - совокупность операций термической обработки с насыщением поверхности изделия различными элементами (углерод, азот, алюминий, кремний, хром и др.) при высоких температурах.

Поверхностное насыщение стали металлами (хром, алюминий, кремний и др.), образующими с железом твердые растворы замещения, более энергоемко и длительнее, чем насыщение азотом и углеродом, образующими с железом твердые растворы внедрения. При этом диффузия элементов легче протекает в решетке альфа-железо, чем в более плотноупакованной решетке гамма-железо.

Химико-термическая обработка повышает твердость, износостойкость, кавитационную, коррозионную стойкость. Химико-термическая обработка, создавая на поверхности изделий благоприятные остаточные напряжения сжатия, увеличивает надежность, долговечность.

**Цементация стали** - химико-термическая обработка поверхностным насыщением малоуглеродистой ( $C < 0,2\%$ ) или легированных сталей при температурах  $900...950^{\circ}\text{C}$  - твердым (*цементация твердым карбюризатором*), а при  $850...900^{\circ}\text{C}$  - газообразным (*газовая цементация*) углеродом с последующей закалкой и отпуском. Цель цементации и последующей термической обработки - повышение твердости, износостойкости, также повышением пределов контактной выносливости поверхности изделия при вязкой сердцевине, что обеспечивает выносливость изделия в целом при изгибе и кручении. Детали, предназначенные для цементации, сначала очищают. Поверхности не подлежащие науглероживанию, покрывают специальными предохранительными противоцементными обмазками.

1-ый состав простейшей обмазки: огнеупорная глина с добавлением 10% асбестового порошка, вода. Смесь разводят до консистенции густой сметаны и наносят на нужные участки поверхности изделия. После высыхания обмазки можно производить дальнейшую цементацию изделия.

2-ой состав применяемой обмазки: каолин - 25%, тальк - 50%: вода - 25%. Разводят эту смесь жидким стеклом или силикатным клеем.

Цементацию делают после полного высыхания обмазки.

Вещества, которые входят в состав обмазки, называют карбюризаторами. Они бывают твердые, жидкие и газообразные.

**Жидкостная цементация** также возможна в небольшой мастерской при наличии печи-ванны, в которой и происходит науглероживание инструментов и других изделий. В состав жидкости входят: сода - 75-85%, 10-15% хлористого натрия, 6-10% карбида кремния. Печь-ванну наполняют этим составом и погружают изделие или инструмент. Процесс протекает при температуре  $850-860^{\circ}\text{C}$  в течение 1,5-2 часов; толщина науглероженного слоя достигает при этом 0,3-0,4 мм.

Газовую цементацию производят в смеси раскаленных газов, содержащих метан, окись углерода в специальных камерах при температуре  $900-950^{\circ}\text{C}$  и только в производственных условиях. После цементации детали охлаждают вместе с печью, затем закаляют при  $760-780^{\circ}\text{C}$  с окончательным охлаждением в масле.

**Азотирование стали** - химико-термическая обработка поверхностным насыщением стали азотом путем длительной выдержки ее при нагреве до  $600...650^{\circ}\text{C}$  в атмосфере аммиака  $\text{NH}_3$ . Азотированные стали обладают очень высокой твердостью (азот образует различные соединения с железом, алюминием, хромом и другими элементами, обладающие большей твердостью, чем карбиды). Азотированные стали обладают повышенной сопротивляемостью коррозии в таких средах, как атмосфера, вода, пар.

Азотированные стали сохраняют высокую твердость, в отличие от цементированных, до сравнительно высоких температур ( $500...520^{\circ}\text{C}$ ). Азотированные изделия не коробятся при охлаждении, так как температура азотирования ниже, чем цементации. Азотирование сталей широко применяют в машиностроении для повышения твердости, износостойкости, предела выносливости и коррозионной стойкости ответственных деталей, например, зубчатых колес, валов, гильз цилиндров.

**Нитроцементация (цианирование) стали** - химико-термическая обработка с одновременным поверхностным насыщением изделий азотом и углеродом при

повышенных температурах с последующими закалкой и отпуском для повышения износостойкости и коррозионной устойчивости, а также усталостной прочности. Нитроцементация может проводиться в газовой среде при температуре 840..860°C - *нитроцианирование*, в жидкой среде - при температуре 820..950°C - *жидкостное цианирование* в расплавленных солях, содержащих группу NaCN.

Нитроцементация эффективна для инструментальных (в частности, быстрорежущих) сталей; она используется для деталей сложной конфигурации, склонных к короблению. Однако, поскольку этот процесс связан с использованием токсичных цианистых солей, он не нашел широкого распространения.

**Борирование стали** - химико-термическая обработка насыщением поверхностных слоев стальных изделий бором при температурах 900..950°C. Цель борирования - повышение твердости, износостойкости и некоторых других свойств стальных изделий.

Диффузионный слой толщиной 0,05...0,15 мм, состоящий из боридов FeB и Fe<sub>2</sub>B, обладает весьма высокой твердостью, стойкостью к абразивному изнашиванию и коррозионной стойкостью. Борирование особенно эффективно для повышения стойкости (в 2...10 раз) бурового и штампового инструментов.

## **Тема 2.2. Электроизоляционные материалы**

### **1. Полимеры. Типы межатомных связей. Структура термопластичных и терморезистивных полимеров. Реакции образования полимеров.**

Полимеры – это сложные высокомолекулярные соединения. У полимеров нет определенной температуры плавления. Отличие в степени насыщения. Предела насыщения не существует. Полимеры обладают очень высокой вязкостью, высокой молекулярной массой. Полимеры – это макромолекулы, которые состоят из большого числа небольших молекул, которые называются мономерами. Бутадиен – мономер. Бутадиен + ... + бутадиен (4000 раз) → полибутадиен (искусственный каучук)  $[-CH_2-CH=CH-(n)CH_2-]$ , n – степень полимеризации. Полимеры получают либо полимеризацией, либо поликонденсацией. Процесс, при котором полимер получается вследствие соединения мономеров друг с другом, наз. полимеризацией. Поликонденсация - это процесс образования полимера в результате хим. реакции исходных веществ с получением нового вещества, структура которого отличается от исходной. Термопласты, при повышении температуры размягчаются, им придается определенная форма, которую они сохраняют при охлаждении, получают полимеризацией. Реактопласты, при повышении температуры претерпевают хим. изменения и превращение в неплавкую массу, получают полимеризацией и поликонденсацией.

### **2. Механические свойства полимеров. Состояние аморфной фазы и её влияние на свойства. Ориентационное упрочнение.**

Свойства полимеров определяются: природой мономера, молекулярной массой полимера, структурой полимера (кристаллический полимер или аморфный полимер), температурой нагрева. Есть пластическое и хрупкое разрушение.

Фазовые переходы аморфных полимеров: стеклообразное состояние → (t стеклования) высокоэластическое состояние (каучук) → (t текучести) расплав полимера. В стеклообразном состоянии полимеры не обладают ни сегментальной, ни молекулярной подвижностью. Это состояние характеризуется только колебательным движением атомов. Стеклообразное состояние – это твердое и хрупкое состояние. В высокоэластическом состоянии полимер обладает сегментальной подвижностью, при этом сегменты цепи обладают значительной свободой в движении, но в то же время перемещение макромолекул запрещено. В высокоэластическом состоянии полимеры похожи на жидкости с включенными в них твердopodobными областями. Это состояние характеризуется высокой вязкостью и претерпевает вязко-упругую деформацию. t перехода из стеклообразного состояния в высокоэластичное наз. t стеклования. При

дальнейшем нагревании полимер начинает течь.  $t$ , при которой происходит переход из высокоэластичное состояние. в вязко-текучее, наз.  $t$  текучести. Из-за отсутствия в полимерах истинной кристаллической. решётки процесса плавления как такового в аморфных полимерах не существует.

### **3. Старение полимеров.**

Старение полимеров – это самопроизвольное, необратимое изменение св-в полимера вследствие разрушения межмолекулярных связей в цепочках макромолекул. При старении происходят реакции, вызывающие: деструкцию (разложение) полимера, структурные изменения (увеличенная хрупкость, уменьшение прочности, понижение эластичности). При ионизирующем излучении или под действием света процессы деструкции ускоряются. Для замедления старения вводят стабилизаторы.

### **4. Пластмассы. Классификация и состав пластических масс.**

Пластмассы – это органические вещества, связующими которых являются полимеры. Они состоят из: 1) связующее (матрица) - полимеры; 2) наполнители (низкомолекулярные в-ва), их вводят для придания специальных св-в: понижения усадки, повышения мех. св-в (твёрдость  $H_B$ ,  $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ ). Наполнители: порошковые (сажа, графит, древесная мука), волокниты (волокна, стекловолокна, асбоволокна), слоистые (гетинакс, текстолит), стеклоткань (стеклотекстолиты), газовые (газонаполненные: поропласты, пенопласты, сотопласты); 3) пластификаторы – жидкие вещества, для повышения эластичности материала; 4) отвердители; 5) краски (оксиды металлов), их вводят для изменения цвета пластмасс. Пластмассы: термопластичные, терморезактивные и газонаполненные.

### **5. Термопластичные пластмассы. Свойства, область применения (на примере полиэтилена и фторопласта).**

1. Полиэтилен (ПЭ). Состав мономера:  $[-CH_2-CH_2-]_n$ . Этилен  $[-CH_2-CH_2-]$  при комнатной  $t$  находится в газовом состоянии,  $t$  кипения составляет  $-140^\circ C$ . ПЭ бывает двух видов: 1) Низкой плотности высокого давления ПЭНП (ПЭВД), разветвлённая структура, плотность  $\rho = 0,91-0,92 \text{ г/см}^3$ ,  $t_{\text{экспл}} = -70 \div 120-140^\circ C$ ,  $t_{\text{плавл}} = 110-125^\circ C$ ; 2) ПЭВП (ПЭВД), линейная структура,  $\rho = 0,96 \text{ г/см}^3$ ,  $t_{\text{экспл}} = -70 \div 140-150^\circ C$ ,  $t_{\text{плавл}} = 150^\circ C$ . Недостаток – старение ПЭ. При воздействии ионизованного излучения увеличивается прочность материала и теплостойкость. Применение: упаковочная плёнка, литые бутылок, трубы, электроизоляционный кабель.

2. Фторопласт (ФП). Состав мономера:  $[-CF_2-CF_2-]_n$ . ФП обладает аморфной кристаллической структурой. Плотность  $\rho = 0,25$ ,  $t_{\text{экспл.}} = -269 \div +250^\circ C$ . Химически стоек к действию растворителей. ФП обладает очень низким коэффициентом трения  $\mu = 0,04$ . Недостаток ФП: трудность его переработки. Применение: насосы, винтили, антифрикционные покрытия.

### **6. Терморезактивные пластмассы. Свойства, область применения (на примере текстолитов).**

Текстолит относят к слоистым пластикам. Связующее в этом полимере – это терморезактивные смолы. Наполнители: хлопчатобумажные ткани. Среди всех слоистых пластиков этот материал обладает наибольшей способностью поглощать вибрационные нагрузки. Кроме этого хорошо сопротивляется раскалыванию. Применяют для зубчатых колёс и как вкладыши для подшипников. Температура эксплуатации:  $-60 \div 80^\circ C$ .

### **7. Газонаполненные пластмассы. Строение. Область применения.**

Это гетерогенные (сост. из нескольких фаз) химически сложные системы, состоящие из твёрдой и газообразной фаз. В качестве связывающего используются термопласты (или реактопласты), которые образуют стенки ячеек или пор. В качестве наполнителей используют газообразные вещества. В зависимости от физической структуры газонаполненные пластмассы делят на пенопласты, поропласты и сотопласты. Пенопласт – система, в которой присутствуют замкнутая ячеистая структура, а газовый наполнитель изолирован от окружающей среды тонкими слоями полимерного связующего. Замкнутая ячеистая структура обеспечивает высокие теплоизоляционные свойства и хорошую



плавучесть. Прочность таких материалов низкая и зависит от плотности материала.  $\rho = 20\text{-}300 \text{ кг/м}^3$ .

Применяется для изоляции кабин, холодильников, рефрижераторов, труб (поропласт), в авиа-, кораблестроении, на ж/д транспорте. Поропласт – материал с открыто-пористой структурой. Применяется для впитывания жидкости.  $\rho = 130\text{-}500 \text{ кг/м}^3$ . Сотопласты – тонкие листовые материалы, выполненные в форме гофра, которые затем сшиваются в виде пчелиных сот. Материалом для гофров служат ткани, которые пропитываются различными связующими. Применение: тепло- и звукоизоляционные материалы (авиация), обладают радиопрозрачностью, используются для заполнения многослойных панелей в авиа- и судостроении.

#### **8. Эластомеры и резины. Процесс вулканизации.**

Эластомеры – это материалы, которые при приложении нагрузки удлиняются, а при снятии нагрузки восстанавливают свою первоначальную форму. Цепные макромолекулы под действием нагрузки распрямляются, а при снятии нагрузки сворачиваются. Для данного состояния характерна сегментальная подвижность, кроме этого, данные полимеры должны обладать определённым межцепным свободным пространством для осуществления движения сегментов. Наиболее распространённым эластомером явл. каучук  $\text{C}_5\text{H}_8$ . На основе каучука получают резины. Молекулы чистого каучука слабо связаны друг с другом, поэтому легко отделяются одна от другой. В результате этого каучук прилипает к предметам, с которыми он взаимодействует. Для устранения этого дефекта применяют вулканизацию. Вулканизация – нагрев каучука вместе с серой. При нагреве сера разрывает двойные связи в молекуле каучука, и образуются мостики между линейными цепочками каучука. Свойства каучука зависят от содержания серы, до 30% S – твёрдый каучук (шайбы).

#### **9. Пластмассы как конструкционный материал.**

Полиэтилен, фторопласт, текстолит. Малая плотность материала  $\rho = 1\text{-}2 \text{ т/м}^3$ . Низкие значения модуля упругости и других мех. св-в. Низкая теплопроводность. Хорошие изоляционные свойства (электро, звуко, тепло). Для них характерно старение материалов и ползучесть.

#### **10. Стекло. Строение. Классификация по составу. Влияние состава на свойства. Область применения.**

Неорганическое стекло – химически сложные аморфные изотропные материалы, которые обладают свойствами хрупкого твёрдого тела. Стёкла состоят: 1. Стеклообразователи – основа: а)  $\text{SiO}_2$  – силикатное стекло, если  $\text{SiO}_2 > 99\%$ , то это кварцевое стекло; б)  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$  – алюмосиликатное стекло; в)  $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$  – боросиликатное стекло; г)  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$  – алюмоборосиликатное стекло; 2. Модификаторы, вводятся для придания стеклу определённых св-в. Ввод оксидов щелочноземельных металлов (I, II группа: Na, K) уменьшает температуру размягчения. Оксиды хрома, железа, ванадия придают стеклу определённые цвета. Оксиды свинца увеличивают коэффициент преломления. По количеству модификаторов стёкла бывают трёх типов: щёлочные – стёкла, в которых содержится модификаторов до 20-30%, бесщёлочные – до 5% модификаторов, кварцевое стекло – модификаторов нет; 3. Компенсаторы, подавляют негативное воздействие модификаторов. Стёкла в автомобилях, в стеклопластиках, оптика, теплопроводимость низкая, не растворимы в кислотах (кроме плавиковой HF) и щёлочах.