

В. С. Алексеев

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

В. С. Алексеев

Данный конспект лекций предназначен для студентов высших и средних специальных учебных заведений. В него входят сведения о древесине и древесных материалах, описываются их основные свойства. Дается характеристика металлов и сплавов, рассматриваются способы их применения. Приводятся основные сведения о лакокрасочных, смазочных, облицовочных материалах, а также классификация клеев и области их назначения.

ЛЕКЦИЯ № 1. Строение древесины

1. Виды древесных пород и части дерева

Растущие деревья имеют следующие составные части: корни, ствол, ветви, листья. Корневая система деревьев выполняет функции поставщика влаги и питательных веществ из почвы по стволу и ветвям к листьям. Кроме того, корни удерживают деревья в вертикальном положении. Через ветви влага поступает к листьям, в которых происходит процесс фотосинтеза — превращения лучистой энергии солнца в энергию химических связей органических веществ с поглощением из воздуха углекислого газа и выделением кислорода. Неслучайно лесные массивы называют легкими планеты. Продукты фотосинтеза от листьев передаются по ветвям в остальные части деревьев — ствол и корни. Таким образом, ветви выполняют роль каналов, по которым происходит обмен веществ между листьями и остальными частями дерева.

Хвойные породы деревьев — сосна, кедр, ель, лиственница — имеют узкие листья — хвою, а лиственные породы — широкие листья. Как правило, лиственные породы деревьев произрастают в основном в умеренных и южных широтах, а хвойные — в северных.

В зависимости от породы и климатических условий произрастания деревья имеют различную высоту и диаметр стволов. При этом они подразделяются на три категории. К первой относятся деревья первой величины, которые достигают высоты 20 м и более. Это ель, кедр, лиственница, сосна, береза, осина, липа, дуб, ясень, клен и др.

В тропиках и субтропиках высота отдельных деревьев достигает 100 м и более. Вторая категория включает деревья второй величины, имеющие высоту 10—20 м. Это, в частности, ива, ольха, рябина и др. Третья категория — деревья третьей величины, высота которых равна 7—10 м. Это яблоня, вишня, можжевельник и др.

Диаметр ствола деревьев колеблется в основном от 6 до 100 см и более и зависит от породы, возраста деревьев и климатических условий произрастания. В отдельных случаях диаметр ствола деревьев может превышать 3 м — у дуба, тополя и некоторых других пород.

Древесину получают при разделке стволов деревьев после удаления веток. При этом выход древесины составляет 90 и более процентов объема ствола дерева. На начальной стадии обработки древесины делают поперечный, или торцовый, разрез ствола.

На поперечном разрезе выделяются: кора, покрывающая ствол снаружи и состоящая из наружного слоя — корки и внутреннего слоя — лубяного камбия — тонкого, невидимого для глаза слоя между корой и древесиной (в процессе роста деревьев живые клетки камбия делятся, и за счет этого дерево растет в толщину); заболонь — живая зона древесины; ядро, которое примыкает к сердцевине ствола и представляет собой мертвую, не участвующую в физиологических процессах центральную зону; сердцевина, расположенная в центре и представляющая собой рыхлую ткань диаметром 2—5 мм и более (в зависимости от породы и возраста дерева).

В лесной промышленности России основным объектом заготовки являются стволы деревьев, а ветки и сучья сжигаются или идут на дрова. В Канаде, Швеции и Финляндии в переработку идут все составные части деревьев, поэтому потери древесины там минимальны, а выход бумаги, картона и прочего — максимальный.

2. Макроскопическое строение древесины

При поперечном разрезе ствола дерева можно установить главные макроскопические признаки: **заболонь, ядро, годичные слои, сердцевинные лучи, сосуды, смоляные ходы и сердцевинные повторения.**

У молодых деревьев всех пород древесина состоит только из заболони. Затем по мере роста живые элементы вокруг сердцевины отмирают, а влагопроводящие пути закупориваются, и в них происходит постепенное накопление экстрактивных веществ — смол, таннидов, красящих веществ. У некоторых деревьев — сосны, дуба, яблони и других —

центральная зона ствола приобретает темную окраску. Такие деревья называют **ядровыми**. У других деревьев окраска центральной зоны и заболони ствола одинакова. Они называются **безъядровыми**.

Безъядровые деревья подразделяются на две группы: **спелодревесные** (липа, пихта, бук, ель), у которых влажность в центральной части ствола меньше, чем в периферийной, и **заболонные**, у которых влажность по поперечному сечению ствола одинакова (береза, клен, каштан и др.). Причем масса заболонной древесины уменьшается от вершины к комлю, а также с увеличением возраста дерева.

Возраст деревьев можно определить по числу годовых слоев, которые нарастают по одному в год. Эти слои хорошо видны на поперечном срезе ствола. Они представляют собой концентрические слои вокруг сердцевины. Причем каждое годовое кольцо состоит из внутреннего и наружного слоя. Внутренний слой формируется весной и в начале лета. Он называется **ранней древесиной**. Наружный слой образуется к концу лета. Ранняя древесина имеет меньшую плотность, чем поздняя, и более светлый цвет. Ширина годовых слоев зависит от ряда причин: во-первых, от погодных условий в течение периода вегетации; во-вторых, от условий произрастания дерева; в-третьих, от породы.

На поперечном срезе деревьев можно увидеть сердцевинные лучи, идущие от центра ствола к коре. У лиственных пород они занимают до 15% объема древесины, у хвойных — 5—6%, причем чем больше их количество, тем хуже механические свойства древесины. Ширина сердцевинных лучей колеблется от 0,005 до 1,0 мм в зависимости от породы деревьев. Древесина хвойных пород отличается от древесины лиственных тем, что в ней имеются клетки, вырабатывающие и хранящие смолу. Эти клетки группируются в горизонтальные и вертикальные смоляные ходы. Длина вертикальных ходов колеблется в пределах 10—80 см при диаметре около 0,1 мм, а горизонтальные смоляные ходы тоньше, но их очень много — до 300 штук на 1 см².

Древесина лиственных пород имеет сосуды в виде системы клеток для передачи воды и растворенных в ней минеральных веществ от корней к листьям. Сосуды имеют форму трубок длиной в среднем 10 см и диаметром 0,02—0,5 мм,

причем у деревьев некоторых пород они сосредоточены в ранних зонах годичных слоев. Их называют кольцесосудистыми.

У деревьев других пород сосуды распределены по всем годичным слоям. Эти деревья называют рассеяно-сосудистыми.

3. Микроскопическое строение древесины хвойных и лиственных пород

Древесина хвойных пород имеет определенную микроструктуру, которую можно установить, применяя микроскопы, а также химические и физические методы исследования. Древесина хвойных пород отличается от лиственной сравнительно правильным строением и простотой. В структуру древесины хвойных пород входят так называемые ранние и поздние трахеиды.

Как установлено исследованиями, ранние трахеиды выполняют функцию проводников воды с растворенными в ней минеральными веществами, которая поступает от корней дерева.

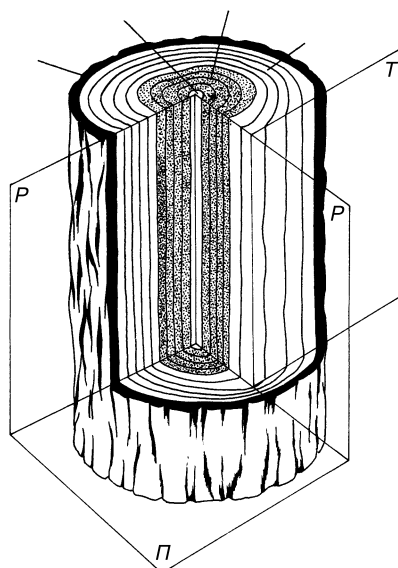
Трахеиды имеют форму сильно вытянутых волокон с кососрезанными концами. Исследования показали, что в растущем дереве только последний годичный слой содержит живые трахеиды, а остальные — мертвые элементы.

В результате исследований выявлено, что сердцевинные лучи образованы паренхимными клетками, по которым поперек ствола перемещаются запасные питательные вещества и их растворы.

Эти же паренхимные клетки участвуют в образовании вертикальных и горизонтальных смоляных ходов. Вертикальные смоляные ходы в древесине хвойных пород, обнаруженные в поздней зоне годичного слоя, образованы тремя слоями живых и мертвых клеток. Горизонтальные смоляные ходы выявлены в сердцевинных лучах.

По результатам исследований профессора ***В. Е. Вихрова***, древесина сосны имеет следующее микроскопическое строение:

- 1) поперечный разрез;
- 2) радиальный разрез;
- 3) тангенциальный разрез.



*Рис. 1. Разрезы ствола дерева:
П — поперечный, Р — радиальный, Т — тангенциальный*

Как установлено исследованиями, микроструктура древесины лиственных пород по сравнению с хвойными имеет более сложное строение.

В древесине лиственных пород сосудистые и волокнистые трахеиды служат проводниками воды с растворенными в ней минеральными веществами. Эту же функцию выполняют и другие сосуды древесины. Механическую функцию выполняют волокна либриформа и волокнистые трахеиды. Эти сосуды имеют форму длинных вертикальных трубок, состоящих из отдельных клеток с широкими полостями и тонкими стенками, причем сосуды в общем объеме лиственной древесины занимают от 12 до 55%. Наибольшую часть объема лиственной древесины составляют волокна либриформа как основная механическая ткань.

Волокна либриформа представляют собой вытянутые клетки с заостренными концами, узкими полостями и мощными стенками, имеющими щелевидные поры. Волокнистые трахеиды, так же как и волокна либриформа, имеют толстые стенки и малые полости. Кроме того, выявлено, что сердцевинные лучи лиственной древесины объединяют основную

часть паренхимных клеток, причем объем этих лучей может достигать 28—32% (этот показатель относится к дубу).

4. Химический состав древесины

Химический состав древесины зависит частично от ее состояния. Древесина свежесрубленных деревьев содержит много воды. Но в абсолютно сухом состоянии древесина состоит из органических веществ, а неорганическая часть составляет всего лишь от 0,2 до 1,7%. При сгорании древесины неорганическая часть остается в виде золы, которая содержит калий, натрий, магний, кальций и в небольших количествах — фосфор и другие элементы.

Органическая часть древесины всех пород имеет примерно одинаковый элементный состав. Абсолютно сухая древесина содержит в среднем 49—50% углерода, 43—44% кислорода, около 6% водорода и 0,1—0,3% азота. Лигнин, целлюлоза, гемицеллюлоза, экстрактивные вещества — смола, камедь, жиры, танины, пектины и другие — составляют органическую часть древесины. Гемицеллюлоза имеет в своем составе пентозаны и генксозаны. У хвойных пород в органической части больше целлюлозы, а у лиственных — пентозанов. Целлюлоза является главной составляющей клеточных стенок растений, причем она же обеспечивает механическую прочность и эластичность растительных тканей. Как химическое соединение целлюлоза представляет собой полиатомный спирт. При обработке целлюлозы кислотами происходит ее гидролиз с образованием простых и сложных эфиров, которые используют для производства пленок, лаков, пластмасс и др. Кроме того, при гидролизе целлюлозы образуются сахара, из которых получают этиловый спирт путем их сбраживания. Древесная целлюлоза является ценным сырьем для выработки бумаги. Другой компонент органической части древесины — гемицеллюлоза — представляет собой полисахариды высших растений, которые входят в состав клеточной стенки. В процессе переработки целлюлозы получается лигнин — аморфное полимерное вещество желто-коричневого цвета. Наибольшее количество лигнина — до 50% — образуется при переработке древесины хвойных пород, а из древесины лиственных пород выход его составляет 20—30%.

Очень ценные продукты получают при пиролизе древесины — сухой перегонке без доступа воздуха при температуре до 550 °С — древесный уголь, жижку и газообразные продукты. Древесный уголь используют при выплавке цветных металлов, в производстве электродов, медицине, в качестве сорбента для очистки сточных вод, промышленных отходов и для других целей. Из жижки получают такие ценные продукты, как антиокислитель бензина, антисептики — креозот, фенолы для производства пластмасс и пр.

В органической части древесины хвойных пород имеются смолы, которые содержат терпены и смоляные кислоты. Терпены являются основным сырьем для получения скипидара. Живица, выделяемая хвойным деревом, служит в качестве сырья для получения канифоли.

В процессе переработки древесины получают экстрактивные вещества, в том числе дубильные, применяемые для выделки кож — дубления. Основную часть дубильных веществ составляют таниды — производные многоатомных фенолов, которые при обработке кож взаимодействуют с их белковыми веществами и образуют нерастворимые соединения. В результате кожи приобретают эластичность, стойкость к загниванию и не набухают в воде.

ЛЕКЦИЯ № 2. Виды пороков древесины

1. Сучки, трещины

Пороки древесины — это отклонения от нормы в строении ствола, все нарушения физического состояния. К порокам относят: сучки, трещины, пороки формы ствола, строения древесины, химические окраски, грибные поражения, биологические и механические повреждения, пороки обработки и покоробленность.

Самым распространенным пороком являются **сучки** — основания ветвей, которые имеются в древесине ствола. При разделке древесины на ее поверхности выявляются сучки разных форм и видов. По форме разреза на поверхности древесины можно увидеть сучки круглые, овальные и продолговатые, причем по степени срастания с древесиной они еще подразделяются на сросшиеся, частично сросшиеся и несросшиеся, или выпадающие. При разделке древесины на доски сучки могут иметь разное положение — **пластевые, кромочные, ребровые, шивные** — в случае продольного сечения сучка часть его выходит одновременно на два ребра одной и той же стороны доски и **торцовые** — когда сучок оказывается на торце доски. По взаимному расположению сучков на пиломатериалах они подразделяются на **разбросанные** — одиночные или отстоящие друг от друга на значительном расстоянии, групповые и разветвленные.

По состоянию древесины самого тела сучка они делятся на: светлые здоровые, темные здоровые, здоровые с трещинами, загнившие, гнилые и «табачные», у которых выгнившая древесина полностью или частично заменена рыхлой массой ржаво-бурого или белесого цвета. Наличие сучков в древесине приводит к снижению прочности, затрудняет ее обработку и склеивание, снижает качество (особенно при большом их количестве и диаметре). Значительно снижают качество древесины несросшиеся и загнившие сучки, а в некоторых слу-

чаях они делают древесину непригодной для изготовления изделий (например, досок).

Другим видом порока древесины являются **трещины**, образующиеся при разрыве древесины вдоль волокон. Трещины возникают в растущем и срубленном дереве. К первым относят метиковые, отлупные и морозные, ко вторым — трещины усушки.

Наибольшую протяженность имеют метиковые трещины, которые проходят через сердцевину ствола дерева, причем при высыхании заготовленной древесины размеры их увеличиваются. В круглых заготовках древесины такие трещины обычно возникают на торцах, в пиломатериалах или деталях — на торцах и боковых поверхностях.

При расслоении древесины по годовому слою образуются отлупные трещины, причем обычно на границе резкого перехода межслойной древесины в крупнослойную, и встречаются у деревьев всех пород. Во время сушки древесины происходит увеличение отлупной трещины.

При сушке древесины под воздействием внутренних напряжений возникают **трещины усушки**. Этот вид трещин от других (метиковых и морозобойных) отличается меньшей протяженностью и глубиной.

В досках трещины могут выходить на пласть, кромку или торец. Соответственно они называются пластевыми, кромочными и торцовыми. Трещины, особенно сквозные, нарушают целостность древесного материала и снижают его механическую прочность.

2. Пороки формы ствола

Переработку древесины всех пород очень часто осложняют встречающиеся пороки формы ствола: **сбежистость, овальность, наросты, кривизна и закомелистость**.

Сбежистость выражается в уменьшении диаметра бревна или ширины необрезной доски, превышающих нормальный сбеж, который равен 1 см на 1 м длины сортимента. Как правило, она больше у лиственных пород, особенно у деревьев, выросших на просторе, а по длине ствола — в вершинной части. Этот вид порока формы ствола увеличивает количество отходов при распиловке и лущении круглых лесоматериалов и об-

условливает появление в шпоне радиального наклона волокон. **Овальность** ствола представляет собой эллипсовидную форму поперечного сечения торца, у которого больший диаметр в 1,5 и более раза превышает меньший.

Осложняют переработку древесины наросты в виде местного утолщения ствола различных форм и размеров. **Наросты** образуются в результате разрастания тканей под воздействием различных раздражителей — грибов, низких или высоких температур и т. д., а также при пожарах, механических повреждениях и по другим причинам.

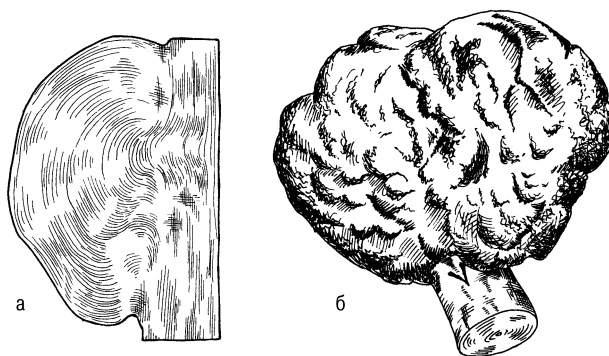


Рис. 2. Наросты: а) гладкий, б) бугристый

Гладкие наросты (рис. 2а) часто возникают на стволах сосны и березы. Годичные слои в местах наростов обычно шире, чем в стволе. Бугристые наросты, или капы (рис. 2б), образуются в основном на стволах березы, ореха, а также клена, ольхи черной, ясеня, бука, тополя и др. Древесина в зоне капов имеет неправильное строение со свилевато-волнистым направлением волокон и с темноокрашенными включениями в виде небольших пятен, черточек и точек. В разрезах капы имеют красивую текстуру, поэтому они применяются как материал для художественных поделок и изготовления строганного шпона.

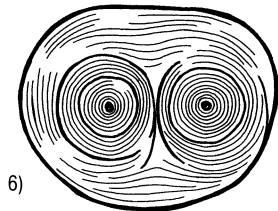
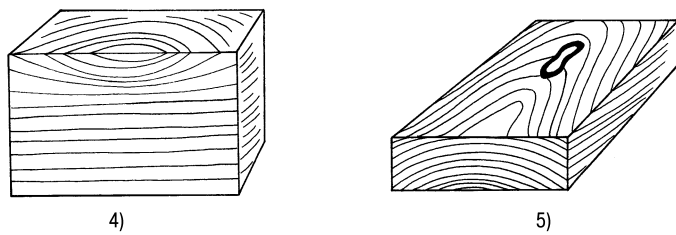
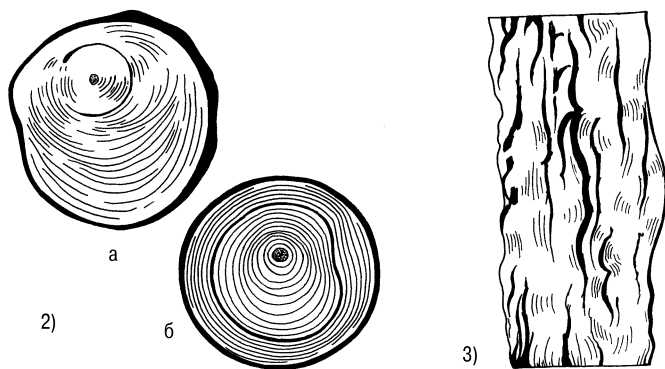
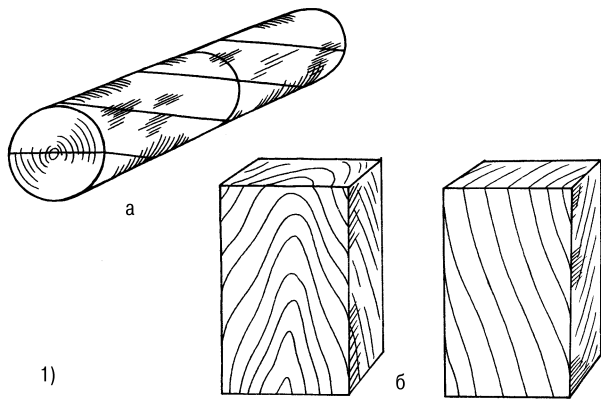
Такой порок ствола, как его **кривизна**, также затрудняет использование круглых лесоматериалов и увеличивает количество отходов при распиловке. Кривизна ствола — это отклонение продольной оси от прямой линии, причем она может быть с одним изгибом и сложной — с двумя и более изгибами.

Часто встречается такой вид порока ствола, как **закомелистость**, который выражается в резком увеличении диаметра комлевой части круглых лесоматериалов, т. е. когда диаметр комлевого торца в 1,2 раза больше, чем диаметр на расстоянии метра от этого торца. При распиловке и лущении древесины наличие такого порока приводит к увеличению количества отходов и, кроме того, обуславливает появление в шпоне радиального наклона волокон. Закомелистость также затрудняет использование круглых лесоматериалов по назначению и осложняет переработку древесины.

3. Пороки строения древесины

При переработке древесины часто встречаются пороки строения древесины, связанные с неправильным строением ствола. Различают следующие виды **пороков строения древесины**:

- 1) **косослой**, или наклон волокон, представляющий собой отклонение волокон от продольной оси ствола;
- 2) **крень** — сплошная или местная в виде резкого утолщения древесины поздних годичных слоев;
- 3) **свилеватость** — резко волнистое или путаное расположение древесных волокон (заготовки древесины с таким пороком используются при изготовлении художественных изделий, мебели, топорищ и различных поделок);
- 4) **завиток** — местное искривление годичных слоев около сучков или проростей (древесина с таким пороком используется в мебельном производстве и художественных промыслах);
- 5) **кармашки смоляные**. Встречаются в древесине хвойных пород, особенно у ели, представляют собой полости между годичными слоями, заполненные смолой;
- 6) **засмолок** — участок древесины хвойных пород, обильно пропитанный смолой;
- 7) **двойная сердцевина** — две сердцевины в одном поперечном сечении бревна, которые образуются в месте раздвоения ствола;
- 8) **пасынок** — отставшая в росте и отмершая вторая вершина, которая обычно располагается под острым углом;



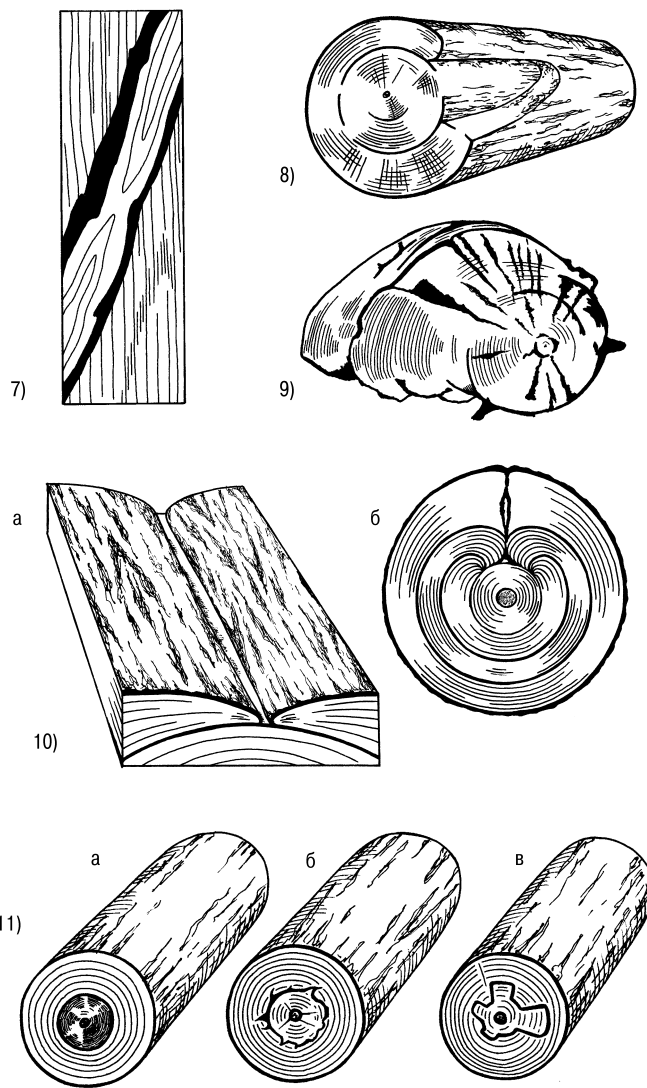


Рис. 3. Пороки строения древесины:

1 — разновидности наклона волокон: а — тангенциальный наклон в круглых лесоматериалах; б — местная; 2 — крень: а — сплошная; б — местная; 3 — волокнистая свилеватость у березы; 4 — завиток одно-сторонний; 5 — кармашек; 6 — двойная сердцевина в стволе сосны; 7 — пасынок; 8 — сухобокость; 9 — рак сосны; 10 — прорость: а — открытая; б — закрытая; 11 — ложное ядро: а — округлое; б — звездчатое; в — лопастное

9) **сухобокость**. Возникает в результате повреждения коры растущего дерева в виде омертвевшего участка ствола;

10) **прорость**. Представляет собой заросшую рану, как правило, заполненную остатками коры и омертвевшими тканями;

11) **рак**, который является раной дерева и возникает на поверхности ствола в результате деятельности паразитных грибов и бактерий, при этом изменяются строение древесины и форма ствола;

12) **ложное ядро**, которое напоминает настоящее ядро, но отличается более неоднородным строением и менее правильной формой, выделяется как темная, неравномерно окрашенная зона в центральной части ствола, отделяется от заболони темной, а иногда светлой полосой, появляется от воздействия грибов, сильных морозов, как реакция на раны и по другим причинам, при этом древесина ложного ядра более хрупкая и менее прочная, а внешний вид, как правило, хуже;

13) **внутренняя заболонь** — наличие нескольких годовых слоев в ядровой древесине, которые по цвету и свойствам похожи на заболонь, причем она имеет пониженную стойкость к загниванию и повышенную проницаемость для жидкостей;

14) **водослой** — порок древесины в виде участков, имеющих повышенную влажность в результате действия бактерий, грибов, проникновения дождевой воды через раны или от перенасыщенности почвы влагой.

4. Грибные поражения

При разделке древесины в ряде случаев обнаруживаются **грибные ядровые пятна** — ненормально окрашенные участки ядра, которые образуются в растущих деревьях под воздействием деревоокрашивающих или дереворазрушающих грибов. В срубленной древесине дальнейшее развитие этого порока прекращается. Грибные ядровые пятна наблюдаются на торцах в виде пятен различных величины и формы бурого, красновато-серого или серо-фиолетового цветов. Этот порок вызывает: уменьшение ударной вязкости, увеличение водопоглощения и водопроницаемости, ухудшение биостойкости

и внешнего вида древесины; по прочности при статической нагрузке почти не изменяется, а структура пораженной древесины сохраняется.

При хранении древесины на сырой заболони часто появляются плесени — грибница и плодоношение плесневых грибов на поверхности древесины в виде отдельных пятен или сплошного налета, при этом происходит окрашивание древесины в различные цвета. Плесень на механические свойства не влияет, но ухудшает внешний вид древесины, после высыхания она легко удаляется, оставляя грязноватые и цветные пятна.

В срубленной древесине нередко образуются **заболонные грибные окраски** — ненормально окрашенные участки заболони под воздействием дереворазрушающих грибов, не вызывающих образования гнили. Заболонные грибные окраски не влияют на механические свойства древесины, но ухудшают ее внешний вид, повышают водонепроницаемость. По цвету различают синеву — в виде серой окраски заболони с синеватыми или зеленоватыми оттенками и цветные заболонные пятна — в виде оранжевой, желтой, розовой и коричневой окраски заболони. Грибы, которые окрашивают заболонь, могут разрушать клей и лакокрасочные покрытия.

В срубленной древесине при хранении в теплое время года в результате развития биохимических процессов с участием грибов или без них возникает такой порок, как **побурение**. Побурение древесины проявляется в виде ненормально окрашенных участков лиственных пород бурого цвета различных оттенков. Побурение наблюдается на торцах в виде пятен различной величины и формы, а на боковых поверхностях — в виде вытянутых пятен, полос или сплошного поражения заболони, при этом ухудшается внешний вид древесины и незначительно снижаются прочность и твердость. Чтобы предотвратить побурение древесины, производят пропаривание пиломатериалов.

Большой вред древесине наносят **гнили**, образующиеся под воздействием грибов. Гнили различают по цвету и структуре поражения — пестрая ситовая, белая волокнистая; а также по типам — заболонная, ядровая и наружная трухлявая.

Пораженная гнилью древесина является источником грибной инфекции для различных деревянных сооружений. Гниль

развивается постепенно и имеет три стадии: на первой изменяется только цвет древесины; на второй древесина частично изменяет структуру и твердость под воздействием гнили; на третьей древесина полностью теряет прочность и твердость. В зависимости от стадии развития гнили и размеров поражения качество древесины может значительно снизиться.

5. Химические окраски, биологические повреждения и покоробленность

В процессе переработки древесины нередко встречается такое явление, как химическая окраска древесины, — ненормально окрашенные участки в срубленной древесине, возникающие в результате химических и биохимических процессов.

В большинстве случаев она связана с окислением дубильных веществ. Обычно такие участки расположены в поверхностных слоях древесины — на глубине 1—5 мм.

Как показывает практика обработки древесины, химические окраски изменяют только ее цвет и блеск, а остальные свойства древесины остаются без изменения. При интенсивной природной окраске внешний вид древесины ухудшается, но при ее высыхании химическая окраска постепенно выцветает.

При нарушении технологии хранения свежесрубленных лесоматериалов древесина подвергается **биологическим повреждениям** в виде червоточин — ходов и отверстий, сделанных в древесине насекомыми и их личинками (жуками, бабочками, термитами и др.). Оптимальные условия для жизни этих насекомых — температура +18—20 °С и относительная влажность воздуха 60—80%. Червоточины бывают различными по глубине проникновения: поверхностные (глубиной не более 3 мм), неглубокие (не более 5 мм в круглых лесоматериалах и не более 5 мм в пиломатериалах) и глубокие. При этом они могут быть несквозными и сквозными, т. е. выходящими на две противоположные стороны доски.

Поверхностная червоточина не влияет на механические свойства древесины, а неглубокая и глубокая нарушают целостность древесины и снижают механические свойства.

При длительном хранении с нарушением технологии в древесине может образоваться так называемая трухлявая черво-

точина, которая вызывается домовыми вредителями, способными развиваться и сухой древесине, — мебельными и домовыми точильщиками, домовым усачом, термитами. В этом случае число глубоких ходов велико, и древесина внутри них превращается в трухлявую массу с большим содержанием буровой муки.

При сушке или увлажнении, а также при механической обработке в результате анизотропии усушки — разбухания и внутренних напряжений в древесине — часто наблюдается такое явление, как **покоробленность** в виде изменения формы сортимента. Покоробленность пиломатериалов бывает разных видов: продольная по пласти, сложная, продольная по кромке, поперечная, а также наподобие крыла (крыловатость) (рис. 4). Характер покоробленности зависит от выпилки его из бревна. Покоробленность снижает качество пиломатериалов и изделий из древесины, осложняет обработку и раскрой, увеличивает количество отходов и в целом затрудняет использование древесины.

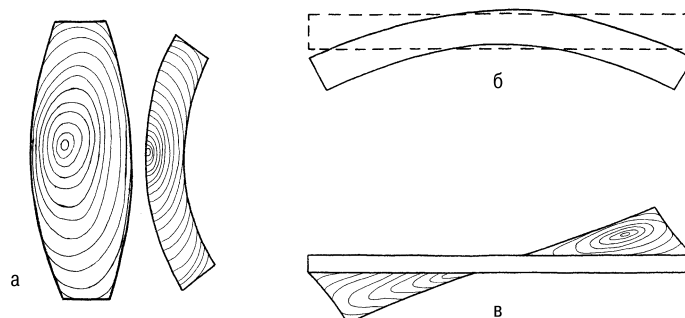


Рис. 4. Виды покоробленности: а — поперечная по пласти; б — продольная по пласти; в — крыловатость

Явление покоробленности чаще всего наблюдается у пиломатериалов, полученных при обработке березы.

6. Инородные включения, механические повреждения и пороки механической обработки

В ряде случаев в процессе обработки древесины обнаруживаются инородные включения в виде постороннего тела

недревесного происхождения — **гвоздь, проволока, металлический осколок или камень**. Внешним признаком такого порока могут быть местное вздутие и складки коры в древесине, вмятина, отверстие. Такие включения затрудняют механическую обработку древесины и нередко бывают причиной повреждения режущих инструментов — фрез, дисковых пил, резцов и т. д.

Механические повреждения и пороки механической обработки могут иметь различный характер и различное происхождение.

Иногда попадает обугленная древесина. Обугленность древесины является результатом повреждения ее огнем, при этом изменяется ее форма, что затрудняет использование и вызывает потерю древесины.

Карра — это повреждение ствола при подсочке, которое вызывает засмоление древесины.

Обзол представляет собой часть боковой поверхности бревна, которая сохранилась на обрезной доске или детали, что приводит к уменьшению фактической ширины доски и затрудняет ее использование.

При обработке древесины режущим инструментом образуются **риски** на ее поверхности, **волнистость** — неплоский пропилен или неровности в виде дугообразных возвышений и впадин в результате цилиндрического фрезерования древесины.

Некачественная обработка древесины приводит к появлению ворсистости поверхности в виде наличия не полностью отделенных волокон и мшистости — наличия пучков не полностью отделенных волокон и мелких частиц древесины. **Заруб** — местное повреждение поверхности древесины топором. **Запил** — местное повреждение поверхности древесины режущим инструментом (пилой). При заготовке и обработке лесоматериалов возникают **отщепы** — отходящие от торца круглого лесоматериала боковые трещины. При аналогичных работах нередко получают **вырывы** — углубления с неровными поверхностями в результате местного удаления древесины при воздействии инструментов или механизмов. При обработке древесины режущим инструментом против волокон часто наблюдаются различные механические захваты, которые оставляют **вмятины** — углубления на поверхности, обра-

зованные в результате местного смятия древесины, а также **царапины** — повреждения поверхности в виде узкого длинного углубления.

В результате выщербины режущей кромки инструмента образуются **гребешки** — участки необработанной поверхности в виде узкой полосы, выступающей над обработанной поверхностью.

При шлифовании поверхности древесины иногда получается такой дефект, как **прошлифовка** — удаление части древесины ниже уровня обрабатываемой поверхности.

При повышенном трении режущих инструментов в процессе обработки древесины нередко случается такой дефект, как **ожог** древесины в виде потемневшего участка обрабатываемой поверхности.

Вышеперечисленные дефекты древесины снижают качество обработки, влияют на склеивание, отделку и облицовывание материала или целого изделия, в ряде случаев ухудшают внешний вид и нарушают целостность древесины, ухудшают механическую прочность и затрудняют использование.

ЛЕКЦИЯ № 3. Древесные породы

1. Определитель древесных пород

На основании «Справочника по древесине» *А. М. Боровикова* и *Б. Н. Уголева* составлен определитель пород.

1. Группы древесных пород:

1) годовичные слои хорошо заметны на всех разрезах древесины. Сердцевинные лучи не видны. Сосудов нет. Древесина некоторых пород имеет смоляные ходы (хвойные породы);

2) хорошо заметны годовичные слои из-за разницы в строении ранней и поздней древесины. В ранней зоне годовичных слоев крупные сосуды образуют сплошное кольцо отверстий, хорошо видимое простым глазом. Поздняя зона годовичных слоев — плотного строения, имеются только мелкие сосуды. Мелкие сосуды и паренхимные клетки образуют рисунок в виде радиальных полосок, волнистых линий, идущих вдоль границы годовичных слоев, отдельных черточек или точек. У большинства пород видны сердцевинные лучи;

3) у большинства пород годовичные слои видны плохо. Сосуды на поперечном разрезе совсем не видны простым глазом или если видны, то не образуют сплошного кольца, а равномерно разбросаны по всему годовичному слою. Поздняя зона годовичного слоя не имеет рисунка. У некоторых пород видны сердцевинные лучи — рассеянно-сосудистые лиственные породы;

2. Древесные породы:

1) хвойные породы:

а) смоляные ходы довольно крупные и многочисленные. Годовичные слои хорошо видны на всех разрезах. Ядро имеет цвет от розового до буровато-красного. Заболонь широкая, имеет окраску от желтоватого до бледно-розового цвета (сосна обыкновенная). Далее аналогично по остальным хвойным породам;

- 2) кольцесосудистые лиственные породы:
- а) сердцевинные лучи широкие и хорошо видны на всех разрезах. Древесина ядра имеет окраску темно-бурю или желтовато-коричневую. Заболонь узкая, окраска — светло-желтая. На всех разрезах хорошо заметны годовичные слои. На поперечном разрезе в поздней древесине видны светлые радиальные пламевидные полосы из мелких сосудов. Древесина твердая. Далее аналогично по другим породам;
- 3) рассеяно-сосудистые лиственные породы:
- а) годовичные слои плохо заметны на всех разрезах. Древесина белого цвета с желтоватым или розоватым оттенком. На радиальном разрезе видны сердцевинные лучи в виде узких коротких блестящих темных пятнышек. Часто встречаются сердцевинные повторения, имеющие вид точек или черточек красновато-бурого цвета. Древесина довольно твердая и тяжелая (береза);
 - б) древесина белая с легким розовым оттенком. Годовичные слои слабо заметны. Древесина легкая, мягкая (липа мелколистная);
 - в) высота сердцевинных лучей на радиальном разрезе около 0,5 мм. Годовичные слои видны нечетко на всех разрезах, но лучше всего — на поперечном. Серцевинные лучи на радиальном разрезе создают характерную рябоватость и сильный блеск. Древесина белая с желтоватым или розоватым оттенком, твердая, тяжелая (клен остролистный);
 - г) ядра нет. Древесина белая со слабым зеленоватым оттенком. Иногда встречается порок — ложное ядро буроватого цвета. Годовичные слои заметны на всех разрезах. Встречаются сердцевинные повторения в виде желтых полосок. Древесина легкая и мягкая (осина).

Используя определитель древесных пород, можно установить вид древесины.

2. Основные хвойные породы

К хвойным породам относятся ель, сосна, лиственница, пихта, кедр, тис, а также можжевельник, но он растет в виде кустарников.

Ель — безъядровая порода, древесина ее белая со слабым желтоватым или розовым оттенком. Имеет смоляные ходы, но малосмолистая. По прочности, плотности и стойкости к гниению немного уступает сосне. Годичные слои хорошо заметны. Наиболее распространенными являются два вида ели — обыкновенная и сибирская. Первая произрастает в европейской части России, вторая — от Урала до Приморья. Ель является основным сырьем для производства целлюлозы. Однородность строения и способность резонировать делают ее незаменимой при производстве музыкальных инструментов. Из коры ели получают дубильные вещества для кожевенной промышленности.

Сосна — ядровая порода со смоляными ходами. Имеет слегка розовое ядро, которое со временем становится буровато-красным, и широкую заболонь желто-белого цвета. Годовые слои хорошо видны на всех срезах с резким переходом от ранних, светлых к поздним, темным. Сосна имеет среднюю плотность, достаточно высокую прочность и стойкость к гниению, хорошо обрабатывается. Древесина сосны используется в строительстве, производстве строительных деталей и мебели, а также для изготовления различных деталей, используемых на железнодорожном транспорте (в пассажирских и грузовых вагонах), для крепления в горных выработках и т. д. Кроме того, сосна используется также как сырье для получения целлюлозы, древесно-стружечных и древесно-волоконистых плит, кормовых дрожжей; из нее добывают живицу, а из хвои получают биологически активные вещества.

Лиственница в России составляет более половины хвойных лесов, что обусловило ее широкое применение в строительстве, производстве мебели, целлюлозно-бумажном и гидролизном производствах и т. д. Лиственница имеет крепкую и упругую древесину, сильно пропитанную смолой. Ядро ее красновато-бурого цвета, а заболонь — белая или слегка желтоватая. Годичные слои хорошо видны, с четкой границей между ранней и поздней древесиной. Лиственница малосучковата, обладает высокой плотностью и прочностью, стойка против гниения. В Сибири строят частные дома с применением бревен из лиственницы (делают срубы), которые стоят много лет.

Пихта — самая легкая и мягкая из хвойных древесных пород. В основном произрастает на северо-востоке европей-

ской части России и от Урала до Дальнего Востока, а также на Кавказе. Во многом похожа на ель, но не имеет смоляных ходов.

Кедр занимает большие площади в России, особенно в Сибири. Доживает до 800 лет и достигает 30 м в высоту при диаметре ствола до 2 м. Древесина кедра легкая, мягкая, красивая по текстуре и цвету; имеет буровато-розовое ядро и бело-розовую заболонь; легко обрабатывается, стойкая против гниения; широко используется в строительстве. Кедровые орехи — основной источник получения кедрового масла, скипидара, лечебных бальзамов.

Можжевельник растет в виде кустарников, плотная ядровая порода коричневого цвета с узкой заболонью. Из-за малых размеров используется в небольших количествах для изготовления мелких токарных и резных изделий.

3. Основные лиственные породы

Береза имеет большее распространение в лесах России по сравнению с другими видами. **Береза** — рассеяно-сосудистая безъядровая порода древесины с желтоватым оттенком. Годичные слои видны плохо. Сердцевинные лучи видны лишь на строго радиальных разрезах (расколах). Береза имеет сравнительно высокие прочностные показатели, но малую стойкость к гниению; при сушке сильно коробится.

Дуб — очень ценная сосудистая порода с темно-бурым и желтовато-коричневым ядром и узкой желтовато-белой заболонью. На поперечном разрезе в ранней зоне годичного слоя видны крупные сосуды, а в темной поздней зоне — светлые радиальные пламевидные сердцевинные лучи. Древесина дуба плотная, прочная, стойкая к гниению, имеет красивую текстуру; хорошо гнется и поддается механической обработке. В связи с дефицитом этой древесины применяется в виде строганого шпона, а также в виде массивных деталей. Кроме мебели, из дуба изготавливают паркет, бочки для вина и пива, детали оборудования в машиностроении и др. В мебельном производстве высоко ценится мореный дуб, имеющий темно-серый, почти черный цвет. Из коры и древесины дуба получают дубильно-экстрактивные вещества, используемые для выделки кож, меха и др.

Ясень — кольцесосудистая ядровая порода с желтоватой или розовой заболонью и светло-бурым ядром. Годичные слои хорошо видны, сердцевинные лучи не заметны. По цвету и строению напоминает дуб, но несколько светлее; используется в хозяйстве страны. Отличается в основном высокой ударной вязкостью, хорошо гнется, не дает отщепов, поэтому применяется в производстве спортивного инвентаря: теннисных ракеток, хоккейных клюшек.

Клен — рассеяно-сосудистая безъядровая порода. Имеет белую с красноватым или буроватым оттенком древесину. На всех разрезах хорошо видны годичные слои, а на радиальном — и сердцевинные лучи, которые создают характерную рябоватость. Клен используется в мебельном производстве и для изготовления корпусов музыкальных инструментов, но имеет ограниченное применение из-за малых запасов в лесных массивах России.

Липа — рассеяно-сосудистая порода, безъядровая. Древесина белая с легким розовым оттенком, годичные слои слабо заметны, имеет однородное строение, мягкая, мало трескается при сушке и обработке, почти не коробится, поэтому служит хорошим материалом для резных работ.

Орех — очень ценная порода, рассеяно-сосудистая с древесиной коричнево-серой неравномерной окраски, годичные слои на разрезах заметны слабо, но видны крупные сосуды. Благодаря таким качествам древесина ореха используется для получения строганого шпона и изготовления высокохудожественной мебели, различных деталей с целью создания оригинальных интерьеров.

Тополь — рассеяно-сосудистая ядровая быстрорастущая порода с широкой заболонью белого цвета. Годичные слои широкие, но малозаметные. Древесина мягкая, нестойкая к гниению, применяется в производстве целлюлозы и различных изделий для бытовых нужд. Запасы тополя в лесах России небольшие, поэтому его применение ограничено.

4. Породы ограниченного применения

С давних пор в степной зоне России, в сельской местности для изготовления простой мебели (стулья, табуреты, детские кроватки), а также различных поделок (скалки, толкуш-

ки, пахталки и т. д.) использовались такие древесные породы, как вишня, груша, яблоня, акация, лещина, рябина и др. С развитием рыночной экономики в России активизировались различные художественные промыслы, в которых народные мастера-умельцы при изготовлении сувениров, игрушек, бытовой утвари и детской мебели (кроватьки, стульчики и др.) часто применяют вышеуказанные древесные породы.

Из древесины **вишни**, которая обладает высокой прочностью в сочетании с оригинальной полосатостью и желто-коричневым цветом, изготавливали мебель с имитацией под ценные породы (красное дерево) и паркетные дощечки. В настоящее время она используется в основном для изготовления различных сувениров и бытовых поделок. Вишня относится к ядровой породе, причем это дерево растет быстро и может иметь высоту до 6 м (сорт владимировка-растунья), а диаметр ствола достигает 20—30 см.

Древесина **груши** также имеет ряд ценных свойств — прочность, красивую цветовую гамму от розовато-желтого до буровато-красного, причем сердцевинные лучи и годичные слои еле заметны. Груша является безъядровой породой, легко поддается обработке, с давних пор используется народными мастерами для изготовления мебели, а также корпусов музыкальных инструментов, для бытовых поделок и сувениров.

В сельской местности русские кустари издавна использовали для изготовления деревянных обручей, коробов, полок древесину лещины (орешника), которая по физико-механическим свойствам близка к древесине березы и также имеет белый цвет со слабым блеском. **Лещина** (орешник) относится к безъядровой породе рода кустарниковых.

Очень много ценных свойств имеет древесина **рябины** — высокую прочность, огнестойкость, сопротивляемость ударам. Еще одно достоинство — она состоит из широкой заболони с красивым красно-белым цветом и выделяющимися годичными слоями. Мастерские люди с давних пор из этой древесины делают рукоятки для молотков, топоры, киянки, нехитрую мебель (табуреты, стулья, полки, лавки), резные изделия (балясины, веретена) и др. Рябина является ядровой породой.

Древесину **яблони** народные умельцы России с давних пор использовали для изготовления различной домашней утвари,

для отделочных работ внутри помещений, а также делали шкатулки, сувениры, корпуса для музыкальных инструментов и др. Эта древесина имеет оригинальную цветовую гамму от желто-розового до красновато-бурого цвета, причем годовые слои и сердцевинные лучи почти незаметны. Яблоня относится к ядровой рассеяно-сосудистой породе.

5. Экзотические породы

Древесные породы, произрастающие в странах тропического или субтропического климата, относятся к экзотическим породам ограниченного применения. Еще в XVIII в. начали завозить в Россию, в Петербург заготовки этих пород для изготовления мебели, предназначенной для оборудования царских дворцов, а затем и домов придворной знати. Наиболее широко для этих целей применялась древесина красного дерева. Постепенно во многих больших городах России богатые люди часто заказывали для своих домов мебель из красного дерева, которую делали первоклассные мастера-краснодеревщики.

Из указанной древесины наиболее известна порода такого красного дерева, как махагони, произрастающего в Африке, Австралии, а также в Центральной и Южной Америке. Древесина этой породы красного дерева имеет очень красивое сочетание цветов — от белого (узкой заболони) до красно-коричневого или буровато-красного (ядра).

В небольших количествах в России использовалась древесина **черного дерева**. Под этим названием завозились из-за границы заготовки из разных пород, имевших древесину черного цвета. Чаще всего завозилась древесина эбенового дерева (черного), которая является ядровой, имеет узкую белую заболонь и ядро глянцево-черного цвета, причем во всех видах разрезов годовичные слои и сердцевинные лучи незаметны. Древесина черного дерева используется для изготовления художественно-декоративных изделий, клавишей пианино, для инкрустации при отделке интерьеров, а также из нее делают деревянные духовые инструменты. Эбеновое дерево (черное) произрастает в Индии, Африке и на Цейлоне (в Шри-Ланке). Плотность древесины эбенового дерева в сухом виде составляет 1000 кг/м^3 , т. е. больше плотности воды.

Палисандр. В международной торговле это название объединяет разные породы деревьев со сходной по цвету и строению древесиной, произрастающих в тропиках. Древесина таких деревьев — ядровая рассеяно-сосудистая, ее заболонь узкая, светло-желтая, с сероватым оттенком, само ядро имеет пурпурно-коричневый или шоколадный цвет с фиолетовым оттенком; она очень тяжелая, мало усыхает, трудно раскалывается, но хорошо шлифуется. Древесина палисандра применяется для изготовления музыкальных инструментов, резных, токарных и других изделий.

Секвойя — самое крупное на земном шаре дерево, отличается большой долговечностью; произрастает в тропиках, относится к хвойной породе; по физико-механическим свойствам близка к древесине ели, хорошо обрабатывается; применяется в строительстве, а также для изготовления мебели, карандашей.

Эвкалипт. В природе насчитывается более 500 видов, в основном произрастает в Австралии и Океании. В России эвкалипт растет на Черноморском побережье Кавказа в небольших количествах. Эвкалипт — быстрорастущее дерево, достигает очень больших размеров — более 100 м в высоту. Ядровая рассеяно-сосудистая лиственная порода, ядро бурого цвета с различными оттенками, а заболонь светлая. Древесина этого дерева плотная, обладает высокой прочностью и биостойкостью, применяется в строительстве, вагоностроении и др.

ЛЕКЦИЯ № 4. Свойства древесины

1. Цвет, блеск и текстура древесины

Цвет древесины зависит от климатических условий произрастания дерева. В умеренном климате древесина почти всех пород окрашена бледно, а в тропическом имеет яркую окраску. Влияние климатического фактора сказывается и в пределах одного пояса, например породы, произрастающие в более теплых зонах — дуб, орех, тис и другие, имеют интенсивную окраску, а произрастающие севернее — ель, сосна, осина, береза и другие, окрашены бледно. Интенсивность окраски зависит также от возраста деревьев — с увеличением возраста интенсивность усиливается. Изменение цвета древесины происходит под влиянием воздуха и света, а также от воздействия грибных поражений; при выдержке древесины в воде или в специальных растворах; при пропаривании и высокотемпературной сушке.

Цвет древесины является важной характеристикой и учитывается при выборе пород для изготовления мебели, отделки интерьеров, при производстве художественных поделок, музыкальных инструментов и т. д.

Блеск — это способность древесины направленно отражать световой поток. Наибольший блеск имеют гладкие зеркальные поверхности, так как они дают направленное отражение. Как правило, блеск древесины оценивается по белизне: чем больше белизна древесины, тем выше показатель блеска. Блики и отсветы дают еще и сердцевинные лучи на радиальных разрезах.

Текстура — это естественный рисунок на тангенциальных и радиальных разрезах древесины, образованный годичными слоями и анатомическими элементами. Чем сложнее строение древесины, тем богаче ее текстура. У древесины хвойных пород строение простое и текстура однообразная, она определяется в основном шириной годичных колец и разницей

окраски ранней и поздней древесины. Древесина лиственных пород имеет сложное строение и более богатую текстуру. Характер текстуры во многом зависит от направления разреза. Многие породы, такие как орех, ясень, вяз, дуб и другие, имеют красивую и интересную текстуру на тангенциальном разрезе. Древесина на радиальном разрезе также имеет красивую, оригинальную текстуру.

Древесина капов, образующихся на стволах деревьев лиственных пород, имеет высокие декоративные свойства. Весьма оригинальна текстура древесины клена типа «птичий глаз», которую создают не развившиеся в побег «спящие» почки. Своеобразная и красивая текстура создается и искусственным путем при неравномерном прессовании древесины и последующем ее строгании, или при лущении волнистым ножом, или под углом к направлению волокон. При прозрачной отделке древесины ее текстура проявляется сильнее. Текстура является важнейшим показателем, который определяет декоративную ценность древесины.

Виды текстуры древесины:

- 1) без выраженного рисунка — липа, груша;
- 2) мелкокрапчатый рисунок — дуб, бук, чинара;
- 3) муаровый рисунок — серый клен, волнистая береза, красное дерево;
- 4) рисунок «птичий глаз» — ясень, клен, береза карельская, тополь украинский;
- 5) раковинный рисунок — орех кавказский, ясень, карагач — комлевая часть;
- 6) сучковатый рисунок — ель, сосна.

2. Влажность древесины и свойства, связанные с ее изменением

В свежесрубленной древесине, как правило, содержится большое количество воды и в дальнейшем в зависимости от условий хранения оно может увеличиваться или уменьшаться, или оставаться на прежнем уровне. Но в большинстве случаев необходимо принять меры по удалению воды, т. е. произвести сушку древесины. Показателем содержания воды в древесине является влажность, которая подразделяется на абсолютную и относительную. На практике пользуются в основном абсо-

лютым значением влажности, которую определяют по формуле:

$$W_{\text{абс.}} = [(m - m_0) / m_0] \times 100\%,$$

где m — масса образца влажной древесины, г;

m_0 — масса того же абсолютно сухого образца, г.

Показатель относительной влажности применяется редко, в основном как показатель влажности дров. Ее определяют по формуле:

$$W_{\text{отн.}} = (m - m_0 / m) \times 100\%.$$

Существуют два способа определения влажности — прямой и косвенный. Прямой метод основан на выделении воды из древесины. Для этого очищенный образец древесины подвергают сушке в сушильном шкафу при температуре 103 °С до полной отдачи влаги. В процессе сушки образец взвешивают — первый раз через 6—10 ч после начала сушки, а затем через каждые 2 ч. Сушку прекращают после того, как вес образца уже не уменьшается. Прямой метод позволяет с большой точностью определить влажность древесины.

Второй метод — косвенный, основанный на измерении электропроводности древесины с помощью электровлагомера. При таком измерении шкала прибора показывает величину влажности. Этот способ дает возможность быстро определить влажность. Но его недостаток заключается в погрешности измерения, которая составляет 2—3%, а при влажности древесины более 30% — еще выше.

Вода в древесине находится в связанном и свободном состоянии. Связанная вода находится в клеточных стенках и удерживается прочно. Удаление такой воды затруднено и оказывает существенное влияние на изменение большинства свойств древесины. Максимальное количество связанной воды соответствует пределу насыщения клеточных стенок, который в расчетах принимается: $W_{\text{п.н.}} = 30\%$.

Свободная вода находится в полостях клеток и межклеточных пространствах, поэтому удаляется из древесины легче.

Свежесрубленная древесина имеет влажность в пределах 50—100%, а при длительном нахождении в воде — более 100%.

После сушки на открытом воздухе влажность снижается до 15—20%. Влажность величиной 20—22% называется **транспортной**, а влажность, которую древесина имеет в период эксплуатации, — **эксплуатационной**.

Сушка древесины бывает двух видов — **атмосферной**, при температуре окружающей среды, и **искусственной**, или камерной, когда температура может быть до 100 °С и выше. При камерной сушке происходит усушка древесины, т. е. уменьшение линейных размеров в радиальном направлении на 3—7%, а в тангенциальном — на 8—10%, вдоль волокон — 0,1—0,3%. Полная объемная усушка составляет 11—17%.

При сушке древесины с уменьшением влажности меняются ее механические свойства — уменьшается упругость, но увеличивается прочность при сжатии, а также уменьшается электропроводность.

3. Плотность древесины. Тепловые свойства древесины

Плотность древесины — это масса единицы объема материала, выражающаяся в г/см³ или кг/м³. Существует несколько показателей плотности древесины, которые зависят от влажности. Плотность древесного вещества — это масса единицы объема материала, образующего клеточные стенки. Она для всех пород примерно одинакова и равна 1,53 г/см³, т. е. в 1,5 раза выше плотности воды.

Плотность абсолютно сухой древесины — это масса единицы объема древесины при отсутствии в ней воды. Она определяется по формуле:

$$\rho_0 = m_0 / V_0,$$

где ρ_0 — плотность абсолютно сухой древесины, г/см³ или кг/м³;

m_0 — масса образца древесины при влажности 0%, г или кг;

V_0 — объем образца древесины при влажности 0%, см³ или м³.

Плотность древесины меньше плотности древесного вещества, так как она имеет пустоты, заполненные воздухом, т. е. пористость, которая выражается в процентах и характери-

зует отношение пустот в абсолютно сухой древесине. Чем больше плотность древесины, тем меньше ее пористость.

Плотность древесины существенно зависит от влажности. С увеличением влажности плотность древесины возрастает. По плотности все породы делятся на три группы (при влажности древесины 12%):

- 1) породы с малой плотностью — 540 кг/м³ и менее — это ель, сосна, липа и др.;
- 2) породы средней плотности — от 550 до 740 кг/м³ — это дуб, береза, вяз и др.;
- 3) породы высокой плотности — 750 кг/м³ и более — это кизил, граб, фисташка и др.

Тепловые свойства древесины — это теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и тепловое расширение. Теплоемкость — способность древесины аккумулировать тепло. За показатель теплоемкости принята удельная теплоемкость C — количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг массы древесины на 1 °С. Она измеряется в кДж/кг × t °С.

Сухая древесина представляет собой древесное вещество и воздух, причем массовая доля воздуха в ней незначительна. Поэтому теплоемкость сухой древесины практически равна теплоемкости древесного вещества. Удельная теплоемкость древесины практически не зависит от породы и при температуре 0 °С для абсолютно сухой древесины равна 1,55 кДж. С повышением температуры удельная теплоемкость несколько возрастает и при температуре 100 °С увеличивается примерно на 25%. При увлажнении древесины ее теплоемкость увеличивается.

Процесс переноса тепла в древесине характеризуется двумя показателями — коэффициентом теплопроводности и коэффициентом температуропроводности. Коэффициент теплопроводности λ численно равен количеству теплоты, которое проходит в единицу времени через стенку из древесины площадью 1 м² и толщиной 1 м при разности температур на противоположных сторонах стенки в 1 °С. Он измеряется в Вт / / (м × °С). Коэффициент температуропроводности характеризует скорость изменения температуры древесины при ее нагревании или охлаждении. Он определяет тепловую инерционность древесины, т. е. ее способность выравнять тем-

пературу. Коэффициент температуропроводности рассчитывают по формуле:

$$\alpha = \lambda / c \times \rho,$$

где ρ — плотность материала, кг/м³;

λ — коэффициент теплопроводности, Вт / (м × °С);

c — удельная теплоемкость древесины, кДж / (кг × °С).

4. Электрические и акустические свойства древесины

Как показали многочисленные исследования электрических свойств древесины, ее электропроводность, т. е. способность проводить электрический ток, находится в обратной зависимости от ее электрического сопротивления. Существуют поверхностное и объемное сопротивления, которые в сумме дают полное сопротивление образца древесины, размещенного между двумя электродами. Объемное сопротивление характеризует препятствие прохождению тока сквозь толщу образца, а поверхностное — по поверхности. Показателями электрического сопротивления служат удельное объемное и удельное поверхностное сопротивления.

Исследования показали, что сухая древесина плохо проводит ток, но с повышением влажности ее сопротивление уменьшается. Это видно из данных, полученных при исследованиях (табл. 1).

Таблица 1

Порода	Удельное объемное сопротивление, Ом × см при влажности древесины, %		
	0	7	20
Сосна	$2,3 \times 10^{15}$	5×10^{11}	3×10^8
Ель	$7,6 \times 10^{16}$	1×10^{12}	3×10^8
Дуб	$1,5 \times 10^{16}$	2×10^{11}	7×10^8
Береза	$5,1 \times 10^{16}$	9×10^{11}	1×10^8
Ольха	$1,0 \times 10^{17}$	9×10^{11}	6×10^8

Снижение поверхностного сопротивления происходит при увеличении влажности. Например, при увеличении влажности бука от 4,5 до 17% поверхностное электрическое сопротивление уменьшается с $1,2 \times 10^{13}$ до 1×10^7 Ом.

Кроме того, в результате исследований установлено, что снижение электрического сопротивления древесины происходит при ее нагревании, особенно при ее низкой влажности. Так, увеличение температуры от 20 до 94 °С снижает сопротивление абсолютно сухой древесины в 10^6 раз.

Акустические свойства. При исследованиях акустических свойств древесины установлено, что скорость распространения звука в древесине тем больше, чем меньше ее плотность и выше модуль упругости. Средние значения скорости звука вдоль волокон для комнатно-сухой древесины равны: дуб — 4720 м/с, ясень — 4730 м/с, сосна — 5360 м/с, лиственница — 4930 м/с. Далее исследования показали, что скорость звука поперек волокон в 3—4 раза меньше, чем вдоль волокон. Скорость распространения звука зависит от свойств материалов и в первую очередь от плотности, например в стали звук распространяется со скоростью 5050 м/с, в воздухе — 330 м/с, а в каучуке — 30 м/с. На данных, полученных при исследованиях акустических свойств древесины, построен ультразвуковой метод определения ее прочности и внутренних скрытых дефектов. По существующим строительным нормам звукоизоляция стен и перегородок должна быть не ниже 40, а междуэтажных — 48 дБ. Согласно данным исследований звукопоглощающая способность древесины низка, например звукоизоляция сосновой древесины при толщине 3 см составляет 12 дБ, а дубовой при толщине 4,5 см — 27 дБ. Как установлено исследованиями, наилучшие акустические свойства в части наибольшего излучения звука имеет древесина ели, пихты и кедра, которая используется для изготовления многих музыкальных инструментов: щипковых, смычковых, клавишных и др. Как показала практика, наилучшими акустическими свойствами обладает древесина длительной выдержки — в течение 50 лет и более.

5. Прочность древесины

К механическим свойствам относятся прочность и деформативность древесины, а также некоторые технологические

свойства. Прочность древесины — это способность ее сопротивляться разрушениям под воздействием внешних нагрузок. Предел прочности древесины определяется путем испытания образцов на сжатие, растяжение, изгиб, сдвиг.

При испытании древесины на сжатие нагрузку производят вдоль волокон, затем поперек и в одном месте. Предел прочности определяют в МПа по формуле:

$$\bar{\sigma}_{\text{сж}} = P_{\text{max}} / a \times b,$$

где P_{max} — максимальная разрушающая нагрузка, Н;
 a и b — размеры образца древесины, мм.

По данным испытаний установлено, что при растяжении древесины поперек волокон прочность составляет примерно 1/20 прочности при растяжении вдоль волокон. Поэтому при конструировании изделий и устройстве различных строительных конструкций не допускают случаев, чтобы растягивающие нагрузки были направлены поперек волокон.

На практике в большинстве случаев изделия из древесины работают с нагрузками на изгиб. Поэтому образцы древесины обязательно испытывают на изгиб, при этом определяют предел прочности в МПа по формуле:

$$\bar{\sigma}_{\text{из}} = 3P_{\text{max}} \times l/2 \times b \times h^2,$$

где l — расстояние между опорами, мм;
 b — ширина образца в радиальном направлении, мм;
 h — высота образца в тангенциальном направлении, мм.

При изгибании образца с выпуклой стороны возникают напряжения растяжения, а с вогнутой — сжатия. При нагрузках выше предельной величины разрушение древесины происходит в виде разрыва растянутых волокон на выпуклой стороне излома образца.

Большое значение имеет показатель прочности при сдвиге. Этот показатель определяют при испытаниях трех видов сдвига: на скалывание вдоль и поперек волокон; на перерезание древесины поперек волокон. При этом предел прочности древесины на скалывание — $\bar{\sigma}_{\text{ск}}$, МПа определяют по формуле:

$$\bar{\sigma}_{\text{ск}} = P_{\text{max}} / b \times l,$$

где P_{\max} — максимальная нагрузка, Н;
 b, l — толщина и длина образца в плоскости скальвания, мм.

Испытания на перерезание древесины поперек волокон проводят на образцах с применением подвижного ножа. При этом предел прочности в МПа определяют по формуле:

$$\tau = P_{\max} / 2 \times a \times b,$$

где P_{\max} — максимальная нагрузка, Н;
 a и b — размеры сечения образца, мм (поперечные).

Как показывают результаты испытаний, прочность древесины при перерезании поперек волокон в 4 раза больше, чем при скальвании вдоль волокон.

Как показали испытания, модули упругости при сжатии и растяжении древесины примерно одинаковы и составляют: для сосны — 12,3 ГПа, для дуба — 14,6 ГПа и для березы — 16,4 ГПа при влажности 12%. Модуль упругости поперек волокон примерно в 20—25 раз меньше, чем вдоль, а в радиальном направлении выше, чем в тангенциальном, примерно на 20—50%.

При испытаниях древесины также определяют модуль упругости:

$$E = 3 \times P \times l / (64b \times h^3 \times f),$$

где P — нагрузка, равная разности между верхними и нижними пределами измерения, Н;
 l — расстояние между опорами (на которых располагается образец древесины), мм;
 b и h — ширина и высота образца, мм;
 f — прогиб, равный разности среднеарифметических значений прогиба при верхнем и нижнем пределах нагружения, мм.

6. Технологические свойства древесины

Технологические свойства: ударная вязкость, твердость, износоустойчивость, способность удерживать шурупы, гвозди и другие крепления, а также обрабатываемость режущими инструментами.

Ударная вязкость древесины — это ее способность поглощать усилия (работу) при ударе без разрушения. Чем больше величина работы, необходимой для излома образца, тем выше его вязкость. Ударную вязкость определяют по формуле:

$$A = Q/b \times h, \text{ Дж/см}^2,$$

где Q — работа, затрачиваемая на излом образца, Дж;

b и h — ширина и высота образца.

Твердость древесины — это ее способность сопротивляться вдавлению тела из более твердого материала — стального пуансона с полусферическим наконечником радиусом $r = 5,64$ мм на глубину 5,64 мм. При этом в конце нагружения по шкале силоизмерителя машины отсчитывают нагрузку P . После испытания в древесине остается отпечаток площадью 100 мм². Статическую твердость образца определяют в Н/мм по формуле:

$$H = P / \pi \times r^2,$$

где $\pi \times r^2$ — площадь отпечатка в древесине при вдавлении в нее полусферы радиусом r , мм.

Если имеет место раскалывание образцов в процессе испытаний, то пуансон вдавливают на меньшую глубину — 2,82 мм, а твердость определяют по формуле:

$$H = 4P / (3\pi \times r^2).$$

Все породы по твердости торцовой поверхности делят на три группы: мягкие — твердостью 40 Н/мм² и меньше, твердые — 41—80 Н/мм² и очень твердые — более 80 Н/мм².

Износостойкость древесины характеризует ее способность сопротивляться износу при трении о поверхность абразивных элементов или микронеровностей более твердого тела. При испытании на истирание создают условия, которые имитируют реальный процесс истирания древесины, используемой для полов, лестниц, настилов. Истирания производят на специальной машине. При этом показатель истирания t вычисляют в мм по формуле:

$$t = h \times (m_1 - m_2) / m_1,$$

где h — высота образца до истирания, мм;

m_1 и m_2 — масса образца соответственно до и после испытания, г.

Удельное сопротивление выдергиванию гвоздя или шурупа определяется по формуле:

$$P_{\text{уд.}} = P_{\text{max}} / l \text{ (Н/мм)},$$

где P_{max} — максимальная нагрузка при выдергивании гвоздей или шурупов;

l — длина забивки гвоздя или ввинчивания шурупа.

Способность древесины удерживать крепежные элементы зависит от ее породы, плотности и влажности. Сопротивление выдергиванию гвоздей, забитых в радиальном и тангенциальном направлениях, примерно одинаковое, но оно выше, чем при забивании гвоздей в торец образца.

Способность древесины к гнущю — наилучшая у бука, дуба, ясеня, хуже — у хвойных пород. Для улучшения податливости древесины перед гнущем ее пропаривают, затем после гнущя охлаждают и сушат в зафиксированном состоянии, в результате чего она приобретает стабильную изогнутую форму.

Способность древесины раскалываться — это процесс разделения ее вдоль волокон под действием нагрузки, передаваемой на клин. Это является отрицательным свойством древесины при забивании гвоздей близко от кромки, а также костьюлей, шурупов при ввинчивании, но положительным — при колке дров или заготовке колотых сортиментов.

ЛЕКЦИЯ № 5. Сплавы

1. Строение металлов

Металлы и их сплавы — основной материал в машиностроении. Они обладают многими ценными свойствами, обусловленными в основном их внутренним строением. Мягкий и пластичный металл или сплав можно сделать твердым, хрупким, и наоборот. Для того чтобы сознательно изменять свойства металлов, необходимо знать основы их кристаллического строения. Как известно, все тела состоят из большого количества атомов, которые удерживаются силами сцепления, совершая колебания большой частоты возле точек равновесия. Поскольку атомы разных металлов различны, каждый металл имеет свои определенные свойства. Эти свойства зависят от расположения атомов между собой, характера их связей, от расстояния между ними. Если изменить расстояние между атомами или порядок их расположения, изменятся и свойства металла. В аморфных телах — смоле, стекле, канифоли и т. п. — атомы расположены беспорядочно. В металлах они находятся в определенном геометрическом порядке, образуя кристаллы, поэтому металлы являются кристаллическими телами. Металлы различаются не только порядком расположения атомов, но и кристаллической решеткой, которая представляет собой воображаемую пространственную сетку, состоящую из элементарных ячеек, в узлах которой находятся атомы.

Различают следующие кристаллические решетки металлов с плотной упаковкой атомов: **кубическую объемно-центрированную, кубическую гранецентрированную и гексагональную**. В ячейке кубической объемно-центрированной решетки атомы расположены в вершинах и центре куба. Такая ячейка содержит девять атомов (хром, вольфрам, ванадий, молибден, литий, а при определенных температурах — железо и другие металлы).

В ячейке кубической гранецентрированной решетки атомы находятся в вершинах куба и на пересечении диагоналей каждой плоскости. Такая ячейка имеет 14 атомов (свинец, никель, медь, золото, серебро, платина, железо при определенных температурах и другие металлы).

В ячейке гексагональной кристаллической решетки атомы располагаются в вершинах и в центре шестигранных оснований призмы, а три атома — в средней ее плоскости, при этом такая ячейка содержит 17 атомов (магний, цинк, кадмий, осмий, бериллий и другие металлы).

При определенных условиях некоторые металлы — железо, титан, цирконий, стронций, кобальт, кальций и другие могут перестраиваться из одного вида кристаллической решетки в другой, например из кубической объемно-центрированной — в гранецентрированную и даже гексагональную. Элементарная ячейка отображает только один элемент, или одну ячейку, кристаллической решетки.

Вся кристаллическая решетка в реальном металле состоит из большого числа многократно повторяющихся элементарных ячеек. Большое значение имеет расстояние между атомами ячейки кристаллической решетки или между параллельными атомными плоскостями, образующими элементарную ячейку. Чем больше это расстояние, тем менее прочен металл. Расстояние между ними измеряется в ангстремах — $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$ или в нанометрах — $1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ нм}$.

Из практики известно, что железо прочнее меди, а медь прочнее алюминия.

2. Кристаллизация и структура металлов и сплавов

Порядок расположения атомов — тип кристаллической решетки — природное свойство металла, форма кристаллов и их размеры зависят от процесса перехода металла из жидкого состояния в твердое. Процесс образования кристаллов при затвердевании металлов называется **кристаллизацией**. При кристаллизации металлов выделяется тепло, а при переходе металлов из твердого состояния в жидкое происходит поглощение тепла. Наблюдения с помощью измеряющих температуру проборов за процессом понижения температуры

при переходе металла из жидкого состояния в твердое позволили установить определенную закономерность. Сначала температура понижается равномерно. В начальный период образования кристаллов вследствие выделения скрытой теплоты при формировании кристаллической решетки падение температуры прекращается, и она остается неизменной до полного затвердения металла. После того как весь металл затвердеет, температура снова начинает понижаться. Температура, соответствующая горизонтальной площадке, называется **критической**. Кристаллизация металлов подобна кристаллизации солей, и этот процесс состоит из двух элементарных процессов, протекающих одновременно. Первый заключается в образовании центров кристаллизации, или зародышей кристаллов, второй — в росте кристаллов из этих центров.

Первый этап — появление зародышей кристаллов металла. **Второй этап** — по мере остывания металла к зародышам присоединяются все новые и новые атомы жидкого металла, которые группируются в определенном порядке один возле другого, образуя элементарные ячейки кристаллической решетки. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не закончится кристаллизация. Причем кристаллы затвердевшего металла имеют неправильную и весьма разнообразную форму, что объясняется условиями кристаллизации.

В процессе кристаллизации увеличивается количество кристаллов — в 1 мм^3 может образоваться свыше 1000 кристаллов. Кристаллы, имеющие неправильную внешнюю форму, называются **кристаллитами**, или зернами. Чистые металлы относительно редко применяются в машиностроении и других отраслях хозяйственного комплекса. Более широко используются сплавы, состоящие из двух и более элементов (из двух металлов, например меди и цинка, или из металла и неметалла, например железа и углерода). Элементы, входящие в сплав, называются **компонентами**. В зависимости от расположения атомов в кристаллической решетке различают твердые растворы замещения и твердые растворы внедрения. В твердом растворе замещения атомы растворимого компонента замещаются атомами растворителя, а в твердом растворе внедрения атомы растворителя размещаются между атомами растворимого компонента в наиболее слабых местах элементов кристаллической решетки.

Сплавы, представляющие собой твердые растворы, отличаются ценными свойствами. Они тверже и прочнее, чем входящие в него компоненты.

Компоненты некоторых сплавов при кристаллизации могут входить в химическую связь, образуя химическое соединение. Химические соединения обладают очень высокой твердостью и хорошим электросопротивлением.

3. Диффузионные и бездиффузионные превращения

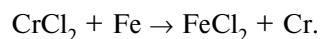
Под **диффузией** понимают перемещение атомов в кристаллическом теле на расстояния, превышающие средние межатомные расстояния данного металла. Если перемещения атомов не связаны с изменением концентрации в отдельных объемах, то такой процесс называется **самодиффузией**. Диффузия, сопровождающаяся изменением концентрации, называется **гетеродиффузией**. В тех случаях, когда гетеродиффузия сопровождается образованием новых фаз, что наиболее часто имеет место при химико-технической обработке, она называется **реактивной диффузией**.

В основе процесса диффузии лежит атомный механизм, при котором каждый атом совершает более или менее случайные блуждания. Диффузионные превращения в металлах происходят при различных химико-термических обработках — **хромировании, цементации, алотировании** (алюминирование) и т. д.

Хромирование обеспечивает повышенную жаростойкость стали до 800 °С, высокую коррозионную стойкость в таких средах, как пресная и морская вода, уксусная и фосфорная кислоты, и эрозионную стойкость при низкой и высокой температурах.

Хромирование сталей, содержащих более 0,3—0,4% углерода, повышает также твердость и износостойкость. При хромировании диффузионный слой состоит из раствора хрома в α -железе, а содержание хрома на поверхности составляет 25—50%.

При этом процессе в случае применения CrCl_2 протекает следующая реакция:



При термической обработке стали наблюдаются **бездиффузные**, или **аллотропические**, превращения в процессе вторичной кристаллизации. В частности, при температуре $+775\text{ }^{\circ}\text{C}$ в стали, содержащей 0,6% углерода, начинаются аллотропические превращения, т. е. выделение феррита из аустенита (твердого раствора углерода (до 2,14%)) и других примесей в объеме железа.

Феррит — твердый раствор небольшого количества углерода (до 0,04%) и других примесей в α -железе — мягкая, пластичная и недостаточно прочная структурная составляющая. Так как в феррите содержится ничтожное количество углерода, оставшийся аустенит будет постепенно, по мере выделения феррита, обогащаться углеродом. Когда концентрация углерода в оставшемся аустените достигнет 0,8%, при температуре $+727\text{ }^{\circ}\text{C}$ сталь, содержащая 0,6% углерода, будет иметь в своем составе феррит и аустенит, а при температурах ниже $+727\text{ }^{\circ}\text{C}$ — феррит и перлит, причем структура феррит — перлит сохранится без значительных изменений и при дальнейшем охлаждении стали вплоть до комнатной температуры. Аналогичные превращения характерны для всех доэвтектоидных сталей (содержащих менее 0,8% углерода). Разница будет лишь в температурах начала выделения феррита. Причем, если сталь содержит 0,8% углерода, ее вторичная кристаллизация будет протекать при постоянной температуре ($+727\text{ }^{\circ}\text{C}$) и сопровождаться только одним процессом — образованием перлита. Это объясняется тем, что в данном случае содержание углерода в стали соответствует эвтектоидному составу — механической смеси кристаллов, выделяющихся из жидкого сплава одновременно. При этом создается мелкозернистая структура сплава.

4. Классификация сплавов. Железо и его сплавы

Сталь и чугун — основные материалы в машиностроении. Они составляют 95% всех используемых в технике сплавов.

Сталь — это сплав железа с углеродом и другими элементами, содержащий до 2,14% углерода. **Углерод** — важнейшая примесь стали. От его содержания зависят прочность, твердость и пластичность стали. Кроме железа и углерода, в состав стали входят кремний, марганец, сера и фосфор. Эти

примеси попадают в сталь в процессе выплавки и являются ее неизбежными спутниками.

Чугун — сплав на железной основе. Отличие чугуна от стали заключается в более высоком содержании в нем углерода — более 2,14%. Наибольшее распространение получили чугуны, содержащие 3—3,5% углерода. В состав чугунов входят те же примеси, что и в стали, т. е. кремний, марганец, сера и фосфор. Чугуны, у которых весь углерод находится в химическом соединении с железом, называют белыми (по виду излома), а чугуны, весь углерод которых или большая его часть представляет графит, получили название серых. В белых чугунах всегда имеется еще одна структурная составляющая — ледебурит. Это эвтектика, т. е. равномерная механическая смесь зерен аустенита и цементита, получающаяся в процессе кристаллизации, в ней 4,3% углерода. Ледебурит образуется при температуре +1147 °С.

Феррит — твердый раствор небольшого количества углерода (до 0,04%) и других примесей в α -железе. Практически это чистое железо. **Цементит** — химическое соединение железа с углеродом — карбид железа.

Перлит — равномерная механическая смесь в сплаве феррита и цементита. Такое название эта смесь получила потому, что шлиф при ее травлении имеет перламутровый оттенок. Так как перлит образуется в результате процессов вторичной кристаллизации, его называют эвтектоидом. Он образуется при температуре +727 °С. В нем содержится 0,8% углерода.

Перлит имеет две разновидности. Если цементит в нем расположен в виде пластинок, его называют пластинчатым, если же цементит расположен в виде зерен, перлит называют зернистым. Под микроскопом пластинки цементита кажутся блестящими, потому что обладают большой твердостью, хорошо полируются и при травлении кислотами разъедаются меньше, чем пластинки мягкого феррита.

Если железоуглеродистые сплавы нагреть до определенных температур, произойдет аллотропическое превращение α -железа в γ -железо и образуется структурная составляющая, которая называется **аустенитом**.

Аустенит представляет собой твердый раствор углерода (до 2,14%) и других примесей в γ -железе. Способность углерода

растворятся в железе неодинаково при различных температурах. При температуре $+727\text{ }^{\circ}\text{C}$ ν -железо может растворять не более 0,8% углерода. При этой же температуре происходит распад аустенита с образованием перлита. Аустенит — мягкая структурная составляющая. Он отличается большой пластичностью, не обладает магнитными свойствами.

При изучении структурных составляющих железоуглеродистых сплавов установлено, что они при комнатной температуре всегда состоят из двух структурных элементов: мягкого пластичного феррита и твердого цементита, упрочняющего сплав.

5. Диаграммы состояния сплавов

Сплавы можно получать при соединении большинства металлов друг с другом, а также с неметаллами. Диаграммы состояния сплавов дают наглядное представление о протекающих в сплавах превращениях в зависимости от их химического состава и температуры.

При построении диаграмм состояния сплавов на оси абсцисс указывают химический состав или концентрацию сплава в процентах. Для этого горизонтальную линию определенной длины делят на сто одинаковых частей и каждое деление принимают за 1% одного из компонентов сплава.

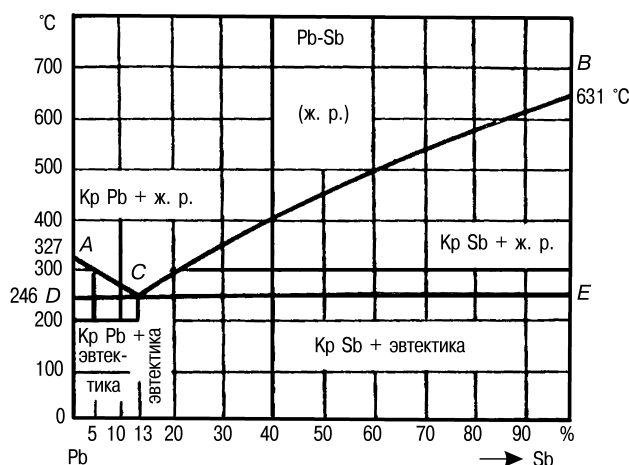


Рис. 5. Диаграмма состояния сплавов системы свинец-сурьма (Pb-Sb)

Точка *A* соответствует чистому свинцу, а точка *B* — чистой сурьме. По оси ординат в определенном масштабе указывают температуру. Для того чтобы построить диаграмму состояния сплавов, сначала строят ряд кривых охлаждения сплавов одних и тех же элементов с различной концентрацией.

На основе этих кривых строят диаграмму. Сплавы, компоненты которых при затвердевании образуют только механические смеси, относятся к первой группе. Диаграмма этих сплавов условно называется диаграммой состояния первого рода. Диаграмма сплавов, образующих при затвердевании только твердые растворы, называется диаграммой состояния второго рода. Наиболее типичными для диаграмм первого рода являются сплавы свинца с сурьмой.

Построение диаграммы (первого рода) состояния сплавов Pb-Sb:

- 1) кривые охлаждения доэвтектических сплавов;
- 2) диаграмма состояния сплавов Pb-Sb;
- 3) кривые охлаждения заэвтектических сплавов.

Диаграмма построена для пяти видов сплава свинца с сурьмой:

- 1) 5% сурьмы и 95% свинца;
- 2) 10% сурьмы и 90% свинца;
- 3) 20% сурьмы и 80% свинца;
- 4) 40% сурьмы и 60% свинца;
- 5) 80% сурьмы и 20% свинца.

Все они имеют две **критические температуры**: верхнюю и нижнюю. Изучение процессов кристаллизации этих сплавов показывает, что верхняя критическая температура соответствует началу, а нижняя — концу затвердевания сплава. Таким образом, процесс кристаллизации сплавов Pb-Sb резко отличается от кристаллизации чистых металлов. Сплавы кристаллизуются в интервале температур, а чистые металлы — при постоянной температуре.

Механическая смесь кристаллов, выделяющихся из жидкого сплава одновременно, называется **эвтектикой** (в переводе с греческого — «хорошо сложенный»). Сплавы указанной концентрации называют **эвтектическими**. Линия *ACB* на диаграмме называется **линией ликвидуса** (в переводе с греческого — «жидкий»). Выше этой линии любой сплав свинца с сурьмой

находится в жидком состоянии. Линия *ДСВЕ* получила название линии **солидуса** (в переводе с греческого — «твердый»), или эвтектической линии. Точка *С* показывает состав эвтектики. Сплавы, расположенные левее этой точки, называют **доэвтектическими**, правее ее — **заэвтектическими**. В структуре доэвтектических сплавов, кроме эвтектики, всегда есть некоторое количество свинца, а в заэвтектических, кроме эвтектики, — сурьмы.

ЛЕКЦИЯ № 6. Механические свойства металлов

1. Деформация и разрушение

Приложение нагрузки вызывает **деформацию**. В начальный момент нагружение, если оно не сопровождается фазовыми (структурными) изменениями, вызывает только упругую (обратимую) деформацию. По достижении некоторого напряжения деформация (частично) становится необратимой (пластическая деформация), необратимо при этом изменяются и строение металла и, следовательно, его свойства. Зависимость деформации от напряжения изображается так называемой диаграммой растяжения. Условное напряжение:

$$\sigma = P / F_0 \text{ (кгс/мм}^2\text{)},$$

где P — сила;

F_0 — начальное сечение,

а ось абсцисс — относительная деформация:

$$\varepsilon = \Delta l / l,$$

где Δl — приращение длины,

l — начальная длина.

Тангенс угла наклона — прямой: $\operatorname{tg} \alpha = \sigma / \varepsilon = E$ — модуль нормальной упругости (в кгс/мм²) — характеризует жесткость материала (сопротивление упругому деформированию), которая определяется силами межатомного взаимодействия, зависящими в первом приближении от температуры плавления металла. Поскольку легирование и термическая обработка очень слабо влияют на температуру плавления, модуль нормальной упругости можно рассматривать как структурно нечувствительную характеристику. У всех сталей $E \approx 2 \times 10^4$ кгс/мм², а у алюминиевых сплавов $E \approx 0,7 \times 10^4$ кгс/мм².

Условное напряжение, при котором нарушается пропорциональная зависимость между ϵ и σ , есть предел упругости (или предел пропорциональности).

Для технических целей (кроме упругих элементов) малое отклонение от пропорциональной зависимости не считается существенным, и обычно считается, что пластическая деформация наступает тогда, когда остаточная необратимая деформация $\epsilon_{\text{пл}}$ становится равной 0,2%. Условное напряжение, при котором $\epsilon_{\text{пл}} = 0,2\%$, называется **пределом текучести** (на диаграмме — $\sigma_{0,2}$) и характеризует сопротивление материала малой пластической деформации. Истинное напряжение достигает максимального значения в точке Z — при окончательном разрушении образца. Для высокопрочных и малопластичных материалов $\sigma_B > 150 \text{ кгс/мм}^2$, относительное сужение ψ (изменение сужения) в месте разрыва (разрушения) равно менее 40%, а определяется ψ по формуле:

$$\psi = (F_0 - F_x)F_0,$$

где F_0 — сечение образца до разрушения;

F_x — сечение в момент максимальной деформации.

Разрушение может быть двух видов, которые можно назвать «разделение» (septide) и «разрушение» (wacture). Разделение типично для высокопластичных материалов (обычно это металлы высокой чистоты), деформирование которых после достижения точки σ_B приводит к 100%-му сужению без образования поверхности разрушения. Во всех других случаях сужение достигает какого-то значения, после чего образец разрушается с образованием поверхностей разрушения.

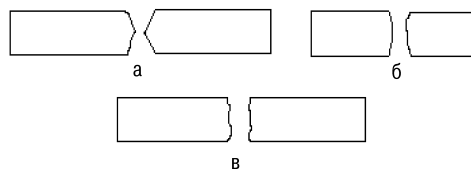


Рис. 6. Виды разорванных образцов: а — разделение; б — разрушение с предварительной пластической деформацией; в — разрушение без предварительной пластической деформации.

Процессу разрушения предшествуют: упругая деформация и пластическая деформация.

2. Механические свойства металлов

Механические свойства металлов определяются следующими характеристиками: предел упругости σ_E , предел текучести σ_T , предел прочности σ_B , относительное удлинение σ , относительное сужение ψ и модуль упругости E , ударная вязкость, предел выносливости, износостойкость.

Твердость, определяемая простейшими неразрушающими методами, зависит в основном от содержания углерода и условий термической обработки стали. Для грубой оценки прочности можно пользоваться следующим соотношением: $\sigma_B = HB/3$.

Все металлические детали машин в процессе эксплуатации подвергаются воздействию различных внешних нагрузок, которые могут производиться плавно, постепенно (статически) или мгновенно (динамически). Воздействуя на детали, внешние нагрузки изменяют их форму, т. е. деформируют. Свойство материалов из металла и сплавов принимать первоначальную форму после прекращения действия внешних сил называется **упругостью**, а деформация, исчезающая после снятия нагрузки, получила название **упругой**. Если к металлической детали приложить большие усилия и после прекращения их действия она не примет своей первоначальной формы, а останется деформированной, то такая деформация называется **пластической**. Способность металлических материалов и деталей деформироваться под воздействием внешних нагрузок, не разрушаясь, и сохранять измененную форму после прекращения действия усилий называется **пластичностью**. Материалы из металлов, не способные к пластическим деформациям, называются **хрупкими**.

Важным свойством материалов и деталей из металлов наряду с упругостью и пластичностью является **прочность**. Металлические детали или инструмент в зависимости от условий работы должны обладать определенными механическими свойствами — прочностью, упругостью, пластичностью.

При длительной эксплуатации металлические детали машин подвергаются **повторно-переменным нагрузкам** (растяжение — сжатие). При напряжениях, меньших предела текучести или предела упругости, они могут внезапно разрушиться. Это явление называется **усталостью металлов**. Пределом вынос-

ливости (усталости) называют максимальное напряжение, которое выдерживают материалы и детали из металлов, не разрушаясь, при достаточно большом числе повторно-переменных нагружений (циклов).

Для стальных образцов эту характеристику устанавливают при 10 млн циклов, для цветных металлов — при 100 млн циклов. Предел выносливости обозначают греческой буквой σ_{-1} и измеряют в Па.

В процессе работы многие детали машин нагреваются до высоких температур, достигающих 1000 °С и более. Для таких деталей важной характеристикой является **жаропрочность** — способность материалов из металлов и сплавов сохранять необходимую прочность при высоких температурах. У металлов и сплавов, работающих длительное время под нагрузкой при высоких температурах, наблюдается явление **ползучести**, т. е. непрерывная пластическая деформация под действием постоянной нагрузки (металл «ползет»).

3. Способы упрочнения металлов и сплавов

Поверхностное упрочнение металлов и сплавов широко применяется во многих отраслях промышленности, в частности в современном машиностроении. Оно позволяет получить высокую твердость и износостойкость поверхностного слоя при сохранении достаточно вязкой сердцевины, способствует повышению долговечности и усталостной прочности. Некоторые методы поверхностного упрочнения отличаются высокой производительностью. В ряде случаев они с большой эффективностью используются вместо обычных методов термической обработки. Существует большое количество деталей, к свойствам поверхностного слоя металла которых предъявляются иные требования, нежели к свойствам внутренних слоев. Например, зубья шестерен в процессе работы испытывают сильное трение, поэтому они должны обладать большой твердостью, однако иметь небольшую твердость и хорошую вязкость, с тем чтобы зубья не разрушались от толчков и ударов. Следовательно, зубья шестерен должны быть твердыми на поверхности и вязкими в сердцевине.

Наиболее распространенным способом упрочнения поверхностного слоя металлов и сплавов является **поверхност-**

ная закалка, при которой высокую твердость приобретает лишь часть поверхностного слоя деталей. Остальная часть не закаливается и сохраняет структуру и свойства, которые были до закалки. В настоящее время наибольшее распространение получила поверхностная закалка с индукционным нагревом токами высокой частоты. Этот высокопроизводительный прогрессивный метод термической обработки обеспечивает повышение механических свойств стали, в том числе предела текучести, усталости и твердости, исключает возможность обезуглероживания, уменьшает опасность окисления поверхности изделий и их деформации.

Детали сложной формы, ленточные пилы, режущий инструмент (фрезы, сверла), рычаги, оси подвергают импульсной поверхностной закалке. Для этого закаливаемую часть детали нагревают до температуры, превышающей температуру обычного нагрева данного материала под закалку, и затем охлаждают с большой скоростью за счет отвода тепла в остальную массу детали без применения охлаждающих сред. В результате импульсной закалки получают закаленный «белый» слой, устойчивый при отпуске до температуры 450 °С, обладающий мелкозернистой структурой, высокой твердостью и износостойкостью.

ЛЕКЦИЯ № 7. Железоуглеродистые сплавы

1. Диаграмма железо—цементит

Диаграмма железо—цементит охватывает состояние железоуглеродистых сплавов, которые содержат до 6,67% углерода.

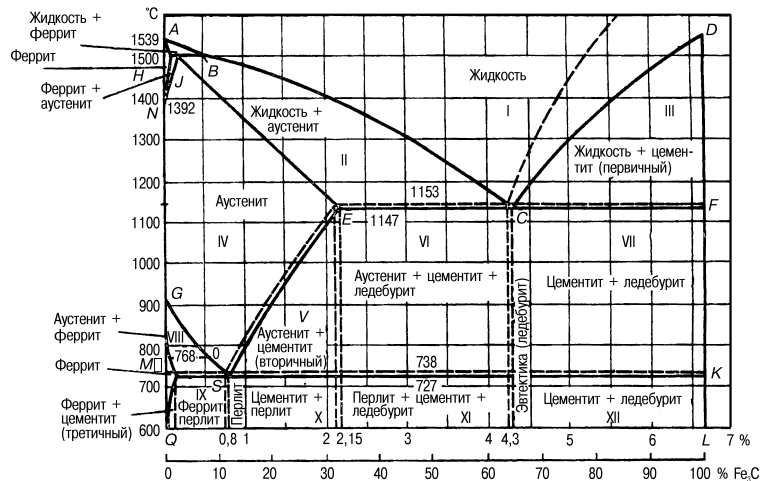


Рис. 7. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов (сплошные линии — система Fe-Fe₃C; штриховые — система Fe-C)

Углеродистые стали — это сплавы железа, содержащие до 2,14% углерода. Стали, имеющие в своем составе до 0,8% углерода, называются доэвтектоидными, 0,8% углерода — **эвтектоидными**, свыше 0,8 до 2,14% — **заэвтектоидными**. **Белые чугуны** — это сплавы железа, содержащие от 2,14 до 6,67% углерода.

При содержании от 2,14 до 4,3% углерода белые чугуны называются доэвтектическими, при 4,3—6,67% — заэвтектическими. На диаграмме железо—цементит показано состоя-

ние этого сплава при первичной и вторичной кристаллизации. Эти процессы характеризуются кривыми *ACD* и *AECF*.

Кривая *ACD* — линия **ликвидуса** — отображает температуры, при которых начинается затвердевание железоуглеродистых сплавов. Кривая *AECF* — линия **солидуса** — соответствует температурам, при которых процесс кристаллизации заканчивается. Линия *AE* относится к сталям, а линия *ACF* — к белым чугунам. Точка *A* характеризует температуру плавления чистого железа — +1539 °С, а точка *D* — температуру плавления цементита — +1600 °С. Точка *E* соответствует максимальному количеству углерода, которое может быть растворено в аустените при высоких температурах. Точка *C* указывает на состав эвтектики, она соответствует содержанию в сплаве 4,3% углерода. Температура образования эвтектики — +1147 °С. Линия *ECF* называется **эвтектической**, так как в любой ее точке происходит образование эвтектики (ледебурита).

На линии *CF* (заэвтектические чугуны) из жидкого сплава выделится тот компонент, который является избыточным по отношению к эвтектике, т. е. цементит. Так как цементит образуется при первичной кристаллизации, его называют первичным. На линии *CF* возникает эвтектика — **ледебурит**. Следовательно, в результате первичной кристаллизации заэвтектические чугуны будут состоять из первичного цементита и ледебурита.

Линия *ECF* (+1147 °С) называется **эвтектической**, так как на ней происходит образование механической смеси аустенита и цементита — ледебурита. Ледебурит имеет эвтектический состав, следовательно, его кристаллизация протекает при постоянной температуре +1147 °С. В результате первичной кристаллизации сталь получает структуру аустенита, характеризующуюся хорошей пластичностью и вязкостью. Поэтому такая сталь хорошо поддается обработке давлением при высоких температурах. Белые чугуны имеют в своем составе хрупкий и твердый ледебурит, который исключает возможность их обработки давлением даже при высоких температурах. Линия *PSK* на диаграмме характеризует температуру, при которой завершаются процессы вторичной кристаллизации. Для сталей, представленных на диаграмме, эта температура равна +727 °С. При температурах ниже +727 °С существенных превращений в сталях не наблюдается, структура,

полученная при +727 °С, сохраняется при дальнейшем охлаждении сплава (вплоть до комнатной температуры). Линия *PSK* называется **эвтектоидной**. Точка *S* диаграммы соответствует составу эвтектоида — **перлиту**.

2. Стали: классификация, автоматные стали

Стали служат материальной основой машиностроения, строительства и других отраслей промышленности. Стали являются основным сырьем для производства листового и профильного проката.

По способу производства стали разделяют на бессемеровскую, конверторную (с продувкой кислородом), мартеновскую, электросталь, тигельную и сталь, получаемую прямым восстановлением из обогащенной руды (окатышей); **по химическому составу** — на углеродистые и легированные; **по назначению** — на конструкционные, инструментальные, автоматные и стали с особыми свойствами.

Стали всегда содержат различные примеси. Чем меньше вредных примесей, тем выше качество стали. В зависимости от качества различают стали **обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные**.

Углеродистые стали обыкновенного качества относятся к числу наиболее дешевых и широко применяемых.

В зависимости от назначения углеродистые стали обыкновенного качества подразделяются на три группы: А — поставляемые по механическим свойствам, Б — поставляемые по химическому составу и В — поставляемые по механическим свойствам и химическому составу. В зависимости от нормируемых показателей (прочностная характеристика, химический состав) сталь каждой группы подразделяют на категории: группа А — 1, 2 и 3-я; группа Б — 1, 2-я; группа В — 1, 2, 3, 4, 5, 6-я.

Группа А включает стали следующих марок: Ст 0, Ст 1 кп, Ст 1 пс и т. д. до СТ всп. Буквы «Ст» означают «сталь», цифры от 0 до 6 — условный номер марки, характеризующий механические свойства стали. С увеличением номера марки повышаются предел прочности σ_B и предел текучести σ_T и уменьшается относительное удлинение. Для обозначения степени раскисления после номера марки ставятся индексы: кп — ки-

пящая, пс — полуспокойная, сп — спокойная (например, Ст 3 кп, Ст 3 пс, Ст 3 сп).

В группу Б входят стали следующих марок: БСт 0, БСт 1 кп и т. д. до БСт 6 кп. Для стали группы Б предусмотрены две категории. В первую категорию входят стали всех марок, содержащие следующие химические элементы: углерод, марганец, кремний, фосфор, серу, мышьяк, азот. Ко второй категории относятся стали марок от БСт 1 до БСт 6, имеющие в своем составе хром, никель и медь.

В группу В входят стали марок ВСт 1, ВСт 2, ВСт 3, ВСт 4 и ВСт 5. Добавляемые к марке индексы пс, сп и кп означают степень раскисления стали, например: ВСт 3 сп, ВСт 3 гпс и т. д. Буква «г» после номера указывает на повышенное содержание марганца.

Для автоматизированных металлорежущих станков металлургической промышленностью производятся специальные автоматные стали, способные образовывать ломкую, легко сходящую и легко удаляемую стружку. Это стали повышенной и высокой обрабатываемости резанием. Высокая обрабатываемость таких сталей достигается за счет увеличения содержания серы и фосфора (до 0,35%), а также введения свинца (до 0,35%).

Автоматные стали применяются в крупносерийном и массовом производствах. Из них изготавливают детали неотвественного назначения для автомобилей и тракторов (крепеж, оси, втулки и др.).

3. Чугуны: белые, серые, высокопрочные, ковкие

Чугун — первичный продукт переработки железных руд путем плавки в доменных печах. В структуре чугунов могут быть разные составляющие в зависимости от того, какая часть углерода оказывается в структурно-свободном состоянии. Это же определяет название чугунов: белый, серый, высокопрочный, ковкий.

Чугун — самый распространенный железоуглеродистый литейный материал, содержащий свыше 2% углерода, до 4,5% — кремния, до 1,5% — марганца, до 1,8% — фосфора и до 0,08% — серы. Чугун обладает высокими литейными свойствами, поэтому широко используется в литейном производ-

стве в качестве конструкционного материала. Из чугуна, имеющего невысокий коэффициент трения, изготавливают подшипники скольжения.

Белый чугун представляет собой сплав железа с углеродом в виде карбида железа Fe_3C , т. е. углерод находится в связанном состоянии в виде химического соединения — цементита. Содержание углерода в белом чугуне колеблется в пределах от 2,14 до 6,67%, причем первичная структура белых чугунов может содержать ледебурит, аустенит и первичный цементит. Кроме того, в микроструктуру белых доэвтектических чугунов входят перлит, вторичный цементит и ледебурит — при комнатных температурах. При содержании от 2,14 до 4,3% углерода белые чугуны называются доэвтектическими, при 4,3% — эвтектическими и при 4,3–6,67% — заэвтектическими.

Серый чугун широко применяется в машиностроении. Такое название он получил по серому цвету излома, обусловленному наличием в структуре чугуна свободного углерода в виде графита. Металлургическая промышленность выпускает одиннадцать марок серых чугунов: СЧ 10 — из него изготавливают детали, для которых прочностная характеристика не является обязательной, — запорную арматуру (вентили, клапаны, задвижки), сковороды, крышки и так далее; СЧ 15, СЧ 18 — из них изготавливают рычаги, шкивы, фланцы, звездочки, корпусные малонагруженные детали.

Высокопрочный чугун получают путем введения магния — до 0,9% и церия — до 0,05% в жидкий серый чугун перед разливкой его в формы.

Высокопрочный чугун имеет более высокое содержание углерода и кремния и пониженное содержание марганца. В этом чугуне сочетаются ценные свойства стали и чугуна. В обозначение их марок входят два числа — первое указывает предел прочности на разрыв, второе — относительное удлинение.

Всего выпускают десять марок высокопрочного чугуна. Например: ВЧ 38-17, ВЧ 42-12, ВЧ 45-5, ВЧ 50-7, ВЧ 100-2, ВЧ 120-2. Из высокопрочных чугунов изготавливают многие детали, в том числе фасонные, корпуса и станины станков, гильзы, цилиндры, зубчатые колеса и т. д.

Выпуска 11 марок ковкого чугуна, причем маркируется он по тому же принципу, что и высокопрочный. Ковкие чугуны

могут иметь ферритную, перлитную и ферритил-перлитную металлическую основу.

Чугуны ферритного класса КЧ 35-10 и КЧ 37-12 используют для производства деталей, эксплуатируемых при высоких динамических и статических нагрузках, — картеров, редукторов, ступиц и т. д., а чугуны марок КЧ 30-6 и КЧ 33-8 — для изготовления менее ответственных деталей — хомутов, гаек, вентилях, колодок и т. д.

ЛЕКЦИЯ № 8. Способы обработки металлов

1. Влияние легирующих компонентов на превращения, структуру, свойства сталей

Легирующие компоненты или элементы, вводимые в стали в зависимости от их взаимодействия с углеродом, находящемся в железоуглеродистых сплавах, подразделяют на карбидообразующие и некарбидообразующие. К первым относятся все элементы, расположенные в периодической системе элементов левее железа, — марганец, хром, молибден и т. д. Правее железа располагаются элементы, не образующие карбидов, — кобальт, никель и т. д.

Первые, как и вторые, легирующие элементы растворяются в α - или ν -железе, однако содержание карбидообразующих элементов в этих фазах железа меньше, чем вводимое в сталь, так как определенное их количество связывается с углеродом. При этом растворение легирующих элементов в α - и ν -фазах ведет к изменению периода кристаллической решетки. Элементы с большим атомным радиусом увеличивают его (W, Mo и др.), а с меньшим (Si) — уменьшают.

При близости атомных размеров (Mn, Ni, Cr) периоды кристаллической решетки изменяются слабо. Как показывают исследования, прочность феррита изменяется пропорционально периоду его решетки. Карбиды в легированных сталях являются твердыми растворами на основе того или иного соединения: Fe_3C , Fe_3Mo_3C , Fe_3W_3C и т. д.

В легированных сталях выделяются две группы карбидов: группа I — M_3C , $M_{23}C_6$, M_7C_3 и M_6C и группа II — MC , M_2C (M — легирующий компонент — элемент). Карбиды I группы имеют сложную кристаллическую решетку и при соответствующем нагреве достаточно хорошо растворимы в аустените. Карбиды II группы имеют простую кристаллическую решетку, но растворяются в аустените лишь частично и при очень высокой температуре.

Некарбидообразующие элементы (легированные) содержатся в легированных сталях в виде твердого раствора в феррите. Карбидообразующие легированные элементы могут находиться в различных структурных состояниях: они могут быть растворены в феррите или цементите $(FeCr)_3C$ или существовать в виде самостоятельных структурных составляющих — специальных карбидов: WC , MoC и др. Местоположение карбидообразующих элементов в структуре стали зависит от количества введенных легирующих элементов и содержания углерода. Легирующие элементы, растворенные в феррите, искажают его кристаллическую решетку; уменьшают теплопроводность и электропроводность стали. Карбиды легирующих элементов отличаются весьма высокой твердостью (70—75 HRC) и износостойкостью, но обладают значительной хрупкостью. Они играют очень важную роль в производстве инструментальных сталей.

Как показали исследования, конкретному сечению стали должно соответствовать определенное количество легирующих элементов, иначе ухудшаются такие ее технологические свойства, как обработка резанием, свариваемость и др. Например, если содержание хрома или марганца превышает 1%, увеличивается порог хладноломкости стали (порог хладноломкости, или критическая температура хрупкости, — это температура перехода металла от вязкого разрушения к хрупкому, и наоборот).

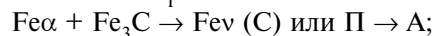
2. Теория термической обработки

Задача термической обработки — путем нагрева и охлаждения вызвать необратимое изменение свойств вследствие необратимого изменения структуры. Любой вид термической обработки обычно изображается в координатах температура — время.

Собственно термическая обработка не предусматривает какого-либо иного воздействия, кроме температурного.

При термической обработке стали происходят следующие основные превращения:

1) превращение перлита в аустенит, происходящее при нагреве выше точки A_{c1} :



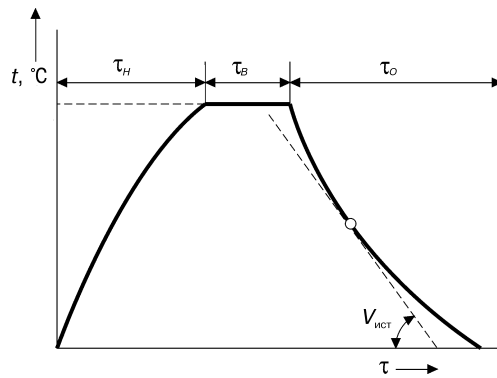
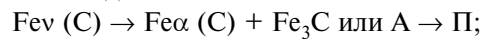
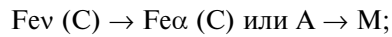


Рис. 8. График термической обработки: τ_n — время нагрева, τ_b — время выдержки, τ_o — время охлаждения; t_{max} — максимальная температура; $t_{ист.}$ — истинная скорость охлаждения при данной температуре, $v = t_{max}$ — средняя скорость охлаждения

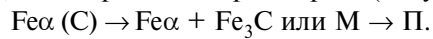
2) превращение аустенита в перлит, происходящее при медленном охлаждении из v -области:



3) превращение аустенита в мартенсит, происходящее при быстром охлаждении из v -области:



4) превращение мартенсита при нагреве (отпуске):



Описание структурных превращений, происходящих в стали при термической обработке, является одновременно и теорией термической обработки.

Превращение перлита в аустенит — необходимый этап для многих видов термической обработки.

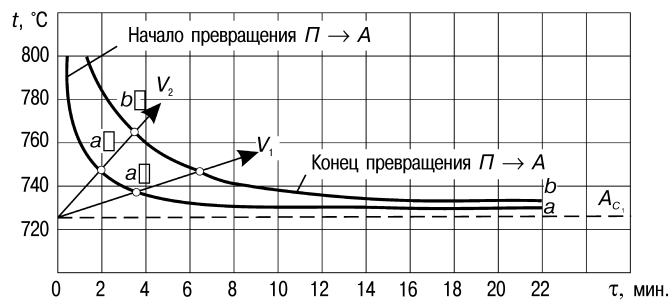


Рис. 9. Диаграмма изотермического превращения перлита (П) в аустенит

Сталь с содержанием (А) углерода 0,8%.

Превращение перлита в аустенит реализуется при нагреве выше значения A_{c1} , причем с повышением температуры оно непрерывно ускоряется. При непрерывном нагреве с различной скоростью лучи v_1 и v_2 превращения начинаются в точке a' (a'') и заканчиваются в точке b' (b''), которая тем выше, чем больше скорость нагрева. В связи с этим чем быстрее нагрев, тем выше должна быть температура нагрева стали, для того чтобы вызвать полное превращение перлита в аустенит, включая полное растворение карбидов и гомогенизацию аустенита.

В интервале между точками $a'b'$ ($a''b''$) превращение идет с разной скоростью, но приблизительно в середине интервала превращение идет с сильным поглощением теплоты настолько бурно, что на кривой нагрева образуется площадка. Это обычно и есть экспериментально определяемая температура превращения A_{c1} .

При исходной перлитной структуре образование аустенита идет из многих центров, и тотчас после окончания превращения перлита в аустенит образуется мелкозернистый аустенит.

Дальнейший нагрев ведет к росту зерна аустенита, осуществляемого по одному из следующих механизмов: путем слияния мелких зерен в крупные, путем миграции границ зерен. Процесс слияния происходит при более низкой температуре (от +900 до +1000 °С), чем миграция (> +1100 °С), но приводит к образованию отдельных более крупных зерен, т. е. к разнородности.

При термической обработке механические свойства стали могут изменяться в очень широких пределах. Так, например, твердость стали, содержащей 0,8% углерода, после такой обработки возрастает до 160—600 МВ.

3. Диаграмма изотермического превращения аустенита

На рис. 10 представлена диаграмма изотермического превращения аустенита стали, содержащей 0,8% углерода.

По оси ординат откладывается температура. По оси абсцисс — время.

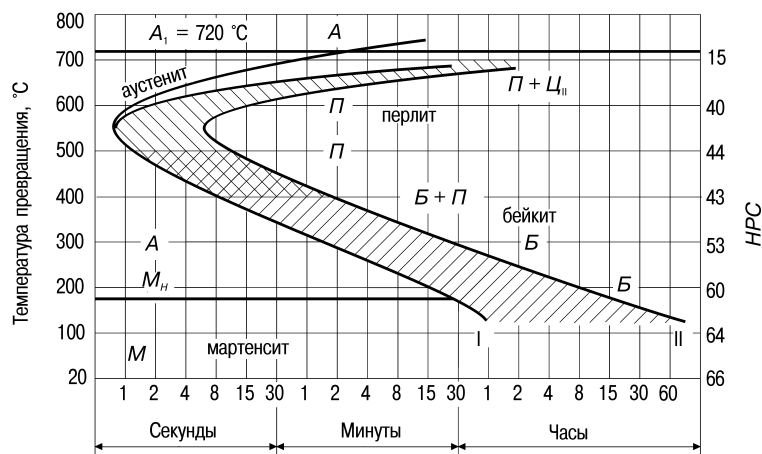


Рис. 10. Диаграмма изотермического превращения аустенита стали, содержащей 0,8% углерода

Для изучения изотермического превращения аустенита небольшие образцы стали нагревают до температур, соответствующих существованию стабильного аустенита, т. е. выше критической точки, а затем быстро охлаждают, например до +700, +600, +500, +400, +300 °С и т. д., и выдерживают при этих температурах до полного распада аустенита. Изотермическое превращение аустенита эвтектоидной стали происходит в интервале температур от +727 до +250 °С (температуры начала мартенситного превращения — M_n). На диаграмме — две С-образные кривые. Кривая I указывает время начала превращения, кривая II — время конца превращения переохлажденного аустенита. Период до начала распада аустенита называют инкубационным. При +700 °С превращение аустенита начинается в точке *a* и заканчивается в точке *b*, в результате этого процесса образуется перлит. При температуре +650 °С распад аустенита происходит между точками a_1 и b_1 . В этом случае образуется сорбит — тонкая (дисперсная) механическая смесь феррита и цементита. Сталь, в которой доминирует структура сорбита, имеет твердость 30—40 HRC. Такая сталь обладает высокой прочностью и пластичностью. Устойчивость аустенита в значительной мере зависит от степени переохлаждения. Наименьшую устойчивость аустенит имеет при температурах, близких к +550 °С. Для эвтектоидной стали время устойчивости аустенита при температурах от

+ 550 до +560 °С — около 1 с. По мере удаления от температуры +550 °С устойчивость аустенита возрастает. Время устойчивости при +700 °С составляет 10 с, а при +300 °С — около 1 мин. При охлаждении стали до +550 °С (точки начала и конца распада — a_2 и b_2 соответственно — на диаграмме) аустенит превращается в троостит — смесь феррита и цементита, которая отличается от перлита и сорбита высокой степенью дисперсности составляющих и обладает повышенной твердостью (40—50 HRC), прочностью, умеренной вязкостью и пластичностью. Ниже температуры +550 °С в результате промежуточного превращения аустенита (в температурном интервале, расположенном ниже перлитного, но выше мартенситного превращения) образуется структура бейнита, состоящая из смеси насыщенного углеродом феррита и карбидов (цементита). При медленном охлаждении аустенит превращается в перлит, а при большой скорости охлаждения переохлажденный аустенит полностью переходит в сорбит. При еще больших скоростях охлаждения образуется новая структура — троостит. При наибольших скоростях охлаждения образуется только мартенсит, т. е. пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе. Скорость охлаждения, при которой из аустенита образуется только мартенсит, называют критической скоростью закалки. Аустенит, который сохраняется в структуре стали при комнатной температуре наряду с мартенситом, называют остаточным. Закаленные высоколегированные стали содержат остаточный аустенит в больших количествах, а низкоуглеродистые его почти не имеют.

4. Виды и разновидности термической обработки: отжиг, закалка, отпуск, нормализация

Термическую обработку металлов и сплавов, а также изделий из них применяют для того, чтобы вызвать необратимое изменение свойств вследствие необратимого изменения структуры.

Термическая обработка подразделяется на следующие виды: **собственно термическая, химико-термическая и деформационно-термическая**. Собственно термическая обработка не предусматривает какого-либо иного воздействия, кроме температурного. Если при нагревах изменяется состав металла

(сплава) — его поверхностных слоев — в результате взаимодействия с окружающей средой, то такая термическая обработка называется **химико-термической (ХТО)**, а если наряду с температурным воздействием производится еще и деформация, вносящая соответствующий вклад в изменение структуры, то такая термическая обработка называется **деформационно-термической**. В свою очередь деформационно-термическая обработка подразделяется на термомеханическую (ТМО), механотермическую (МТО) и др.

Разные виды деформационно-термической обработки разделяются в зависимости от характера фазовых превращений и способа деформации.

Собственно термическая обработка подразделяется на: отжиг первого и второго рода, закалку с полиморфным превращением и закалку без полиморфного превращения, отпуск и нормализацию.

Отжиг вообще — это процесс термической обработки, при котором металл сначала нагревают до определенной температуры, выдерживают заданное время при этой температуре, а затем медленно охлаждают, чаще всего вместе с печью. Отжиг первого рода — нагрев металла, который имеет неустойчивое состояние в результате предшествовавшей обработки (кроме закалки), приводящий металл в более устойчивое состояние. Основные подвиды: гомогенизационный отжиг, рекристаллизационный отжиг, отжиг для снятия внутренних напряжений. Отжиг второго рода — нагрев выше температуры превращения с последующим медленным охлаждением для получения стабильного структурного состояния сплава.

Закалка с полиморфным превращением — нагрев выше температуры полиморфного превращения с последующим достаточно быстрым охлаждением для получения структурно-неустойчивого состояния. Закалка без полиморфного превращения — нагрев до температур, вызывающих структурные изменения (чаще всего для растворения избыточной фазы) с последующим быстрым охлаждением для получения структурно-неустойчивого состояния — пересыщенного твердого раствора. **Отпуском** называется процесс термической обработки, при котором закаленная сталь нагревается ниже критической точки A_{c1} , выдерживается определенное время, а затем охлаждается.

Нормализация — один из видов термической обработки. При нормализации сталь нагревают до температур, на 30—50 °С превышающих верхние критические температуры, затем выдерживают необходимое время, а потом охлаждают на спокойном воздухе для получения тонкопластинчатой перлитной структуры. От отжига нормализация отличается более быстрым охлаждением.

5. Поверхностная закалка

Поверхностной называется такая закалка, при которой высокую твердость приобретает лишь часть поверхностного слоя стали или сплава. Она отличается от других способов закаливания методом нагрева.

При такой обработке до температуры закаливания нагревают только поверхностный слой изделия. Причем при быстром охлаждении лишь этот слой подвергается закалке. Остальная часть не закаливается и сохраняет структуру и свойства, которые были до закаливания. В настоящее время наибольшее распространение получила поверхностная закалка с индукционным нагревом токами высокой частоты. Этот метод термической обработки создает предпосылки для комплексной механизации и автоматизации процесса закаливания.

Индукционный нагрев металла достигается путем индукцирования вихревых токов, которые сосредоточиваются в поверхностном слое изделия и нагревают его на определенную глубину. Продолжительность нагрева токами высокой частоты весьма мала — она исчисляется секундами. При закалке небольших изделий производят нагрев и охлаждение всей их поверхности. Закалку изделий значительной длины проводят непрерывно-последовательным нагревом. Для охлаждения применяются вода.

Для поверхностной закаливания крупных изделий в единичном и мелкосерийном производстве, а также при ремонтных работах применяют нагрев пламенем, чаще всего ацетиленокислородным, температура которого равна +3150 °С. При этом методе закаливания толщина закаленного слоя составляет 2—5 мм, твердость его такая же, как при обычной закалке.

В крупносерийном и массовом производстве при установленном технологическом процессе, когда длительное вре-

мя изготавливаются одни и те же изделия из стали определенных марок например ведущие колеса гусеничных тракторов, используется поверхностная закалка в электролите — 14—16%-ном водном растворе кальцинированной соды. Закаливаемое изделие присоединяют к отрицательному полюсу генератора постоянного тока и опускают в ванну с электролитом.

Погруженное на заданную глубину изделие нагревается за несколько секунд, после чего ток выключают. Как правило, тот же электролит является и охлаждающей средой.

При нагреве в электролите происходят электролитические и электроэрозионные процессы, которые очищают нагреваемую поверхность изделий от окисных пленок, ухудшающих теплопередачу. Скорость нагрева в электролите — до +150 °С/с.

Существует еще метод импульсной поверхностной закалки. При нем применяют высокочастотные генераторы, работающие в импульсном режиме, конденсаторы, аппаратуру для точечной сварки или лазерные установки. Такая закалка позволяет исключить деформации, трещины, повысить коррозионную стойкость деталей, заменить в некоторых случаях легированную сталь на углеродистую.

Кроме вышеперечисленных способов поверхностной закалки, применяется поверхностная закалка в псевдооживленной среде. Псевдооживленная среда («кипящий» слой) представляет собой твердые частицы кварцевого песка или другого сыпучего материала, интенсивно перемешиваемого воздушным или газовым потоком. Эту же среду используют и для охлаждения.

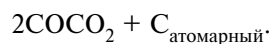
6. Химико-термическая обработка: цементация, нитроцементация

Для изменения химического состава, структуры и свойств поверхностного слоя деталей осуществляется их тепловая обработка в химически активной среде, называемая химико-термической обработкой. При ней происходят следующие процессы: распад молекул и образование атомов диффундирующего элемента (диссоциация), поглощение атомов поверхностью (адсорбция) и проникновение атомов вглубь металла (диффузия). **Цементация** — диффузионное насыщение

поверхностного слоя детали углеродом. После цементации выполняется термическая обработка — закалка и низкий отпуск. Такие детали должны иметь твердую закаленную поверхность, хорошо сопротивляющуюся истиранию, и вязкую сердцевину, способную выдерживать динамические нагрузки.

Цементации подлежат детали из стали, содержащей до 0,3% углерода. Поверхность деталей насыщается углеродом в пределах от 0,8 до 1% цементации, осуществляется в твердых, жидких и газообразных средах. В качестве карбюризатора в частности служит смесь древесного угля (60—90%) и углекислых солей бария (BaCO_3) и натрия (NaCO_3).

При нагреве углерод древесного угля соединяется с кислородом воздуха, образуя окись углерода (CO), которая разлагается с образованием атомарного углерода, диффундирующего в деталь:



С повышением температуры и времени выдержки толщина цементированного слоя увеличивается, глубина его достигает 0,5—2 мм на каждые 0,1 мм толщины слоя, требуется выдержка около 1 ч. При массовом и крупносерийном производствах хорошие результаты дает газовая цементация в специальных герметически закрытых печах. По сравнению с цементацией в твердом карбюризаторе газовая цементация дает возможность повысить скорость процесса, увеличить пропускную способность оборудования и производительность труда.

После цементации детали подвергают термической обработке для обеспечения высокой твердости поверхности, исправления структуры перегрева и устранения карбидной сетки в цементированном слое. Закалку производят при температуре +780—850 °С с последующим отпуском при +150—200 °С.

Нитроцементацией называется процесс химико-термической обработки, при котором происходит одновременное насыщение поверхностных слоев стальных изделий углеродом и азотом в газовой среде. После нитроцементации детали закаливают и затем подвергают низкому отпуску при температуре от +160 до +180 °С. Твердость поверхностного закаленного и нитроцементированного слоя — 60—62 HRC. При нитроцементации совмещают процессы газовой цементации и азоти-

рования. В газовую смесь входят эндогаз, до 13% природного газа и до 8% аммиака. В рабочее пространство шахтной печи вводят в виде капель жидкий карбюризатор — триэтанолламин.

Для легированных сталей процесс нитроцементации выполняют в атмосфере с минимальным количеством аммиака — до 3%.

7. Химико-термическая обработка: азотирование, ионное азотирование

Химико-термическая обработка — азотирование применяется с целью повышения твердости поверхности у различных деталей — зубчатых колес, гильз, валов и др. изготовленных из сталей 38ХМЮА, 38ХВФЮА, 18Х2Н4ВА, 40ХНВА и др. **Азотирование** — последняя операция в технологическом процессе изготовления деталей. Перед азотированием проводят полную термическую и механическую обработку и даже шлифование, после азотирования допускается только доводка со съемом металла до 0,02 мм на сторону. **Азотированием** называется химико-термическая обработка, при которой происходит диффузионное насыщение поверхностного слоя азотом. В результате азотирования обеспечиваются: высокая твердость поверхностного слоя (до 72 HRC), высокая усталостная прочность, теплостойкость, минимальная деформация, большая устойчивость против износа и коррозии. Азотирование проводят при температурах от +500 до +520 °С в течение 8—9 ч. Глубина азотированного слоя — 0,1—0,8 мм. По окончании процесса азотирования детали охлаждают до +200—300 °С вместе с печью в потоке аммиака, а затем — на воздухе.

Поверхностный слой не поддается травлению. Глубже него находится сорбитообразная структура. В промышленности широко применяется процесс жидкостного азотирования в расплавленных цианистых солях. Толщина азотированного слоя — 0,15—0,5 мм.

Азотированный слой не склонен к хрупкому разрушению. Твердость азотированного слоя углеродистых сталей — до 350 HV, легированных — до 1100 HV. Недостатки процесса — токсичность и высокая стоимость цианистых солей.

В ряде отраслей промышленности используется ионное азотирование, которое имеет ряд преимуществ перед газо-

вым и жидкостным. Ионное азотирование осуществляется в герметичном контейнере, в котором создается разреженная азотсодержащая атмосфера. Для этой цели применяются чистый азот, аммиак или смесь азота и водорода. Размещенные внутри контейнера детали подключают к отрицательному полюсу источника постоянной электродвижущей силы. Они выполняют роль катода. Анодом служит корпус контейнера. Между анодом и катодом включают высокое напряжение (500—1000 В) — происходит ионизация газа. Образующиеся положительно заряженные ионы азота устремляются к отрицательному полюсу — катоду. Возле катода создается высокая напряженность электрического поля. Высокая кинетическая энергия, которой обладали ионы азота, переходит в тепловую. Деталь за короткое время (15—30 мин) разогревается до от +470 до +580 °С, происходит диффузия азота вглубь металла, т. е. азотирование.

Ионное азотирование по сравнению с азотированием в печах позволяет сократить общую продолжительность процесса в 2—3 раза, уменьшить деформацию деталей за счет равномерного нагрева.

Ионное азотирование коррозионно-стойких сталей и сплавов достигается без дополнительной депассивирующей обработки. Толщина азотированного слоя — 1 мм и более, твердость поверхности — 500—1500 HV. Ионному азотированию подвергают детали насосов, форсунок, ходовые винты станков, валы и многое другое.

ЛЕКЦИЯ № 9. Классификация сталей и их назначение

1. Углеродистые и легированные конструкционные стали: назначение, термическая обработка, свойства

Из углеродистых качественных конструкционных сталей производят прокат, поковки, калиброванную сталь, сталь-серебрянку, сортовую сталь, штамповки и слитки. Эти стали являются основным материалом для изготовления таких деталей машин, как валы, шпиндели, винты, гайки, упоры, тяги, цилиндры гидроприводов, звездочки цепных передач, т. е. деталей различной степени нагружения. Различные специальные виды термообработки углеродистых сталей проводятся с целью обеспечения необходимых параметров вязкости, упругости и твердости. В конечном итоге термическая обработка данных сталей и деталей приводит к увеличению их износостойкости и надежности. Углеродистые качественные конструкционные стали обладают более высокими механическими свойствами, чем стали обыкновенного качества, за счет меньшего содержания в них фосфора, серы и других неметаллических включений. По видам обработки углеродистые конструкционные стали подразделяются на горячекатаные, кованые, калиброванные и серебрянку (со специальной отделкой поверхности). В зависимости от состояния материала указанные стали выпускаются без термической обработки, термически обработанные (Т) и нагартованные (Н). В соответствии с назначением горячекатаная и кованая углеродистые конструкционные стали делятся на подгруппы: «а» — для горячей обработки давлением; «б» — для механической обработки резанием на станках; «в» — для холодного волочения.

Легированными называют стали, которые, кроме обычных примесей (марганца, кремния, серы и фосфора), содержат

ряд элементов, специально вводимых в сталь при ее выплавке для получения заданных свойств. Эти элементы называют **легирующими**. В качестве легирующих элементов чаще всего применяют никель, хром, вольфрам, молибден, титан, ванадий, алюминий. Конструкционные легированные стали подразделяются на горячекатаную, кованую, калиброванную и сталь-серебрянку, применяемую в термически обработанном состоянии. Горячекатаная и кованая стали поставляются как в термически обработанном состоянии (отожженные, высокоотпущенные, нормализованные или нормализованные с высоким отпуском), так и без термообработки, стали калиброванная и серебрянка — нагартованными или термически обработанными (отожженными, отпущенными, нормализованными, закаленными с отпуском). Стандартом (ГОСТом) предусмотрен выпуск и изготовление 13 групп конструктивных легированных сталей, каждая из которых получила название по преобладающему в ней легирующему элементу. Например, хромистые легированные стали — 15X, 15Ха, 20X, 30X, 30ХРА, 35X, 38ХА, 40X, 45X, 50X; из этих сталей изготовляют детали, от которых наряду с высокой износостойкостью требуется минимальная деформация при термообработке, улучшенные и закаленные детали, работающие при средних скоростях и высоких удельных давлениях (шестерни, кольца, зубчатые рейки и т. д.), нагруженные детали автомобилей и тракторов, а также крупные детали, требующие высокой прокаливаемости и общей повышенной прочности.

2. Стали, устойчивые против коррозии

Стали, устойчивые против коррозии, — это нержавеющие стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии и коррозии под напряжением. К этим сталям относятся следующие марки: 20X13 (2X13), 08X13 (0X13), 25X13Н2 (2X14Н2, ЭИ474). Они применяются для изготовления деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам (клапанов гидравлических прессов), деталей, работающих в слабоагрессивных средах (при атмосферных осадках, в водных растворах солей, органических кислот); вы-

сокая коррозионная стойкость обеспечивается после термической обработки и полировки.

Сталь марки 14X14H12 (1X17H2, ЭИ268) применяется в основном в химической и авиационной промышленности; обладает достаточно удовлетворительными технологическими свойствами.

Сталь марки 15X25T (X25T, ЭИ439) применяется в производстве теплообменной аппаратуры (труб, соединительных фланцев, вентилей, кранов), работающей в агрессивных средах; используется в качестве заменителя стали марки 12X18M10T при изготовлении сварных конструкций, работающих в более агрессивных средах, чем среды, рекомендуемые для стали марки 08X17T; не рекомендуется применение этой стали (15X25T) при температурах +400—700 °С. 08X21H6M2T идет на изготовление деталей и сварных конструкций, работающих в средах повышенной агрессивности — уксуснокислых, сернокислых и фосфорнокислых; марки 10X17H13M2T, 10X17H13M3T используются для производства сварных конструкций, работающих в условиях действия кипящей фосфорной, серной и 10%-ной уксусной кислот, а также в сернокислых средах.

В ряде узлов механизмов подшипники работают в агрессивных средах и при повышенных температурах. В этих узлах используется в основном коррозионно-стойкая сталь 95 × 18. Микроструктура коррозионно-стойкой стали 95 × 18 — скрытоигольчатый мартенсит и избыточные карбиды, а микроструктура аналогичной стали 11 × 18 М — скрыто- и мелкокристаллический мартенсит и избыточные карбиды, но игольчатый мартенсит в стали 11 × 18 М не допускается. В случае работы подшипников при температурах от –200 °С до +120 °С наилучший комплекс механических и антикоррозионных свойств используемых сталей имеет место при следующем режиме термической обработки: подогрев — до +350 °С, окончательный нагрев при +1070 °С ± 20 °С, закалка — в масле с температурой от +30 до +60 °С, обработка холодом — при –70 °С и отпуск — от +150 до +160 °С.

Как показала многолетняя практика применения в различных отраслях промышленности, коррозионная стойкость сталей зависит от многих факторов:

- 1) от используемых легирующих элементов — хрома, никеля, алюминия, титана, молибдена, их сочетаний и про-

центного содержания в сплавах; например высокими антикоррозионными свойствами обладают хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые стали марок 15ХМ, 20ХМ, 30Х3МФ, 40ХМФА;

- 2) от термической или химико-термической обработки;
- 3) от качества обработки поверхности сталей и деталей, работающих в агрессивных средах («зеркальные» поверхности, как правило, более устойчивы к коррозии, чем шероховатые).

3. Жаропрочные стали и сплавы

Жаропрочные стали и сплавы относятся к третьей группе высоколегированных сталей. Их микроструктура после термической обработки должна состоять из скрыто- и мелкоигльчатого мартенсита или мелкоигльчатого мартенсита и избыточных карбидов легирующих элементов (MoC, CrC, NiC и т. д.).

К жаропрочным сталям и сплавам относятся:

- 1) 40Х9С2. Применяется для изготовления клапанов моторов и крепежных деталей, работающих в условиях высоких температур — около +1000 °С;
- 2) Х1560-Н. Используется для изготовления нагревательных элементов (рабочая температура нагревательных элементов +1000—1300 °С);
- 3) Х20Н80, Х20Н80-ВИ (выплавляется вакуумно-индукционным способом);
- 4) Х15Н60-Н-ВИ, Н50К10, Х13Ю4, ОХ23Ю5, ОХ23Ю5А, Ох27Ю5А. Из этих сплавов изготавливают термодатчики и термочувствительные элементы, проволоку и ленту для нагревательных печей, электрических аппаратов теплового действия, микропроволоку для резисторов неотчетливого назначения; указанные сплавы работают в интервале от +1000 до +1300 °С.

К жаропрочным сталям и сплавам относятся также следующие марки:

- 1) ХН60Ю. Применяется для изготовления деталей турбин (из листового проката), работающих при умеренных напряжениях, а также для нагревательных приборов сопротивления;

- 2) 20X23H18. Идет на изготовление деталей машин для химической и нефтяной промышленности, запорной арматуры для газопроводов, камер сгорания, а также для нагревательных приборов сопротивления;
- 3) 09X16H15M3Б. Используется в производстве труб пароперегревателей и трубопроводов высокого давления;
- 4) 12X18H10T, 12X18H12T, 12X18H9T. Применяются для изготовления деталей выхлопных систем и труб (из листового и сортового проката), сталь 12X18H12T более стабильна при эксплуатации, чем сталь марки 12X18H10T;
- 5) 40X15H7Г7Ф2МС. Идет на изготовление крепежных деталей, работающих при температуре +650 °С.

Жаропрочность сталей и сплавов зависит от состава легирующих элементов, их сочетания и концентрации. ГОСТ 5632-72 рекомендует оптимальные интервалы температур, при которых детали, изготовленные из жаропрочных сталей и сплавов, обладают наибольшей надежностью в работе. Кроме того, в стандарте для каждой марки стали или сплава указаны температура начала интенсивного окисления и срок работы деталей из них — кратковременный, ограниченный, длительный и весьма длительный. За кратковременный срок работы условно принимают время службы детали до 100 ч, ограниченный — до 1000 ч, длительный — до 10 000 ч и весьма длительный — до 100 000 ч.

Жаропрочные сплавы бывают высоколегированными и прецизионными. Прецизионные сплавы характеризуются высокой чистотой компонентов, их точным соотношением. Маркировка прецизионных сплавов немного отличается от маркировки легированных сталей и сплавов. ГОСТ 10994-74 регламентирует химический состав, основные физические свойства и области применения каждого сплава. Выше были перечислены жаропрочные прецизионные сплавы и указаны области их применения — H50K10, X13Ю4, OX23Ю5, X15H60-H и т. д.

4. Инструментальные материалы: инструментальные и быстрорежущие стали

Инструментальные легированные стали применяются для изготовления режущего и измерительного инструмента, а так-

же штампов. Стали, предназначенные для изготовления режущего инструмента (резцов, сверл, фрез и др.), должны обладать высокой твердостью ($HRC \geq 62$) и износостойкостью. Если обработка резанием выполняется в тяжелых условиях — большие скорости резания, обработка твердых металлов, большое сечение снимаемой стружки — то при этом затрачивается значительная механическая энергия, которая сопровождается сильным нагревом режущей кромки инструмента. Поэтому сталь, применяемая для изготовления инструмента, должна иметь высокую твердость и теплостойкость (или красностойкость). В сталях, используемых для изготовления штампов, должны сочетаться твердость и вязкость, а также термостойкость (способность сопротивляться резкому изменению температуры в виде устойчивости против появления трещин разгара).

Инструментальные легированные стали содержат карбидообразующие элементы: хром, вольфрам, молибден, марганец, ванадий. Эти стали имеют меньшую скорость охлаждения при закалке, за счет чего уменьшается опасность образования трещин, деформации и коробления.

Сталь поставляется горячекатаной, ковальной, калиброванной и шлифованной (серебрянка). Стандарт предусматривает две группы и пять подгрупп инструментальных легированных сталей. Содержание как серы, так и фосфора в них не должно превышать 0,03%, а содержание серы в стали, полученной методом электрошлакового переплава, не должно быть выше 0,015%. Стали для режущего и измерительного инструмента изготавливаются с неглубокой (7ХФ, 8ХФ, 11ХФ) и с глубокой прокаливаемостью (9Х1, Х, 12Х1, 9ХС, 8ГС, 8Х6НФТ). Из этих сталей изготавливаются метчики, плашки, сверла, фрезы, ножовочные полотна, калибры, шаблоны и т. д. Инструментальные быстрорежущие стали получили такое название потому, что изготовленные из них инструменты могут работать при больших скоростях резания, не теряя своих свойств. Замечательное свойство быстрорежущих сталей — высокая красностойкость, т. е. способность сохранять высокую твердость и режущую способность при нагревании до 600—650 °С. Красностойкость определяется в основном двумя факторами: химическим составом и термической обработкой. Быстрорежущие стали имеют сложный

химический состав. Наиболее важным легирующим элементом их является вольфрам (6—18%), а также ванадий (1—5%). Кроме того, во все быстрорежущие стали входит хром (3—4,5%), большая часть которого растворяется в кристаллической решетке железа. Для того чтобы придать быстрорежущим сталям высокие режущие свойства, их подвергают термической обработке по специальному режиму. Стандартом предусмотрен выпуск 14 марок быстрорежущих сталей, которые условно подразделяются на две группы: первая группа — стали, не содержащие кобальта, вторая группа — стали, содержащие повышенное количество кобальта и ванадия. Марки быстрорежущих сталей — P18, P12, P9, P6M3, P9K5.

ЛЕКЦИЯ № 10. Твердые и сверхтвердые сплавы

1. Твердые сплавы и режущая керамика

Твердые сплавы и режущую керамику получают с помощью методов порошковой металлургии. Порошковая металлургия — область техники, охватывающая совокупность методов изготовления металлических порошков из металлоподобных соединений, полуфабрикатов и изделий из них, а также из их смесей с неметаллическими порошками без расплавления основного компонента. Исходные материалы для твердых сплавов и металлокерамики — порошки — получают химическими или механическими способами. Формообразование заготовок (изделий) осуществляют в холодном состоянии либо при нагревании. Холодное формообразование происходит при осевом прессовании на механических и гидравлических прессах или при давлении жидкости на эластичную оболочку, в которую помещают порошки (гидростатический метод). Горячим прессованием в штампах под молотом (динамическое прессование) или газостатическим методом в специальных контейнерах за счет давления (15—400 тыс. Па) горячих газов получают изделия из плохо спекающихся материалов — тугоплавких соединений, которые применяются для изготовления твердых сплавов и металлокерамики. В состав таких спеченных тугоплавких соединений (псевдосплавов) включаются неметаллические компоненты — графит, глинозем, карбиды, придающие им особые свойства.

В инструментальном производстве получили широкое распространение твердые спеченные сплавы и режущая металлокерамика (металлы + неметаллические компоненты). **По содержанию основных компонентов** порошков в смеси твердые спеченные сплавы подразделяются на три группы: вольфрамовые, титановольфрамовые и титанотанталовольфрамовые, **по области применения** — на сплавы для обработ-

ки материалов резанием, оснащения горного инструмента, для наплавки быстро изнашивающихся деталей машин, приборов и приспособлений.

Физико-механические свойства твердых сплавов: предел прочности при изгибе — 1176—2156 МПа (120—220 КГС/мм²), плотность — 9,5—15,3 г/см³, твердость — 79—92 НРА.

Твердые сплавы для бесстружковой обработки металлов, наплавки быстро изнашивающихся деталей машин, приборов и приспособлений: ВК3, ВК3-М, ВК4, ВК10-КС, ВК20-КС, ВК20К. В обозначении марок твердых сплавов буква «К» означает — кобальт, «В» — карбид вольфрама, «Т» — карбиды титана и тантала; цифры соответствуют процентному содержанию порошков компонентов, входящих в сплав. Например, сплав ВК3 содержит 3% кобальта, остальное — карбид вольфрама.

Дефицит вольфрама обусловил необходимость разработки безвольфрамовых твердых сплавов, не уступающих по основным свойствам спеченным сплавам на основе карбидов вольфрама.

Безвольфрамовые и карбидохромовые твердые металлокерамические сплавы применяются в машиностроении для изготовления волок, вытяжных матриц, для распыления различных, в том числе абразивных, материалов, деталей трения, работающих при температурах до 900 °С, режущего инструмента для обработки цветных металлов.

2. Сверхтвердые материалы

Для изготовления различного режущего инструмента в настоящее время в различных отраслях промышленности, в том числе в машиностроительной, применяются три вида сверхтвердых материалов (СТМ): природные алмазы, поликристаллические синтетические алмазы и композиты на основе нитрита бора (эльбора).

Природные и синтетические алмазы обладают такими уникальными свойствами, как самая высокая твердость (HV 10 000 кгс/мм²), у них весьма малые: коэффициент линейного расширения и коэффициент трения; высокие: теплопроводность, адгезионная стойкость и износостойкость. Недостатками алмазов являются невысокая прочность на изгиб, хрупкость и растворимость в железе при относительно низ-

ких температурах (+750 °С), что препятствует использованию их для обработки железоуглеродистых сталей и сплавов на высоких скоростях резания, а также при прерывистом резании и вибрациях. **Природные алмазы** используются в виде кристаллов, закрепляемых в металлическом корпусе резца. Синтетические алмазы марок АСБ (балас) и АСПК (карбонадо) сходны по своей структуре с природными алмазами. Они имеют поликристаллическое строение и обладают более высокими прочностными характеристиками.

Природные и синтетические алмазы применяются широко при обработке медных, алюминиевых и магниевых сплавов, благородных металлов (золота, серебра), титана и его сплавов, неметаллических материалов (пластмасс, текстолита, стекло-текстолита), а также твердых сплавов и керамики.

Синтетические алмазы по сравнению с природными имеют ряд преимуществ, обусловленных их более высокими прочностными и динамическими характеристиками. Их можно использовать не только для точения, но также и для фрезерования.

Композит представляет собой сверхтвердый материал на основе кубического нитрида бора, применяемый для изготовления лезвийного режущего инструмента. По твердости композит приближается к алмазу, значительно превосходит его по теплостойкости, более инертен к черным металлам. Это определяет главную область его применения — обработка закаленных сталей и чугунов. Промышленность выпускает следующие основные марки СТМ: композит 01 (эльбор — Р), композит 02 (белбор), композит 05 и 05И и композит 09 (ПТНБ — НК).

Композиты 01 и 02 обладают высокой твердостью (HV 750 кгс/мм²), но небольшой прочностью на изгиб (40—50 кг/мм²). Основная область их применения — тонкое и чистовое безударное точение деталей из закаленных сталей твердостью HRC 55—70, чугунов любой твердости и твердых сплавов марок ВК 15, ВК 20 и ВК 25 (HRA 88-90), с подачей до 0,15 мм/об и глубиной резания 0,05—0,5 мм. Композиты 01 и 02 могут быть использованы также для фрезерования закаленных сталей и чугунов, несмотря на наличие ударных нагрузок, что объясняется более благоприятной динамикой фрезерной обработки. Композит 05 по твердости занимает

среднее положение между композитом 01 и композитом 10, а его прочность примерно такая же, как и композита 01. Композиты 09 и 10 имеют примерно одинаковую прочность на изгиб (70—100 кгс/мм²).

3. Материалы абразивных инструментов

Абразивные материалы делятся на естественные и искусственные. К первым относятся кварц, наждак, корунд и алмаз, а ко вторым — электрокорунд, карбид кремния, карбид бора, кубический нитрид бора и синтетические алмазы.

Кварц (П) — это материал, состоящий в основном из кристаллического кремнезема (98,5...99,5% SiO₂). Применяется для изготовления шлифовальных шкур на бумажной и тканевой основе в виде шлифовальных зерен в свободном состоянии.

Наждак (Н) — мелкокристаллическая окись алюминия (25...60% Al₂O₃) темно-серого и черного цветов с примесью окиси железа и силикатов. Предназначен для изготовления наждачного полотна и брусков.

Корунд (Е и ЕСБ) — минерал, состоящий в основном из кристаллической окиси алюминия (80...95% Al₂O₃) и незначительного количества других минералов, в том числе химически связанных с Al₂O₃. Зерна корунда тверды и при разрушении образуют раковистый излом с острыми гранями. Естественный корунд имеет ограниченное применение и используется главным образом в виде порошков и паст для доводочных операций (полирования).

Алмаз (А) — минерал, представляющий собой чистый углерод. Он имеет наиболее высокую твердость из всех известных в природе веществ. Из кристаллов и их осколков изготавливают однолезвийные режущие инструменты и алмазно-металлические карандаши для правки шлифовальных кругов.

Электрокорунды бывают четырех видов:

- 1) нормальный электрокорунд 1А, выплавляемый из бокситов, его разновидности — 12А, 13А, 14А, 15А, 16А;
- 2) белый, выплавляемый из глинозема, его разновидности — 22А, 23А, 24А, 25А;
- 3) легированные электрокорунды, выплавляемые из глинозема с различными добавками: хромистый 3А с разно-

видностями 32А, 33А, 34А и титанистый 3А с разновидностью 37А;

4) монокорунд А4, выплавляемый из боксита с сернистым железом и восстановителем с последующим выделением монокристаллов корунда.

Электрокорунды состоят из окиси алюминия Al_2O_3 и некоторого количества примесей.

Карбид кремния — химическое соединение кремния с углеродом (SiC). Обладает большей твердостью и хрупкостью, чем электрокорунды. В зависимости от процентного содержания карбида кремния этот материал бывает зеленого (6С) и черного (5С) цветов. Первый содержит не менее 97% кремния. Второй вид (черный) выпускают следующие разновидности: 52С, 53С, 54С и 55С. Из зерен зеленого карбида кремния изготавливают различные абразивные инструменты (например, шлифовальные круги) для обработки твердых сплавов и неметаллических материалов, а из зерен черного карбида кремния — инструменты (шлифовальные круги) для обработки изделий из чугуна, цветных металлов и для заточки режущих инструментов (резцов, сверл и т. д.).

Кубический нитрид бора (КНБ) — соединение бора, кремния и углерода. КНБ обладает твердостью и абразивной способностью, близкими к алмазу.

Синтетический алмаз (АС) имеет то же строение, что и природный. Физико-механические свойства синтетических алмазов хороших сортов аналогичны свойствам природных алмазов. Синтетические алмазы выпускают пяти марок: АСО, АСР, АСК, АСВ, АСС.

ЛЕКЦИЯ № 11. Сплавы цветных металлов

1. Цветные металлы и сплавы, их свойства и назначение

Ценные свойства цветных металлов обусловили их широкое применение в различных отраслях современного производства. Медь, алюминий, цинк, магний, титан и другие металлы и их сплавы являются незаменимыми материалами для приборостроительной и электротехнической промышленности, самолетостроения и радиоэлектроники, ядерной и космической отраслей техники. **Цветные металлы** обладают рядом ценных свойств: высокой теплопроводностью, очень малой плотностью (алюминий и магний), очень низкой температурой плавления (олово, свинец), высокой коррозионной стойкостью (титан, алюминий). В различных отраслях промышленности широко применяются сплавы алюминия с другими легирующими элементами.

Сплавы на магниевой основе отличаются малой плотностью, высокой удельной прочностью, хорошо обрабатываются резанием. Они нашли широкое применение в машиностроении и в частности в авиастроении.

Техническая медь, содержащая не более 0,1% примесей, применяется для различных видов проводников тока.

Медные сплавы по химическому составу классифицируются на латуни и бронзы. В свою очередь **латуни** по химическому составу подразделяются на простые, легированные только цинком, и специальные, которые, помимо цинка, содержат в качестве легирующих элементов свинец, олово, никель, марганец.

Бронзы также подразделяются на оловянные и безоловянные. **Безоловянные бронзы** имеют высокую прочность, хорошие антикоррозионные и антифрикционные свойства.

В металлургии широко используется магний, с помощью которого осуществляют раскисление и обессеривание неко-

торых металлов и сплавов, модифицируют серый чугу́н с целью получения графита шаровидной формы, производят трудно восстанавливаемые металлы (например, титан), смеси порошка магния с окислителями служат для изготовления осветительных и зажигательных ракет в реактивной технике и пиротехнике. Свойства магния значительно улучшаются за счет легирования. Алюминий и цинк с массовой долей до 7% повышают его механические свойства, марганец улучшает его сопротивление коррозии и свариваемость, цирконий, введенный в сплав вместе с цинком, измельчает зерно (в структуре сплава), повышает механические свойства и сопротивление коррозии.

Из магниевых сплавов изготавливают фасонные отливки, а также полуфабрикаты — листы, плиты, прутки, профили, трубы, проволоки. Промышленный магний получают электролитическим способом из магнезита, доломита, карналлита, морской воды и отходов различного производства по схеме: получение чистых безводных солей магния, электролиз этих солей в расплавленном состоянии и рафинирование магния. В природе мощные скопления образуют карбонаты магния — магнезит и доломит, а также карналлиты.

В пищевой промышленности широко применяется упаковочная фольга из алюминия и его сплавов — для обертки кондитерских и молочных изделий, а также в больших количествах используется алюминиевая посуда (пищеварочные котлы, поддоны, ванны и т. д.).

2. Медные сплавы

Медь относится к числу металлов, известных с глубокой древности. Раннему знакомству человека с медью способствовало то, что она встречается в природе в свободном состоянии в виде самородков, которые иногда достигают значительных размеров. В настоящее время медь широко используется в электромашиностроении, при строительстве линий электропередач, для изготовления оборудования телеграфной и телефонной связи, радио- и телевизионной аппаратуры. Из меди изготавливают провода, кабели, шины и другие токопроводящие изделия. Медь обладает высокой электропроводностью и теплопроводностью, прочностью,

вязкостью и коррозионной стойкостью. Физические свойства ее обусловлены структурой. Она имеет кубическую градицентрированную пространственную решетку. Ее температура плавления — +1083 °С, кипения — +2360 °С. Средний предел прочности зависит от вида обработки и составляет от 220 до 420 МПа (22—45 кгс/мм²), относительное удлинение — 4—60%, твердость — 35—130 НВ, плотность — 8,94 г/см³. Обладая замечательными свойствами, медь в то же время как конструкционный материал не удовлетворяет требованиям машиностроения, поэтому ее легируют, т. е. вводят в сплавы такие металлы, как цинк, олово, алюминий, никель и другие, за счет чего улучшаются ее механические и технологические свойства. В чистом виде медь применяется ограниченно, более широко — ее сплавы. По химическому составу медные сплавы подразделяют на латуни, бронзы и медноникелевые, по технологическому назначению — на деформируемые, используемые для производства полуфабрикатов (проволоки, листа, полос, профиля), и литейные, применяемые для литья деталей.

Латуни — сплавы меди с цинком и другими компонентами. Латуни, содержащие, кроме цинка, другие легирующие элементы, называются сложными, или специальными, и именуются по вводимым, кроме цинка, легирующим компонентам. Например: томпак Л90 — это латунь, содержащая 90% меди, остальное — цинк; латунь алюминиевая ЛА77-2 — 77% меди, 2% алюминия, остальное — цинк и т. д. По сравнению с медью латуни обладают большой прочностью, коррозионной стойкостью и упругостью. Они обрабатываются литьем, давлением и резанием. Из них изготавливают полуфабрикаты (листы, ленты, полосы, трубы конденсаторов и теплообменников, проволоку, штамповки, запорную арматуру — краны, вентили, медали и значки, художественные изделия, музыкальные инструменты, сальфоны, подшипники).

Бронзы — сплавы на основе меди, в которых в качестве добавок используются олово, алюминий, бериллий, кремний, свинец, хром и другие элементы. Бронзы подразделяются на безоловянные (БрА9Мц2Л и др.), оловянные (БрО3ц12С5 и др.), алюминиевые (БрА5, БрА7 и др.), кремниевые (БрКН1-3, БрКМц3-1), марганцевые (БрМц5), бериллиевые бронзы (БрБ2, БрБНТ1,7 и др.). Бронзы используются для

производства запорной арматуры (краны, вентили), различных деталей, работающих в воде, масле, паре, слабоагрессивных средах, морской воде.

3. Алюминиевые сплавы

Название «алюминий» происходит от латинского слова *alumen* — так за 500 лет до н. э. называли алюминиевые квасцы, которые использовались для протравливания при крашении тканей и дубления кож.

По распространенности в природе алюминий занимает третье место после кислорода и кремния и первое место среди металлов. По использованию в технике он занимает второе место после железа. В свободном виде алюминий не встречается, его получают из минералов — бокситов, нефелинов и алунитов, при этом сначала производят глинозем, а затем из глинозема путем электролиза получают алюминий. Механические свойства алюминия невысоки: сопротивление на разрыв — 50—90 МПа (5—9 кгс/мм²), относительное удлинение — 25—45%, твердость — 13—28 НВ.

Алюминий хорошо сваривается, однако трудно обрабатывается резанием, имеет большую линейную усадку — 1,8%. В чистом виде алюминий применяется редко, в основном широко используются его сплавы с медью, магнием, кремнием, железом и т. д. Алюминий и его сплавы необходимы для авиа- и машиностроения, линий электропередач, подвижного состава метро и железных дорог.

Алюминиевые сплавы подразделяются на литейные и деформируемые. Литейные сплавы алюминия выпускаются в чушках — рафинированные и нерафинированные.

Сплавы, в обозначении марок которых имеется буква «П», предназначены для изготовления пищевой посуды. Механические свойства сплавов зависят от их химического состава и способов получения. Химический состав основных компонентов, входящих в сплав, можно определить по марке. Например, сплав АК12 содержит 12% кремния, остальное — алюминий; АК7М2П — 7% кремния, 2% меди, остальное — алюминий. Наиболее широко применяется в различных отраслях промышленности сплав алюминия с кремнием — силумин, который изготавливается четырех марок — СИЛ-00,

СИЛ-0, СИЛ-1 и СИЛ-2. Кроме алюминия (основа) и кремния (10—13%), в этот сплав входят: железо — 0,2—0,7%, марганец — 0,05—0,5%, кальций — 0,7—0,2%, титан — 0,05—0,2%, медь — 0,03% и цинк — 0,08%. Из силуминов изготавливают различные детали для автомобилей, тракторов, пассажирских вагонов. Алюминиевые деформируемые сплавы в чушках, предназначенные для обработки давлением и для подшиповки при получении других алюминиевых сплавов, нормируются определенными стандартами. Сплавы для обработки давлением состоят из алюминия (основа), легирующих элементов (медь — 5%, магний — 0,1—2,8%, марганец — 0,1—0,7%, кремний — 0,8—2,2%, цинк — 2—6,5% и небольшого количества других примесей). Марки этих сплавов: ВД1, АД1, АД1-1, АКМ, из алюминиевых сплавов изготавливают полуфабрикаты — листы, ленты, полосы, плиты, слитки, слябы.

Кроме того, цветная металлургия производит алюминиевые антифрикционные сплавы, применяемые для изготовления монометаллических и биметаллических подшипников методом литья. В зависимости от химического состава стандартом предусмотрены следующие марки этих сплавов: АОЗ-7, АО9-2, АО6-1, АО9-1, АО20-1, АМСТ. Стандартом также определены условия работы изделий, изготовленных из этих сплавов: нагрузка от 19,5 до 39,2 МН/м² (200—400 кгс/см²), температура от 100 до 120 °С, твердость — от 200 до 320 НВ.

4. Титановые сплавы

Титан — металл серебристо-белого цвета. Это один из наиболее распространенных в природе элементов. Среди других элементов по распространенности в земной коре (0,61%) он занимает десятое место. Титан легок (плотность его 4,5 г/см³), тугоплавок (температура плавления 1665 °С), весьма прочен и пластичен. На поверхности его образуется стойкая окисная пленка, за счет которой он хорошо сопротивляется коррозии в пресной и морской воде, а также в некоторых кислотах. При температурах до 882 °С он имеет гексагональную плотно упакованную решетку, при более высоких температурах — объемно-центрированный куб. Механические свойства листового титана зависят от химического состава и способа терми-

ческой обработки. Предел прочности его — 300—1200 МПа (30—120 КГС/мм²), относительное удлинение — 4—10%. Вредными примесями титана являются азот, углерод, кислород и водород. Они снижают его пластичность и свариваемость, повышают твердость и прочность, ухудшают сопротивление коррозии.

При температуре свыше 500 °С титан и его сплавы легко окисляются, поглощая водород, который вызывает охрупчивание (водородная хрупкость). При нагревании выше 800 °С титан энергично поглощает кислород, азот и водород, эта его способность используется в металлургии для раскисления стали. Он служит легирующим элементом для других цветных металлов и для стали.

Благодаря своим замечательным свойствам титан и его сплавы нашли широкое применение в авиа-, ракето- и судостроении. Из титана и его сплавов изготавливают полуфабрикаты: листы, трубы, прутки и проволоку. Основными промышленными материалами для получения титана являются: ильменит, рутил, перовскит и сфен (титанит). Технология получения титана сложна, трудоемка и длительна: сначала вырабатывают титановую губку, а затем путем переплавки в вакуумных печах из нее производят ковкий титан.

Губчатый титан, получаемый магниитермическим способом, служит исходным материалом для производства титановых сплавов и других целей. В зависимости от химического состава и механических свойств стандартом установлены следующие марки губчатого титана: ТГ-90, ТГ-100, ТГ-110, ТГ-120, ТГ-130. В обозначении марок буквы «ТГ» означают — титан губчатый, «Тв» — твердый, цифры означают твердость по Бринеллю. В губчатый титан входят примеси: железо — до 0,2%, кремний — до 0,04%, никель — до 0,05%, углерод — до 0,05%, хлор — до 0,12%, азот — до 0,04%, кислород — до 0,1%. Для изготовления различных полуфабрикатов (листы, трубы, прутки, проволока) предназначены титан и титановые сплавы, обрабатываемые давлением. В зависимости от химического состава стандарт предусматривает следующие их марки: ВТ1-00, ВТ1-0, ОТ4-0, ОТ4-1, ОТ4, ВТ5, ВТ5-1, ВТ6, ВТ20, ВТ22, ПТ-7М, ПТ-7В, ПТ-1м. Основные компоненты: алюминий — 0,2—0,7%, марганец — 0,2—2%, молибден — 0,5—5,5%, ванадий — 0,8—5,5%, цирконий — 0,8—3%, хром —

0,5–2,3%, олово — 2–3%, кремний — 0,15–0,40%, железо — 0,2–1,5%. Железо, кремний и цирконий в зависимости от марки сплава могут быть основными компонентами или примесями.

5. Цинковые сплавы

Сплав цинка с медью — **латунь** — был известен еще древним грекам и египтянам. Но выплавка цинка в промышленных масштабах началась лишь в XVII в.

Цинк — металл светло-серо-голубоватого цвета, хрупкий при комнатной температуре и при 200 °С, при нагревании до 100–150 °С становится пластичным.

В соответствии со стандартом цинк изготавливается и поставляется в виде чушек и блоков массой до 25 кг. Стандарт устанавливает также марки цинка и области их применения: ЦВ00 (содержание цинка — 99,997%) — для научных целей, получения химических реактивов, изготовления изделий для электротехнической промышленности; ЦВО (цинка — 99,995%) — для полиграфической и автомобильной промышленности; ЦВ1, ЦВ (цинка — 99,99%) — для производства отливок под давлением, предназначенных для изготовления деталей особо ответственного назначения, для получения окиси цинка, цинкового порошка и чистых реактивов; ЦОА (цинка 99,98%), ЦО (цинка 99,975%) — для изготовления цинковых листов, цинковых сплавов, обрабатываемых давлением, белил, лигатуры, для горячего и гальванического цинкования; Ц1С, Ц1, Ц2С, Ц2, Ц3С, Ц3 — для различных целей.

В промышленности широко применяются цинковые сплавы: латуни, цинковые бронзы, сплавы для покрытия различных стальных изделий, изготовления гальванических элементов, типографские и др. Цинковые сплавы в чушках для литья нормируются стандартом. Эти сплавы используются в автомобиле- и приборостроении, а также в других отраслях промышленности. Стандартом установлены марки сплавов, их химический состав, определены изготавливаемые из них изделия:

- 1) ЦАМ4-10 — особо ответственные детали;
- 2) ЦАМ4-1 — ответственные детали;
- 3) ЦАМ4-1В — неответственные детали;

- 4) ЦА4О — ответственные детали с устойчивыми размерами;
- 5) ЦА4 — неответственные детали с устойчивым размерами.

Цинковые антифрикционные сплавы, предназначенные для производства монометаллических и биметаллических изделий, а также полуфабрикатов, методами литья и обработки давлением нормируются стандартом. Механические свойства сплавов зависят от их химического состава: предел прочности $\delta_B = 250\text{—}350$ МПа ($25\text{—}35$ КГС/мм²), относительное удлинение $\delta = 0,4\text{—}10\%$, твердость — $85\text{—}100$ НВ. Стандарт устанавливает марки этих сплавов, области их применения и условия работы: ЦАМ9-1,5Л — отливка монометаллических вкладышей, втулок и ползунов; допустимые: нагрузка — 10 МПа (100 кгс/см²), скорость скольжения — 8 м/с, температура 80 °С; если биметаллические детали получают методом литья при наличии металлического каркаса, то нагрузка, скорость скольжения и температура могут быть увеличены до 20 МПа (200 КГС/см²), 10 м/с и 100 °С соответственно; ЦАМ9-1,5 — получение биметаллической ленты (сплав цинка со сталью и дюралюминием) методом прокатки, лента предназначена для изготовления вкладышей путем штамповки; допустимые: нагрузка — до 25 МПа (250 кгс/см²), скорость скольжения — до 15 м/с, температура 100 °С; АМ10-5Л — отливка подшипников и втулок, допустимые: нагрузка — 10 МПа (100 КГС/см²), скорость скольжения — 8 м/с, температура 80 °С.

ЛЕКЦИЯ № 12. Свойства неметаллических материалов

1. Неметаллические материалы

Еще во второй половине XX в. в нашей стране уделялось большое внимание применению неметаллических материалов в различных отраслях промышленности и народного хозяйства в целом. Было налажено и постоянно наращивалось производство самых различных неметаллических материалов: синтетических смол и пластмасс, синтетических каучуков, заменяющих натуральный каучук, высококачественных полимеров с заданными техническими характеристиками, включая армированные и наполненные пластмассы.

Пластические массы и другие неметаллические материалы обладают рядом превосходных физико-химических, механических и технологических свойств, что обусловило их широкое распространение в различных отраслях промышленности — машиностроении, электротехнике, электронике и др. Как конструкционный материал пластические массы все более вытесняют дорогостоящие металлы. Применение пластических масс дает возможность постоянно совершенствовать конструкции. Оснащение машин и оборудования, а также частичная комплектация различных узлов позволяют снизить их массу, улучшить надежность и долговечность работы, повысить производительность. Для производства пластмасс требуется в 2—3 раза меньше капитальных вложений, чем для производства цветных металлов. Исходными материалами для получения пластических масс служат дешевые продукты переработки каменного угля, нефти и природного газа. Пластмассы подвергают армированию для улучшения механических свойств. Для изготовления различных деталей, работающих в механизмах трения (скольжения) с небольшими нагрузками и скоростями, применяются такие неметаллические материалы, как антифрикционные полимерные и пластмас-

совые материалы. Эти материалы обладают небольшим коэффициентом трения, высокой износостойкостью, химической стойкостью, могут работать без смазки. Однако низкая теплопроводность, значительный (в десятки раз больше, чем у металлов) коэффициент термического расширения, небольшая твердость и высокая податливость ограничивают возможности их широкого использования. Более эффективно они применяются в комбинации с другими материалами, металлами и пластмассами.

Кроме того, в качестве фрикционных неметаллических материалов применяются тормозные тканые асбестовые ленты и фрикционные асбестовые накладки — формованные, прессованные, тканые, картонно-бакелитовые и спирально-навивные, которые могут эксплуатироваться во всех климатических зонах. Фрикционные асбестовые накладки применяются для узлов трения автомобилей, самолетов, тракторов, металлорежущих и текстильных станков, подъемно-транспортного оборудования и тепловозов. Ресурс таких неметаллических накладок, работающих в узлах трения, достаточно высок. Например, для автомобилей с дизелями он составляет 6000 моточасов, легковых автомобилей — 125 000 км, грузовых автомобилей — 75 000 км. Тормозные тканые асбестовые ленты применяются в качестве накладок в тормозных и фрикционных узлах машин и механизмов с поверхностной температурой трения до 300 °С.

Неметаллические материалы широко применяются в различных отраслях промышленности и хозяйства в целом.

2. Полимеры: строение, полимеризация и поликонденсация, свойства

В настоящее время трудно представить себе медицину без полимерных систем для переливания крови, медицинскую аппаратуру — без прозрачных полимерных трубок, предметы ухода за больными — без резиновых грелок, пузырей для льда и т. д. Значительно обогатить ассортимент материалов, применяемых в медицине, позволили синтетические полимеры.

Полимеры существенно отличаются от металлов и сплавов: их молекулы вытянуты в длинные цепочки, в результате чего полимеры имеют высокую молекулярную массу. Моле-

кулы полимеров получают из исходных низкомолекулярных продуктов — мономеров — полимеризацией и поликонденсацией. К полимерам поликонденсационного типа относятся фенолформальдегидные смолы, полиэферы, полиуретаны, эпоксидные смолы. К высокомолекулярным соединениям полимеризационного типа относятся поливинилхлорид, полиэтилен, полистирол, полипропилен. Высокополимерные и высокомолекулярные соединения являются основой органической природы — животных и растительных клеток, состоящих из белка.

Для изготовления многих медицинских изделий широко применяют как полимерные материалы, в основе которых лежит природное сырье, так и искусственные — синтетические и полимерные материалы. Из полимерных материалов естественного происхождения изготавливают большинство перевязочных средств: вату, марлю и изделия из них, алигнин, а также нити шовных материалов (хирургический шелк). Полимеры являются основой пластмасс, используемых при изготовлении различных инструментов, частей медицинской аппаратуры и оборудования.

Широкое применение в различных отраслях промышленности и хозяйства в целом нашли такие полимеры, как фенолформальдегидные жидкие и твердые смолы. **Фенолформальдегидные жидкие смолы резольного типа** — продукт поликонденсации фенола и формальдегида в присутствии катализатора с добавкой модифицирующих и стабилизирующих веществ или без них — поставляются в виде однородной прозрачной жидкости от красновато-коричневого до темно-вишневого цвета со средней плотностью 1,2 г/см³. Применяются при производстве теплозвукоизоляционных изделий, фанеры, древесностружечных и древесноволокнистых плит, абразивных инструментов на гибкой основе, стеклопластиков, асботехнических и асбофрикционных изделий, углепласта для шахтных крепей и др. Марки смол: СФЖ-303, СФЖ-305 и т. д.

Твердые фенолформальдегидные смолы новолачного и резольного типов — продукты поликонденсации фенолов (или их фракций) и формальдегида в присутствии катализатора с добавкой модифицирующих веществ или без них. Выпускаются в виде порошка, чешуек и крошки. Применяются для

получения резиновых смесей, прессовочных масс, слоистых пластиков, лаковых токопроводящих суспензий, антикоррозионных лакокрасочных материалов и клеев, в качестве связующих для абразивных изделий и оболочковых форм, при изготовлении поропласта, при производстве масляных лаков для лакокрасочной и пищевой промышленности. Выпускаются следующие марки смол: СФ-010А, СФ-010, СФ-010М (модифицированная), СФ-014 и т. д.

3. Пластмассы: термопластичные, термореактивные, газонаполненные

Пластмассы — пластические массы — это материалы, полученные на основе высокомолекулярного органического соединения — полимера, выполняющего роль связующего и определяющего основные технические свойства материала. В зависимости от эластичности пластмассы делят на три группы: жесткие, модуль упругости 700 Мпа, до 70 МПа. Пластмассы выпускаются монолитными в виде термопластичных и термореактивных и газонаполненными — ячеистой структуры. К термопластичным пластмассам относятся: полиэтилен низкого давления, полипропилен, ударопрочный полистирол, АБС-пластики, поливинилхлорид, стеклопластики, полиамиды и др.

К термореактивным пластмассам относятся: жесткие пенополиуретаны, аминопласты и др.

К **газонаполненным пластмассам** относятся пенополиуретаны — газонаполненный сверхлегкий конструкционный материал.

Термопластичная пластмасса — полиэтилен низкого давления — продукт полимеризации этилена, получаемый при низком давлении с использованием комплексных металлоорганических катализаторов. Базовые марки этого полиэтилена: 20108-001, 20208-002, 20308-005 и т. д. Плотность полиэтилена — от 0,931 до 0,970 г/см³.

Ударопрочный полистирол — продукт сополимеризации стирола с каучуком или другим пластификатором, обладающий более высокими механическими свойствами, чем полистирол общего назначения. Он обладает высокой твердостью, прочностью к ударным нагрузкам, эластичностью,

сопротивлением на разрыв, стоек к действию температуры в пределах от +65 до -40 °С.

Аминопласты — термореактивные пластмассы — прессовочные карбамидо- и меламиноформальдегидные массы, получаемые на основе аминосмол с использованием наполнителей (органических, минеральных или их сочетания), окрашивающих и модифицирующих веществ. Их теплостойкость по Мартену составляет не менее 100—180 °С, ударная вязкость — 3,9—29,4 КДж/м² (4—30 кгс × см/см²), усадка — 0,2—0,8%, удельное объемное электрическое сопротивление — 1×10^{11} — 1×10^{12} Ом × см. Из аминопластов путем горячего прессования изготавливают изделия бытового, технического и электротехнического назначения. Всего выпускается 11 марок аминопластов: КФА-1, КФБ-1 и т. д.

Пенополиуретаны — газонаполненные пластмассы — сверхлегкий конструкционный материал. Исходными для их получения являются простые и сложные полиэферы, изоцианаты, катализаторы и эмульгаторы. Эластичные пенополиуретаны (ППУ) имеют закрытые, несообщающиеся газонаполненные ячейки (пенопласты) и сообщающиеся ячейки (поропласты). Часто применяется общий термин — «пенопласты». Эластичный поропласт содержит 70% воздушных сообщающихся пор. Он имеет плотность 25—29 кг/м³, хорошо противостоит гниению, веществам, применяемым при химической чистке изделий, его предел прочности при растяжении — 0,07—0,11 МПа.

Эластичный пенополиуретан применяется в производстве мягкой мебели, сидений автомобилей, тракторов и других изделий. Жесткий пенополиуретан применяется для изготовления корпусов кресел, декоративных элементов, в качестве тепло- и звукоизоляционных материалов. Широкое распространение в последние годы получили наполненные пенопласты (ППУ).

4. Эластомеры

Термин «эластомеры» был введен взамен названия «синтетические каучуки», а также «натуральный каучук». **Эластомерами** называют полимеры, обладающие в широком температурном интервале высокой эластичностью — способностью

подвергаться значительным (от нескольких сотен до 1000% и более) обратимым деформациям при сравнительно небольших действующих нагрузках. Первым эластичным материалом такого рода был натуральный каучук, который и в настоящее время не потерял своего значения в производстве эластомеров, в том числе и для медицинских изделий, благодаря своей нетоксичности. Каучук получают из латекса (млечный сок бразильской гевеи), состоящего более чем наполовину из воды, в которой растворено 34—37% каучука, 2—2,7% белка, 1,65—3,4% смолы, 1,5—4,92% сахара. На плантациях, где готовят натуральный каучук как промышленное сырье, латекс коагулируют с помощью органических кислот, прокатывают в рифленые листы и коптят в камерах с дымом при температуре +50 °С. Составные вещества дыма играют роль антисептиков и стабилизаторов окисления каучука. Такие листы толщиной 2,5—3 мм с вафельным рисунком поверхности называют «смокетшит». Они служат наиболее употребительной формой сырого плантационного каучука. Данные элементного анализа очищенного каучука соответствуют эмпирической формуле C_5H_8 (изопрен).

Синтетические каучуки (эластомеры) получают путем полимеризации из мономеров с участием катализаторов (ускорителей процесса). Первый советский синтетический каучук был получен С. Д. Лебедевым из технического спирта. В настоящее время выпускают несколько видов синтетических каучуков (эластомеров), в том числе изопреновый, мало отличающийся от натурального. Для изделий медицинского назначения применяется салоксановый (силиконовый) каучук, основная полимерная цепь которого состоит из атомов кремния и кислорода. Он термостоек и физиологически инертен. Сырьем для изготовления синтетических каучуков служат нефть, природный газ, каменный уголь.

Преобразование каучука или «сырой» каучуковой смеси в эластичную резину (материал с необходимыми эксплуатационными свойствами) осуществляют путем вулканизации. Вулканизация, подобно термообработке металлов и сплавов, приводит к изменению структуры каучука. При вулканизации осуществляется соединение («сшивание») молекул эластомера химическими связями в пространственную трехмерную сетку, в результате чего получают материал, обладающий необходимыми

эластическими и прочностными свойствами (прочность, упругость, твердость, сопротивление разрыву и т. д.). Основным вулканизирующим веществом служит сера; применяют также теллур и селен. Чем больше к каучуку добавляют серы, тем более твердым и менее эластичным получается эластомер. В современном производстве, помимо вулканизаторов, широко применяют органические ускорители, присутствие которых снижает количество серы (до 2% вместо 10%) и температуру вулканизации. Существуют ультраускорители, благодаря которым вулканизация вместо температуры в +130—150 °С протекает при комнатной температуре.

5. Резины

Резины различных видов и марок относятся к группе эластичных материалов — **эластомеров**. Резины подразделяются на формовые и неформовые. К неформовым относится большая группа так называемых сырых резин. Сырые резины выпускаются под номерами (10, 11, 14 и т. д.) в виде разнотолщинных пластин, покрытых тальком (для предохранения от слипания), или в виде рулонов с тканевой прокладкой (из миткаля), которая также предохраняет резину от слипания.

Неформовая сырая резина получается путем вулканизации из резиновых смесей, изготавливаемых на основе синтетических каучуков или натурального. Основным вулканизирующим веществом является сера, но еще применяют селен и теллур. В зависимости от марок сырая резина используется для получения различных формовых изделий с определенными свойствами. Например, из сырой резины получают техническую листовую резину нескольких типов: кислотощелочестойкую, теплостойкую, морозостойкую, пищевую и т. д. Морозостойкая резина сохраняет свои свойства при температуре до –45 °С. Техническую листовую резину толщиной 3—4 мм применяют для изготовления уплотнительных прокладок во фланцевых соединениях трубопроводов, транспортирующих холодную воду, а резину с тканевой прокладкой (из синтетической ткани) — и при транспортировании горячей воды температурой до +100 °С.

Из сырых резин получают различные резиновые изделия — муфты, кольца, клапаны, различные прокладки и т. д., при-

меня следующие методы формования: прессование, экструзию и литье под давлением. Процесс прессования резиновых изделий проходит в вулканизационных гидравлических прессах под давлением 100—300 атм. и при температуре +140—160 °С.

При производстве мягкой мебели широко применяется пенорезина, представляющая собой материал на основе синтетического или натурального каучука. Для изготовления пенорезины используют латексную смесь, которую выдерживают 18—21 ч, вспенивают и вулканизируют с последующей сушкой. Пенорезину выпускают в виде листов или формованных элементов мебели. По показателям эластичности, упругости, остаточной деформации пенорезина является идеальным материалом для мягкой мебели. **Пенорезина** самовентилируется и охлаждается за счет прохождения воздуха через сообщающиеся поры. Для снижения веса мебельных элементов из пенорезины их делают с пустотами, но чтобы при этом сохранялась способность выдерживать значительные нагрузки, объем пустот не должен превышать 40% объема всего элемента.

К резинам, предназначенным для изготовления отдельных групп изделий, предъявляют дополнительные требования, обеспечивающие выполнение изделиями их функционального назначения и надежность в работе. В настоящее время промышленность выпускает резину листовую трех марок: тепломорозокислощелочестойкую (ТМКЩ); ограниченномаслобензостойкую (ОМБ); повышенномаслобензостойкую (ПМБ), которые в свою очередь подразделяются по твердости применяемой резины: мягкая (М) для работы при температурах от –45 °С до +90 °С; средней твердости (С) — при температурах от –60 °С до +80 °С, повышенной твердости (П) — при температурах от –60 °С до +80 °С.

6. Герметики

Герметики (герметизирующие составы) применяются практически повсеместно — в строительстве, в системе ЖКХ, машиностроении, мебельном производстве, в быту, при различных ремонтных работах. Герметики представляют собой полимерные композиции в виде паст, замазок или жид-

костей, которые после нанесения на поверхность сразу или спустя некоторое время густеют в результате вулканизации полимерной основы.

Для приготовления герметиков применяют жидкие синтетические каучуки и специальные добавки. Промышленностью выпускаются герметики разных видов: строительные фасадные, шовно-тиоколовые и акрилатные, строительные каучукосиликоновые, акриловые. В стекольных работах для герметизации стыков в основном применяют тиоколовые герметики 7—30М и УТ-31, которые вулканизируются при температуре от +18 °С до +30 °С. В системе ЖКХ широко применяется силиконовый герметик КЛТ-30 для уплотнения резьбовых соединений, работающих в интервале температур от –60 °С до +200 °С.

В последние годы в Россию завозится множество марок герметиков, производимых зарубежными фирмами: DAP, KVADRO, KIMTEC, KRASS.

По сравнению с другими аналогичными материалами герметики обладают влагостойкостью, газонепроницаемостью, долговечностью. Герметики на основе полиизобутилена используются для уплотнения наружных швов между элементами сборных крупнопанельных зданий. Герметики, так же как и резины, относятся к группе эластомеров.

Наиболее широко применяются тиоколовые герметики, для которых характерна универсальность. Промышленность России выпускает следующие марки тиоколовых герметиков:

- 1) У-30М. Поставляют комплектно в составе пасты-герметика черного цвета У-30, вулканизатора № 9 и ускорителя вулканизации — дифенилгуанидина, смешиваемых непосредственно перед употреблением в соотношении 100 : 7 : 0,35 массовых частей. Предназначен для герметизации металлических (кроме латунных, медных, серебряных) и других соединений, работающих в среде разбавленных кислот и щелочей, жидкого топлива и на воздухе во всех климатических условиях при температурах от –60 °С до +130 °С;
- 2) УТ-31 — светло-серая паста У-31, вулканизатор № 9 и ускоритель вулканизации, применяется для герметизации металлических (кроме латунных, медных, серебряных) и других соединений, работающих на воздухе и в среде

жидких топлив при температурах от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$ и до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ — кратковременно на воздухе;

3) 51-УТ-36А (с адгезивом) и 51-УТ-36Б (без адгезива) — темно-серая замазкообразная паста У-36, эпоксидная смола Э-40 (для 51-УТ-36Б) и двухромовый натр в качестве вулканизатора; применяются в приборостроении.

Для герметизации различных соединений, швов, работающих при температурах от $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$, предназначены теплостойкие силоксановые герметики, изготавливаемые на основе жидких силоксановых каучуков. Марки силоксановых герметиков следующие: эластосил 11-01, силпен, ВПТ-2Л, КЛ-4, КЛТ-30, КЛСЕ, ВГО-2, КЛВАЕ и др. Выпускаются также теплоплывостойкие герметики, изготавливаемые на основе фторсодержащих каучуков, следующих марок: ВГФ-1, ВГФ-2, 51-Г-1 и др.

ЛЕКЦИЯ № 13. Стекло. Декоративные материалы

1. Стекло: неорганическое и органическое

В различных отраслях промышленности, строительстве и других отраслях хозяйства применяются стекла неорганические и органические. **Неорганическое стекло** подразделяется на техническое, строительное и бытовое. В свою очередь строительное стекло делится на конструкционное, отделочное, звуко- и теплоизоляционное. **По качеству поверхности** стекло бывает полированное и неполированное, цветное и бесцветное. **По способу упрочнения** — обычное, отожженное, закаленное и упрочненное химическим или другим способом. По профилю выпускают стекло плоское, волнистое, гнутое и профильное.

Стекло неорганическое строительное нашло широкое применение в строительстве: для остекления световых проемов в стенах, фонарей (в крышах различных зданий).

Неорганическое стекло получают при остывании расплава, содержащего чистый кварцевый песок (кремнезем), сульфат натрия и известняк.

Наибольшее применение для остекления оконных и дверных блоков, перегородок получило стекло оконное листовое 1 и 2 сортов. Плотность этого стекла 2000—2600 кг/м³, светопропускание — 84—87%, теплопроводность низкая. Промышленность выпускает также стекло листовое узорчатое 1 и 2 сортов, бесцветное и цветное с рельефным узором; стекло листовое термически полированное, стекло цветное листовое (красного, синего, зеленого, желтого цветов), гладкое, цветное и бесцветное; с гладкой, рифленной или узорчатой поверхностью; неармированное и армированное стальной сеткой (выпускается 3 типов: швеллерное профильное; коробчатое профильное — с одним или двумя швами; ребристое профильное); стекло листовое, армированное металлической

сеткой, — бесцветное и цветное, гладкое и рифленое, узорчатое.

Органическое стекло — продукт ненасыщенных полиэфирных смол, прозрачный полимер. Подразделяется на техническое, конструкционное, листовое, светотехническое и часовое. Техническое органическое стекло — пластифицированный и непластифицированный полимер (сополимер) метилового эфира метакриловой кислоты, широко применяемый в различных отраслях промышленности и хозяйства вообще. Стандартом предусмотрены три марки стекла: ТОСП — стекло техническое органическое пластифицированное; ТОСН — стекло техническое органическое непластифицированное; ТОСС — стекло техническое органическое сополимерное. **Физико-механические свойства технического органического стекла:** температура размягчения (в зависимости от толщины) — 92—130 °С, ударная вязкость — 6—9 кДж/м² (6—9 кгс — плотность при 20 °С), прозрачность (при толщине до 30 мм) — 85—88%, усадка перегрева при 40° С в течение 1 ч — 3,5—4%, разрушающее напряжение при растяжении — 60—80 МПа (600—800 кгс/см²), относительное удлинение при разрыве — 2—2,5%.

Конструкционное органическое стекло выпускается трех марок: СОЛ — стекло органическое пластифицированное; СТ-1 — стекло органическое непластифицированное и 2-55 — стекло сополимерное. Эти марки органического стекла применяются в качестве конструкционного материала в прибор- и агрегатостроении.

2. Ситаллы, металлические стекла

Ситаллы (стеклокерамика) — стеклокерамические материалы на основе стекла, отличающиеся от последнего кристаллической структурой, подобной керамической, но с более мелкими (от долей до 1—2 мкм) кристаллами и более плотной их упаковкой, исключаящей какую-либо пористость материала. Ситаллы изготавливают путем плавления стекольной шихты специальных составов с добавкой кристаллизации, охлаждения расплава до пластичного состояния и формования из него изделий методами стекольной технологии (прессованием, выдуванием, вытягиванием). Отформованные из-

делия подвергают специальной термической обработке для образования мелкокристаллической плотной структуры, характерной для ситаллов. Ситаллы по химическому составу подразделяют на следующие группы: СТЛ — сподуменовые; СТМ — кордиеритовые; СТБ — борнобариевые и борносвинцовые, высококремнистые, фотоситалы. Ситаллы марки СТЛ имеют в своем составе литий, марки СТМ — магний. Ситаллы могут быть прозрачные, непрозрачные, белые, кремовые и цветные. **По свойствам** ситаллы делятся на: химически стойкие, износостойкие, оптические, электроизоляционные и теплостойкие. Химически стойкие и износостойкие ситаллы применяют для изготовления дымоходов, плунжеров, деталей химических насосов, реакторов и химической аппаратуры, где необходимы высокая теплостойкость и газожидкостная непроницаемость. При изготовлении синтетических волокон износостойкие ситаллы используют для нитепроводов и некоторых других деталей текстильных машин; кроме того, из них изготавливают приборы для измерения длин и углов различных изделий. Оптические ситаллы с ТКЛР (тепловая стойкость), близким к нулю, применяются прежде всего для изготовления астрономических зеркал и лазеров.

Электроизоляционные ситаллы благодаря своим электрическим свойствам, особенно при высоких температурах, используются для изготовления радиотехнических и электронных приборов и установок, различных приспособлений, работающих в условиях переменной температуры и влажности, а также изоляторов, работающих в режиме высокого напряжения. Теплостойкие ситаллы с ТКЛР, близким к нулю, применяются в качестве конструкционных материалов для устройств, работающих при переменных тепловых нагрузках, а также в производстве теплообменников.

Металлические стекла имеют такую же структуру, как у ситаллов, только покрытие металлическое. К основному составу при выработке таких стекол добавляются определенные соединения металлов (которые зависят от назначения и области применения металлических стекол), из которых при заданной температуре в специальной атмосфере (среде плавки) на поверхности стекломассы выделяется металлическое покрытие. Металлические стекла находят применение прежде всего в электротехнике.

Металлические стекла изготавливают и методом горячего напыления на стеклокристаллический материал (например, нанесение слоя алюминия толщиной 0,5—1 мм). Такое покрытие выдерживает быстрое изменение температуры, несмотря на значительное различие в ТЛКР алюминия и стеклокристаллического материала.

3. Полиморфные модификации углерода и нитрида бора

В различных отраслях промышленности и прежде всего в машиностроении широко применяется **кубический нитрид бора (КНБ)** — кристаллическая кубическая модификация соединения бора с азотом, синтезируемая по технологии, свойственной производству синтетических алмазов. За счет варьирования технологическими факторами выпускают различные виды кубического нитрида бора — эльбор, эльбор-Р, кубонит, исмит, гексанит и др. Кубический нитрид бора и его разновидности измеряются каратами, их классификация по зернистости также близка к нормам, принятым для обработки сталей и сплавов на основе железа. В последние годы получены поликристаллы КНБ размером до 12 мм.

Широко применяются в машиностроении сверхтвердые материалы, полученные на основе нитрида бора — эльбор-Р и исмит. По режущим свойствам и износостойкости они в несколько раз превосходят металлокерамические твердые сплавы и минералокерамику. Резцы из эльбора-Р изготавливают двух видов: сборные, в которых заготовки из эльбора крепятся в переходной вставке, устанавливаемой в корпусе резца, и цельные, где заготовки (эльбора-Р) крепятся непосредственно в тело инструмента путем заливки их жидким (расплавленным) металлом. Применение эльбора-Р позволяет обеспечить высокую производительность и чистоту обрабатываемой поверхности. Наиболее эффективно применение эльбора-Р при обработке закаленных сталей точением вместо шлифования и при растачивании отверстий.

Сверхтвердый материал исмит, полученный на основе нитрида бора (модификация), обладает более высокой стойкостью, чем твердые сплавы, при точении закаленных сталей. Размеры поликристаллов исмита позволяют оснащать ими

проходные и расточные резцы, фрезы и другой лезвийный инструмент.

Кубической кристаллической модификацией углерода являются алмазы — природные и синтетические, которые нерастворимы в кислотах и щелочах, обладают высокой твердостью, используются для изготовления резцов, стеклорезов, наконечников для измерения твердости металлов и др.

4. Композиционные материалы

В различных отраслях хозяйства страны, в том числе и в строительстве, широко используются различные композиционные материалы на основе измельченной древесины: древесно-стружечные, древесно-волоконистые плиты, арболит, фибролит, плиты цементно-стружечные и древесно-клеевые композиции.

Плиты древесно-стружечные изготавливают методом горячего прессования древесных частиц, смешанных со связующим. Такие плиты широко применяются в строительстве, в мебельном производстве. Размеры плит: длина в пределах от 1830 мм до 5680 мм, ширина — от 1220 мм до 2500 мм, толщина — от 8 мм до 28 мм.

По физико-механическим показателям древесно-стружечные плиты подразделяются на марки: П-А и П-Б — по качеству поверхности с обычной и мелкоструктурной поверхностью; по степени обработки поверхности — шлифованные и нешлифованные; по гидрофобным свойствам — с обычной и повышенной водостойкостью; имеют один недостаток — невысокая прочность на растяжение перпендикулярно пластикам.

Древесно-волоконистые плиты изготавливают, применяя отходы переработки древесины хвойных и лиственных пород. В зависимости от плотности и прочности на изгиб плиты древесно-волоконистые классифицируют на мягкие (М-4, М-12, М-20), полутвердые (ПТ-100), твердые (Т-350, Т-400), сверхтвердые — (СТ-500). По техническим свойствам они изготавливаются био-, огне-, влагостойкими и звукопоглощающими. ДВП мягкая применяется в строительстве как материал для термо- и звукоизоляции стен, перегородок, потолков, междуэтажных перекрытий и т. д. ДВП полутвердые исполь-

зуют для обшивки стен и потолков жилых и общественных помещений. ДВП твердые и сверхтвердые широко применяются в мебельном производстве (для задних стенок корпусной мебели, нижние части ящиков и т. д.), в строительстве — для облицовывания стен, потолков и т. д. Такие плиты выпускаются толщиной 2,5—10 мм. ДВП средней твердости выпускаются в больших объемах за рубежом под маркой «плиты МДФ — Medium Density Firebrands» толщиной от 10 до 30 мм, для изготовления современной мебели как заменитель фанеры и натуральной древесины.

В последние годы в строительстве широко применяются различные изделия из арболита, который изготавливается с применением дробленых отходов деревообработки, связующего — портландцемента, добавок — хлористого кальция, жидкого стекла, серно-кислого алюминия и извести.

Арболит применяется для производства стеновых панелей, различных теплоизоляционных изделий.

В качестве ограждающих конструкций при строительстве в сельской местности деревянных домов, ферм и различных построек часто применяются **плиты цементно-стружечные**, которые изготавливают, используя древесную стружку, портландцемент и химические добавки. Плиты выпускают следующих размеров: 1200 × 3600 мм, толщиной 8—25 мм; их плотность — в пределах 1100—1400 кг/м³, предел прочности при изгибе — 9—12 МПа.

Для изготовления формованной тары повсеместно используются **древесно-клеевые композиции**, состоящие из измельченной древесины и связующего — мочевиноформальдегидных смол с добавкой — парафином.

5. Синтетические облицовочные материалы

В последнее десятилетие для отделки интерьеров офисов, различных помещений и наружных работ широко применяются разнообразные синтетические облицовочные материалы, которые заменили дефицитный строганый шпон. Причем они намного упростили технологию отделки, особенно такие облицовочные материалы, как пленки декоративные на клеевой основе и основе полимерных материалов (в сочетании). В настоящее время используется технология

получения пленочных материалов с имитацией «реальных» пор. Такая пленка марки ПДСО и ПДО (без клеевого слоя) применяется для облицовывания мебели, внутренней отделки автомобилей. Пленка ПДО-А-020 используется в авиационной промышленности для отделки салонов самолетов.

Пленки на основе полимерных материалов изготавливают из композиций поливинилхлорида, полипропилена, полиэфира и др.

Вышеуказанные пленки ПДО и ПДСО являются поливинилхлоридными (импортные тоже).

В последнее время для облицовывания различных изделий из дерева (дверные полотна, мебель), а также стен и панелей, элементов интерьера стали применять поливинилфторидные пленки (ПВФ), имеющие хорошие эксплуатационные свойства. Для указанных целей, кроме пленки ПВФ, применяются самоприклеивающиеся пленки на основе сополимера винилхлорида и винилацетата марки ВА, которые производятся фирмой «Скоч». Эти пленки выпускаются прозрачными, окрашенными, с эффектом металлизации.

Большим спросом у различных потребителей пользуются **защитные липкие ленты** на полимерной основе типов ЛТ-38, ЛТ-50, которые применяются для защиты кромочного материала от потеков лакокрасочного материала при отделке щитов. Липкие ленты представляют собой полимерную основу — пленку толщиной 35—50 мкм, на которую нанесен тонкий липкий слой.

При изготовлении столешниц, подоконников, дверей, санитарного оборудования часто применяются ламинаты (разновидности синтетических облицовочных материалов). **Ламинаты** представляют собой термоупрочненный слоистый материал, полученный прессованием бумаги при высокой температуре.

Бумажная основа ламината пропитывается фенольной смолой, а наружные слои — меламиновой. Ламинаты устойчивы к износу, совместимы с продуктами питания, легко чистятся, не горючи, влагоустойчивы.

Для обивки мебели, отделки различных видов транспорта широко применяются **искусственные кожи**: винилискожа обивочная, пористо-монолитная винилискожа обивочная, кожа искусственная пористо-монолитная на трикотажной

основе и др. Искусственные кожи пользуются большим спросом и у производителей обуви.

В последние годы стали применяться для отделки жилых и общественных интерьеров новые материалы — весьма оригинальные, с разнообразным дизайном искусственные камни, представляющие собой **минерало-акриловые плиты**. Они твердые, как натуральные камни, имеют разную структуру, устойчивы к истиранию, сравнительно легко обрабатываются. Для облицовывания фасадных поверхностей мебели для спальни, кабинетной, детской мебели применяются еще пористые монолитные пленки, имеющие верхнюю монолитную поверхность и нижний пористый слой (толщина ее 1,2—1,5 мм, ширина — 600—1360 мм, длина рулона — 30—50 м).

6. Декоративные бумажно-слоистые пластики

Декоративные бумажно-слоистые пластики применяются уже в течение многих лет для отделки жилых, общественных и производственных помещений, салонов различных транспортных средств, для облицовывания рабочих поверхностей кухонной, медицинской и торговой мебели. Пластики этого вида имеют хорошие физико-механические и декоративные свойства, хорошо обрабатываются, стойки к действию высоких температур, к ударам и истиранию, к действию воды, пара, а также пищевых и бытовых жидкостей (чая, кофе, водки, этилового спирта и т. д.). Плотность пластиков ДБС не менее 1,4 г/см³, разрушающее напряжение при растяжении — не менее 63,6 МПа, при изгибе — 98 МПа (для марки А — 17,6 МПа), водопоглощение не более 4%, теплостойкость — от +120 до +140 °С. Пластики ДБС подразделяются на марки А, Б, В — в зависимости от качества лицевой поверхности и физико-механических показателей. Пластик марки А применяют в условиях эксплуатации, требующих повышенной износостойкости, например для крышек столов. Пластик марки Б используют при менее жестких условиях эксплуатации — для отделки вертикальных поверхностей. Пластик марки В применяется в качестве поделочного материала.

Декоративные бумажно-слоистые пластики (ДБСП) представляют собой листовый материал из спрессованных бумаг, пропитанных термореактивными смолами. При изготовле-

нии ДБСП на декоративный слой бумаги (одноцветной или с рисунком) накладывают защитный слой, пропитанный меламиноформальдегидной смолой. Для изготовления защитной пленки применяют высокооблагороженную целлюлозу из древесины лиственных пород или хлопка.

ДБСП выпускают одноцветным, различных цветных печатных рисунков, имитирующих древесину ценных пород, камень, мрамор, ткань, кожу и т. д. По назначению эти пластики делят на конструкционные, облицовочные и формуемые. Конструкционные ДБСП имеют толщину более 1 мм, используются в различных конструкциях. **Облицовочные пластики** более эластичны и имеют толщину до 1 мм, применяются как отделочный материал. По условиям эксплуатации поверхности мебельных и других видов щитов облицовочные ДБСП подразделяются на две основные группы.

I группа — рабочие и лицевые поверхности торговой и другой мебели, подвергающиеся непосредственному воздействию внешней среды;

II группа пластиков ДБС идет на лицевые поверхности изделий кухонной, детской и другой мебели, не подвергающиеся постоянному воздействию влаги, теплоты и других факторов.

Формуемые ДБСП под действием теплоты и давления могут изменять свою форму. Они применяются для облицовывания фасонных деталей со сложными округленными формами или углами. Одним цельным листом формуемого пластика ДБС облицовывают плась и кромку детали — такая технология называется **постформингом**.

Пластики ДБС выпускают длиной 400—3000 мм, шириной 400—1600 мм и толщиной 1,0; 1,3; 1,6; 2,0; 2,5 и 3,0 мм. Обратная сторона пластика толщиной 1,0; 1,3 и 1,6 мм должна быть шероховатой. Для приклеивания пластиков ДБС применяют различные клеи — ПВА, бустилат, эпоксидные, а также мастики КН-2.

ЛЕКЦИЯ № 14. Изоляционные материалы

1. Классификация теплоизоляционных материалов

При строительстве промышленных объектов, гражданских сооружений сопутствующие коммуникации тепловодоснабжения защищают от воздействия отрицательных температур с помощью теплоизоляционных материалов различного вида.

Разделяют теплоизоляционные материалы на:

- 1) строительные;
- 2) полимерные.

Строительные теплоизоляционные материалы по структуре бывают:

- 1) волокнистые;
- 2) ячеистые;
- 3) зернистые.

А в зависимости от **исходного сырья**:

- 1) неорганические (пеностекло, легкие бетоны с наполнителями, минеральная вата);
- 2) органические (пенопласты, сотопласты, фибролит, древесно-волокнистые и торфяные плиты и др.);
- 3) полимерные.

По **форме и внешнему виду** теплоизоляционные материалы подразделяют на:

- 1) штучные (плиты, полуцилиндры, блоки, кирпич легковесный и др.);
- 2) рулонные и шнуровые (жгуты, маты, шнуры);
- 3) рыхлые и сыпучие (стеклянная и минеральная вата, перлитовый песок и др.).

По **жесткости** теплоизоляционные материалы подразделяются на:

- 1) твердые, повышенной жесткости;
- 2) жесткие;
- 3) полужесткие;
- 4) мягкие.

По **теплопроводности** они делятся на три класса:

- 1) А — низкой теплопроводности;
- 2) Б — средней;
- 3) В — повышенной.

Основной показатель теплоизоляционных материалов — коэффициент теплопроводности, который для большинства из них находится в пределах 0,02—0,2 Вт/м × °С.

По **возгораемости** теплоизоляционные материалы выпускают:

- 1) несгораемые;
- 2) трудносгораемые;
- 3) сгораемые.

Полимерные теплоизоляционные материалы подразделяют на:

- 1) жесткие, с пределом прочности на сжатие $\delta_{сж} = 0,15$ МПа;
- 2) полужесткие;
- 3) эластичные с $\delta_{сж} = 0,01$ МПа.

Полимерные теплоизоляционные материалы строительного назначения прочны, имеют широкий диапазон деформационных характеристик, химически и водостойкие.

2. Виды тепло- и звукоизоляционных материалов

Для теплоизоляции трубопроводов диаметром 15—25 мм и соответствующей запорной арматуры широко применяется полотно холстопрощивное из отходов стеклянного волокна марки ХПС-Т-5,0 и ХПС-Т-2,5, оно рассчитано на максимальную температуру в +450 °С, имеет среднюю плотность 400—500 кг/м³, теплопроводность — 0,053 Вт/(м × °С), рассчитаны на температуры до + 300 °С, трудносгораемое.

Маты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем марки МТ-35 предназначены для теплоизоляции трубопроводов диаметром от 57 до 426 мм, имеют среднюю плотность 60 кг/м³, теплопроводность 0,047 Вт/(м × °С), максимальная температура применения +180 °С, трудносгораемые.

Шнур теплоизоляционный из минеральной ваты марки 200 применяется для изоляции трубопроводов диаметром до 108 мм включительно и запорной арматуры соответственно, имеет плотность 220 кг/м³, теплопроводность 0,056 Вт/(м × °С),

максимальная температура применения от +150 °С до +600 °С, в оболочке из стеклоткани негорючий, в остальных случаях — трудногорючий.

В последние годы в России широко применяются теплоизоляционные материалы из стеклянного штапельного волокна URSA. Изделия URSA применяются при строительстве всех типов зданий, для изоляции оборудования и трубопроводов, средств транспорта. Выпускаются в виде рулонов, плит плотностью 13—75 кг/м³ и матов плотностью 10—25 кг/м³, толщиной 40—140 мм.

В настоящее время большим спросом у различных потребителей пользуется теплоизоляционный материал пенофил российского производства. Этот материал состоит из вспененного полиэтилена и покрытия из полированной алюминиевой фольги, имеет низкий коэффициент теплопроводности, высокое сопротивление диффузии водяного пара; применяется для утепления стен, полов, для изоляции трубопроводов, емкостей и запорной арматуры в системах водоснабжения и отопления и др.

Российским ОАО «Кинекс» по итальянской технологии выпускается экструдированный пенополистирол «пеноплекс» — пенопласт с закрытой однородной ячеистой структурой.

По теплоизоляционным свойствам этот материал превосходит керамзитобетон и пенобетон в 5—10 раз, стекловату и минераловолокнистые плиты — в 2—3 раза, имеет плотность от 30 до 45 кг/м³, плиты имеют ширину 600 мм и длину от 1 до 4,5 м и толщину от 30 до 100 мм; применяется для теплоизоляции крыш, полов, подвалов жилых и общественных зданий, бассейнов и др. Для звукоизоляции используются эластичные поливинилхлоридные пенопласты марок ПВХ-Э, винипор, Д, М и С, которые имеют открыто ячеистую пористость. Полужесткие пенопласт и винипор ПЖ используются для изготовления профильных изделий со звукопоглощающими свойствами.

Звукоизоляционными материалами являются также: пенопласт ПЭ-2, пенопласты ПЭ-5 и ПЭ-7; они же используются и для теплоизоляции. Звукопоглощающими и звукоизоляционными строительными материалами и изделиями могут служить те же материалы, которые применяются для

теплоизоляции: стекловата, минеральная вата, пенопласты различных видов и марок.

3. Гидроизоляционные материалы

В строительстве, системе ЖКХ широко применяются различные гидроизоляционные материалы, которые предназначены для защиты строительных конструкций, зданий и сооружений от вредного воздействия воды и химически агрессивных жидкостей — щелочей, кислот и др.

По назначению гидроизоляционные материалы подразделяются на антифильтрационные, антикоррозионные (металлические), лакокрасочные, стеклоэмали, оксидные пленки, резиновые, пластмассовые и битумные смазки и герметизирующие (пасты, замазки или растворы). Гидроизоляционные материалы по виду основного материала бывают: асфальтовые (битум, асфальтовая мастика), минеральные (цементы, магнезиальные вяжущие, доломит, известково-нефелиновые вяжущие и др.) и металлические.

Широко используются в строительстве и системе ЖКХ следующие гидроизоляционные материалы: пленочные (полиэтиленовые, полипропиленовые и другие, в частности «ПИЛ» — пленка изоляционная с липким слоем), жгутовые и в виде пластин (полиизобутиленовые, каучуковые), мастичные (битумные, полиизобутиленовые) и рулонные (пергамин, толь, рубероид).

Мастичные и рулонные гидроизоляционные материалы изготавливают на искусственной основе и на основе природных материалов, жгутовые и пленочные — только на полимерной основе.

Хорошим гидроизоляционным материалом на основе органических вяжущих являются **битумы**. Природный битум — вещество черного цвета, без запаха, размягчается при температуре +35—90 °С, при охлаждении вновь затвердевает. Искусственный битум получают перегонкой природных битумов (остаточный гудрон) или из отходов очистки смазочных масел (регенерированный гудрон). На основе битума готовят мастику РБ (резинобитумную), которая является хорошим гидроизоляционным материалом. Перед нанесением гидроизоляционных покрытий на стены, фундамен-

ты выполняют водонепроницаемые штукатурки на цементных растворах (с использованием сульфатостойкого цемента) с добавлением церезита, жидкого стекла, алюмината натрия.

Наибольшее применение при выполнении гидроизоляции различных строительных конструкций нашли **пленочные полимерные материалы**, которые выпускают четырех марок: «Т» — для гидроизоляции при строительстве временных сооружений, защитных укрытий; «В» и «В₁» — для использования при гидроизоляции мелиоративных и водохозяйственных сооружений; «М» — для технических гидроизоляций. Гидроизоляционные полиэтиленовые пленки выпускают толщиной 0,015—0,5 мм, шириной 800—6000 мм, длиной более 50 м, плотностью 910—929 кг/м³. У строителей большим спросом пользуются поливинилхлоридные пленки общего назначения (марки «ОН») и для гидрозащиты (марки «Р»). Специальные пленки для гидрозащиты марки «Р» имеют следующие характеристики: толщина 0,03—0,27 мм, ширина — 15 г/м², водопоглощение — 0,5%; прочность при растяжении — 8—19 МПа.

При выполнении гидроизоляции кровли, как правило, по технологии применяются гидроизоляционные материалы в комплексе: битум, резинобитумные мастики, рубероид, пленки марки «Р», гидроизол.

4. Электроизоляционные материалы

В условиях большой распространенности различных электроустановок практически во всех отраслях промышленности и хозяйства страны в целом электроизоляционные материалы получили повсеместное применение. Самая важная характеристика электроизоляционных материалов — большое электрическое сопротивление. **Электроизоляционные материалы** подразделяются на: газообразные (воздух, различные газы); жидкие (различные масла и кремнийорганические жидкости) и твердые — органического происхождения (смолы, пластмассы, парафины, воски, битумы, дерево) и неорганического (слюда, стекло, керамика и др.). Такой электроизоляционный материал, как слюда относится к группе породообразующих минералов, так называемым листовым алюмосиликатам.

Слюда, как электроизоляционный материал, подразделяется на два вида: флогопит-плотность — 2700—2850 кг/м³ и твердость, по минералогической шкале 2—3 и биотит-плотность — 2700—3100 кг/м³, твердость, по минералогической шкале 2,5—3.

Наибольшее распространение получили электроизоляционные материалы, создаваемые путем органического синтеза. Эти материалы характеризуются заранее заданными электрическими, физико-химическими и механическими свойствами. К электроизоляционным материалам относится фторопласт-4 — продукт полимеризации тетрафторэтилена, который выпускается в виде белого, легко комкающегося порошка или пластин. Фторопласт-4 в зависимости от назначения подразделяется на следующие марки: «П» — для изготовления электроизоляционной и конденсаторной пленок; «ПН» — для производства электротехнических изделий с повышенной надежностью.

Для изготовления различных электротехнических изделий часто применяются **литьевые сополимеры полиамида** марок АК-93/7, АК-85/15 и АК-80/20 — продукты совместной поликонденсации соли «АГ» и капролактама. Литьевые сополимеры полиамида имеют диэлектрическую проницаемость при 10⁶ Гц после 24-часового пребывания в дистиллированной воде 4—5, а удельное поверхностное электрическое сопротивление (в исходном состоянии) — 1×10^{14} — 1×10^{15} Ом × см.

Уже на протяжении многих лет для изготовления электроизоляционных изделий применяется литьевой полиамид 610 — продукт поликонденсации соли гексаметилендиамина и себациновой кислоты. Изделия получают литьем под давлением, используя полиамид 610 в виде гранул белого и светло-желтого цветов размером 3—5 мм. Полиамид 610 имеет следующие показатели: удельное объемное электрическое сопротивление — не менее 1×10^{14} Ом × см, электрическую прочность — не менее 20 кВ/мм.

К электроизоляционным материалам относятся применяемые на протяжении нескольких десятилетий аминокласты — прессовочные карбамидо- и меламиноформальдегидные массы, получаемые на основе аминосмол (термореактивных продуктов конденсации формальдегида с карбамидом, мела-

мином или их сочетанием) с использованием наполнителей (органических, минеральных или их сочетания). Аминопласты выпускаются нескольких марок МФБ — светотехнические, МФВ — с повышенными электроизоляционными свойствами, которые имеют удельное объемное электрическое сопротивление 1×10^{11} — 1×10^{12} Ом × см.

5. Смазочные материалы

В соответствии со стандартом смазочные материалы классифицируют по происхождению, физическому состоянию, по наличию присадок, по назначению, по температуре применения.

По происхождению или исходному сырью смазочные материалы подразделяют на:

- 1) минеральные смазочные материалы, которые получают смешением углеводородов минерального происхождения в естественном состоянии или в результате их обработки;
- 2) нефтяные смазочные материалы — очищенное масло, полученное на основе нефтяного сырья;
- 3) синтетические смазочные материалы — материалы, полученные синтезом;
- 4) растительные смазочные материалы — материалы растительного происхождения;
- 5) животные смазочные материалы, получаемые из сырья животного происхождения.

По физическому состоянию смазочные материалы подразделяются на газообразные, жидкие, пластичные и твердые.

По назначению смазочные материалы делятся на:

- 1) моторные, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания (карбюраторных, дизелей, авиационных и т. д.);
- 2) трансмиссионные, применяемые в трансмиссиях тракторов, автомобилей, самоходных и других машин;
- 3) промышленные, предназначенные главным образом для станков;
- 4) гидравлические, используемые в гидравлических системах различных машин;
- 5) специальные — компрессорные, приборные, цилиндрические, электроизоляционные, вакуумные и др.

По температуре применения среди вышеперечисленных смазочных материалов различают: низкотемпературные (для узлов с температурой не выше +60 °С) — приборные, промышленные и тому подобные; среднетемпературные, применяемые при температурах от +150 до +200 °С, — турбинные, компрессорные, цилиндрические и тому подобные; высокотемпературные, используемые в узлах, которые подвергаются воздействию температур до +300 °С и более.

В настоящее время основными смазочными материалами являются минеральные масла и смазки, получаемые из нефтяного сырья, пластичные смазки и смазочно-охлаждающие жидкости.

Основные функции, которые смазочные материалы должны выполнять при использовании в сборочных узлах механизмов, двигателях различных машин: уменьшать изнашивание трущихся поверхностей деталей; уменьшать силу трения между сопряженными поверхностями, чтобы способствовать сокращению непроизводительных потерь энергии; препятствовать прорыву рабочей смеси и продуктов сгорания в картер двигателя, т. е. улучшать компрессию цилиндропоршневой группы и т. д.

Все минеральные масла **по способу производства и составу** разделены на четыре группы: дистиллятные, остаточные, смешанные и масла с присадками. Отечественная промышленность выпускает следующие моторные масла: для дизелей — М-8-В₂, М-8-Г₂, М-8-Г₂К и так далее; для карбюраторных двигателей — М-8-А, М-8-Б, М-12-Г₁ и т. д.

В последние годы появились в розничной торговле множество моторных масел импортных: ESSO, TEBOIL, MOBIL, CASTROL и др.

Промышленность России выпускает различные пластичные смазки: антифрикционные (солидол, литол); многоцелевые; высокотемпературные (ЦИАТИМ-221С, ПФМС-4С и т. д.), низкотемпературные (ЦИАТИМ-201, ЖРО, УНИОЛ-3М и т. д.) и ряд других специального назначения.

6. Виды кровельных материалов

Материалы, применяемые для устройства кровель в постройках различного типа, подразделяются на: рулонные (ру-

бероид, толь, пергамин и др.), штучные, или листовые (черепица, плитки, шифер и др.), и мастичные (битумные, дегтевые, каучуковые — «РБК» и полимерные мастики).

По виду исходного сырья кровельные материалы подразделяются на **органические** — рубероид, толь, древесные кровельные плитки, тес и др. и **металлические** — оцинкованная и неоцинкованная кровельная сталь. По виду составляющих компонентов (вяжущих или связующих веществ) — на **битумные** (рубероид, стеклорубероид, пергамин), **дегтевые** (толь кровельный), **полимерные** — мастики резинобитумные, битумно-полимерные, полимерные и др.

В последние годы в качестве кровельных материалов стали применяться различного вида плоские и **волнистые плитки, плитки и листы; рулонные, синтетические материалы**, в том числе на основе полиизобутилена, полиэтилена, эпоксидных и фенольных смол. Кроме того, в настоящее время применяются новые эффективные кровельные и гидроизоляционные битумные и битумно-полимерные материалы наплавленного типа на негниющих основах. К новым битумно-полимерным материалам на прочных и эластичных основах относятся: изопласт, бикропласт, днепрофлекс, рубемаст, филизол и др. Достоинство этих материалов состоит в том, что они с двух сторон покрыты битумно-полимерным вяжущим, состоящим из битума, полимерных добавок и наполнителя.

До сих пор в качестве кровельного материала в сельском, поселковом и частично в городском строительстве используется черепица, изготовленная из обожженной глины (глиняная черепица) или из цементно-песчаных растворов жесткой консистенции (цементная черепица). Такая черепица долговечная и огнестойкая, но хрупкая и тяжелая, так как имеет большую плотность.

В последние годы в качестве кровельного материала стали применять кровельную металлочерепицу, которую выпускает финская фирма RANNILA STEEL. Эта черепица изготавливается из горячеоцинкованной стали толщиной 0,5 мм с покрытием из слоя цветного полимера, который выдерживает воздействие солнечных лучей и колебания температур. Такое полимерное покрытие металлочерепицы обеспечивает водонепроницаемость и скатывание тяжелых пластов снега

в зимнее время. В настоящее время появился новый кровельный оригинальный материал — битумная черепица, которую выпускает белорусская фирма «Полезная Компания ТМ». Эта черепица предназначена для покрытия скатных крыш, изготавливается из окисленного битума, армированного стекловолокном. Еще одна белорусская новинка — полимербетонная черепица, которая абсолютно водонепроницаема, по долговечности и морозостойкости соответствует не менее 50 годам эксплуатации.

При укладке рулонных кровельных материалов пользуются полимерными и битумно-полимерными холодными мастиками: марки МБК — бутилкаучуковая на основе бутилкаучука; марки БЛК — битумно-латексная — на основе сланцевых битумных продуктов.

Применение перечисленных мастик упрощает процессы устройства кровли с гидроизоляцией.

7. Облицовочные материалы и их применение

В современном строительстве широко применяются самые разнообразные облицовочные материалы для повышения эксплуатационных и декоративных качеств зданий и всевозможных сооружений. Облицовочные материалы изготавливают из керамики, пластмасс, стекла, природного камня, асбестоцемента и специальных строительных растворов. В прошедшем XX в. самыми распространенными облицовочными материалами были плитки стеклянные и керамические, плиты из ракушечника, мрамора, гранита и вулканического туфа.

В начале XXI в. появились и стали повсеместно применяться в качестве облицовочного материала **пластиковые панели** на пластиковой (ПВХ) основе. Эти панели используют в жилых помещениях и офисах, для отделки помещений с повышенной влажностью. Такие панели обладают многими достоинствами: долговечностью; не деформируются; имеют 100%-ную влагостойкость, не требуют специального ухода и легко моются; изготовлены из экологически чистых материалов.

В настоящее время большим спросом у различных потребителей пользуются **поливинилхлоридные облицовочные рельефные листы**, предназначенные для отделки стен и потолков в помещениях общественных и производственных зданий (кроме

детских и лечебных учреждений). Эти листы изготавливают четырех типов:

- 1) однослойные одноцветные;
- 2) однослойные многоцветные;
- 3) двухслойные одноцветные;
- 4) двухслойные многоцветные.

Все типы листов имеют длину от 300 до 2000 мм, ширину 300—1000 мм, толщину 0,4—2 мм; различные рельефные рисунки, с гладкой или тисненой лицевой поверхностью.

В последние годы для внутренней отделки стен и подвесных потолков зданий с относительной влажностью воздуха не выше 60% стали широко применяться **плиты декоративные из фосфогипса**, которые изготавливают из гипсового вяжущего, получаемого автоклавной переработкой фосфогипса.

В конце XX в. начали изготавливать весьма оригинальный отделочный материал — **стеклообои** с водоотталкивающим и звукопоглощающим эффектом, которые реализуются фирмой «Алаксар» (Москва). Эти обои долговечны, легко моются, не выгорают, имеют 20 видов красивых рисунков; они применяются уже в течение нескольких лет в Швеции, пользуются повышенным спросом.

Большую популярность в Европе и России завоевали **натяжные потолки, подвесные потолки** из различных материалов — пленочных, из стекловолокна, минераловатных плит, полистирола, алюминиевых панелей.

Натяжные пленочные потолки применяются при отделке квартир, офисов, баров, ресторанов, бассейнов и т. д.

Потолки, изготовленные на основе стекловолокна, обладают хорошим звукопоглощением, при этом уменьшается эффект эха, поэтому они применяются для отделки больших помещений — залов для совещаний, спортивных, торговых и т. д.

Самый популярный отделочный материал — **обои** разнообразных видов — вспененные, виниловые, шелкография, дуплексные и простые обои — бумажные. Новинка последних лет — тонкие пластинки **стекловидной глазури** с многоцветным рисунком и самоклеящейся основой — применяется для облицовки стен. Материал этот получил название «онлиглас», выпускается испанской фирмой «Трес Эстилос».

ЛЕКЦИЯ № 15. Клеи

1. Классификация клеев и требования к ним

В различных отраслях хозяйства широко применяются различные клеевые материалы, которые изготавливаются на основе природных (натуральных) или синтетических клеящих веществ.

Природные клеи подразделяются на клеи животного, растительного и минерального происхождения. Исходными материалами для клеев животного происхождения являются: ткани, кости, кровь и молоко животных. Из указанного сырья получают клеи глютиновые, казеиновые, альбуминовые. Сырьем для клеев растительного происхождения являются: белок семян бобовых растений, крахмал, природные смолы, каучук, декстрин. **Клеи минеральные** — силикатные, асфальтовые, битумные. Синтетические смолы являются исходным сырьем для получения синтетических клеев. Синтетические клеи представляют собой растворы природных модифицированных или синтетических полимеров в воде или спирте.

По реактивной способности клеи подразделяются на терморезактивные, термопластичные и дисперсионные.

В свою очередь терморезактивные клеи разделяются на: меламиновые, эпоксидные, резольные, полиуретановые, полиэфирные, карбамидо-формальдегидные, феноло-формальдегидные.

К **термопластичным клеям** относятся: мездровый, костный, клеи-расплавы, нитроцеллюлозные, поливинилацетатные, поливинилхлоридные и др.

Каучуковые клеи выделены в самостоятельный класс клеящих материалов. К ним относятся латексные и резиновые клеи.

Клеи широко применяются в мебельном производстве, при изготовлении обуви и в строительстве. В строительстве

применяют клеи для крепления различных отделочных материалов, для строительных конструкций. Различные клеи применяются в авиа- и автомобилестроении, при отделке пассажирских железнодорожных вагонов и метро.

Клеи бывают однокомпонентными, поставляемыми в готовом виде, и многокомпонентными, которые приготавливаются в основном на месте потребления (в частности, эпоксидный клей). Клеящие материалы подразделяются в зависимости от склеиваемых материалов: обувные — для склеивания кожи, резины, кожзаменителей; для склеивания металлов и неметаллов; тканей теплоизоляции и приклеивания их к другим материалам; полимеров, для склеивания древесины, при изготовлении фанеры и т. д.

Ко всем клеям предъявляются следующие требования: обеспечение высокой прочности клеевых соединений; высокая стабильность и жизнеспособность при хранении; высокая влаго-, водостойкость; нетоксичность; сохранение механической прочности во времени.

В мебельном производстве прочность клеевого соединения определяется испытанием клеевого шва при скалывании. В соответствии с техническими условиями на изготовление мебели клеевые материалы должны обеспечивать предел прочности на скалывание по клеевому слою в сухом состоянии при облицовывании не менее 1 МПа, в остальных случаях — не менее 2 МПа.

Водостойкость клеев — самое главное требование, предъявляемое практически ко всем клеям. По этому показателю клеи делятся на водостойкие, повышенной водостойкости, ограниченно водостойкие и неводостойкие. Водостойкие клеи в основном синтетические, ограниченно водостойкие — казеиновые, неводостойкие — глютиновые.

2. Синтетические терморреактивные клеи

Синтетические терморреактивные клеи отверждаются в результате реакций поликонденсации или полимеризации, в условиях относительно высокой температуры (в пределах до +100 °С) в большинстве случаев.

В деревообрабатывающей промышленности и мебельном производстве широко используются карбамидоформальдегид-

ные клеи горячего склеивания следующих марок: КФ-Ж в мебельном производстве; аналогичные клеи КФ-Б (отверждение при +100 °С в течение 25—40 с), импортный карбаминоформальдегидный клей «Клейберит 871» производства германской фирмы Kleiberit горячего прессования для склеивания фанеры и облицовывания пластей. К клеям горячего отверждения относятся клеи марок: ВК-32-ЭМ, Д-15, Д-23, Д-43, которые применяются для склеивания металлов и стеклопакетов.

В мебельном производстве и строительстве используются такие синтетические термореактивные клеи, как **фенолоформальдегидные** и **резорцинформальдегидные**. Эти клеи применяются в режиме холодного или теплого отверждения с температурой нагрева +60—80 °С.

К ним относятся клеи марок СФЖ, ФР-12, ФР-100, ДФК-1АМ и др. Перечисленные клеи применяются в мебельном производстве при склеивании древесины с металлами и пластмассами, в строительстве при изготовлении дверей, оконных блоков и т. д.; время отверждения их при температуре +20 °С — от 5 до 25 ч.

Широко применяются в различных отраслях промышленности **фенолополивинилацетатные клеи** БФ-2, БФ-4, БФ-6: БФ-2 и БФ-4 склеивают древесину, полистирол, металлы, стекло, керамику.

Большим спросом у разных потребителей пользуются **фенолоэпоксидные клеи** марок ФЭ-10 и ФР-10, которые применяются для склеивания металлов, различных пластмасс и других материалов в конструкциях, работающих при температурах до +250 °С. Высокую прочность склеивания, влаго- и химическую стойкость обеспечивают **эпоксидные клеи**, изготавливающиеся на основе диановых смол, ЭД-20, ЭД-22, ЭД-16 и Э-40; а также клеи марок К-160, К-176 на основе модифицированной эпоксидной смолы, которые применяются для склеивания пластмасс; наклеивания деревянных и пластмассовых элементов на лакированные поверхности.

На основе модифицированной эпоксидной смолы изготавливаются клеи ПЭД, ПЭД-6, применяющиеся для склеивания древесины с пластмассами, крепления поливинилхлоридного пластика к поверхности строительных конструкций из металла и железобетона.

Промышленность России выпускает высококачественные **полиуретановые клеи** марок ПУ-2, ПУ-2М, ПУ-УВ, ВК-5, ВК-11, которые применяются при склеивании стекла, керамики, древесины, металлов, армированных пластиков, различных полимерных материалов.

Германская фирма Kleiberit изготавливает клей ПУ-501, имеющий высокий спрос благодаря максимальной эффективности при склеивании минеральных строительных плит, керамических материалов, слоистого склеивания древесины и т. д. Этой же фирмой выпускается двухкомпонентный полиуретановый клей ПУ для мембранного прессования, при этом он обладает повышенной термостойкостью, влаго- и паростойкостью.

3. Синтетические термопластичные клеи

Так же как и термореактивные клеи, в различных отраслях хозяйства, включая строительство и мебельное производство, повсеместно применяются синтетические термопластичные клеи, которые используются в виде дисперсий, растворов и клеев-расплавов: при склеивании пенополистирола, деревянных деталей с пенополивинилхлоридом; при производстве всех видов отделочных работ.

Отличие термопластичных клеев от термореактивных состоит в том, что они сохраняют в клеевом строении линейное строение цепей макромолекул, и склеивание осуществляется без химических реакций.

Термопластичные клеи подразделяются на поливинилацетатные, клеи-расплавы, поливинилхлоридные, метинопластиамидные, полиметилметакрилатные, нитроцеллюлозные. Недостатком этих клеев является их низкая теплостойкость — при температуре +40 °С они начинают размягчаться, а при +60—70 °С прочность клеевого соединения резко уменьшается. Поливинилацетатный клей в виде дисперсий выпускается под следующими марками: ПВА, Д 50 Н, Д 50 С, Д 50 В и др. Самый распространенный клей ПВА, который используется в мебельном производстве и быту для приклеивания пленочных отделочных материалов к различным поверхностям, клеит деревянные изделия, бумагу, картон, стекло, фарфор, кожу и т. д.

На протяжении многих лет в строительстве и быту используется в больших объемах такой синтетический клей, как КМЦ — натрий-карбоксиметилцеллюлоза техническая, натриевая соль целлюлозногликолиевой кислоты, получаемая при взаимодействии щелочной целлюлозы с монохлорацетатом натрия или монохлоруксусной кислотой, т. е. **КМЦ** — продукт химической переработки древесной целлюлозы. Преимущества КМЦ, используемой в качестве связующего материала, следующие: хорошо смешивается с пигментами, не изменяет их цвета, а также с крахмалом, декстрином; эмульгирует олифу и некоторые лаки; обладает биологической стойкостью (почти не загнивает).

В последние годы в мебельном производстве и строительстве стали применяться различные высокоэффективные синтетические термопластичные клеи, выпускаемые германской фирмой Kleiberit, следующих марок: «Клейберит 303» — на основе поливинилацетатной дисперсии, предназначен для склеивания (горячего и холодного) древесины твердых и тропических пород, слоистых плит, шиповых соединений; клей монтажный «Клейберит Euroleim-300» — универсального применения, на основе поливинилацетатной дисперсии; применяется для склеивания корпусов, плит из слоистых материалов, плит МДФ и др.: клеи «Темпо-305», «Темпо-332», «Темпо-338», «Темпо-347» — все они на основе поливинилацетатной дисперсии; применяются для склеивания пластей из слоистого полимерного пластика, ламинатов. Этой же фирмой (Kleiberit) выпускаются высококачественные клее-расплавы нескольких марок: СК-774.4; СК-774.8; СК-777; СК-779.6; СК-779.7; СК-782.1 (все в виде гранул). Они размягчаются при температуре от +105 °С до +115 °С; наносятся при температуре от +200 до +240 °С; применяются в мебельном производстве для приклеивания шпона, декоративных элементов, пленочных материалов, при облицовывании профильных деталей и кромок.

4. Каучуковые клеи

В строительстве, обувном и мебельном производствах на протяжении многих лет в конце XX и начале XXI в. широко применяются каучуковые клеи, изготавливаемые на основе на-

туральных или синтетических латексов и на основе растворов резиновых смесей. Наиболее распространенными являются латексные клеи на основе сополимера дивинила с метилметакрилатом и полихлоропреном — марок КЛ-1, КЛ-2, КЛ-3, которые применяются при облицовывании щитовых деталей древесным шпоном, пленками на основе бумаг и поливинилхлорида.

Много лет используется в строительстве широко известный клей «Бустилат», содержащий до 41 массовой части латекса СКС-65 ГП; применяется для наклейки линолеумов, текстильных материалов и многих других материалов.

Латексные клеи хорошо приклеивают различные материалы с пористыми поверхностями.

В обувном и мебельном производствах, а также в быту в большом ассортименте и количестве используются резиновые клеи, получаемые на основе растворов натуральных и синтетических каучуков в органических растворителях. В эти клеи добавляют различные модификаторы, антиоксиданты, пластификаторы, отвердители. Растворителями являются ацетон, этилацетат, толуол, метилэтикетон и др. Эти клеи применяются для склеивания пенополиуретана, губчатой резины между собой, а также для наклеивания на дерево, картон, древесно-волоконистые и другие материалы.

В обувном производстве, при ремонте обуви в мастерских, ателье и в быту, а также в мебельном производстве постоянно и в больших количествах используются наиритовые клеи. Самое широкое распространение (на протяжении многих лет) получили наиритовые клеи марок: 88Н, 88НП, 88НП-35 и НТ, применяемые при холодном способе склеивания. Наиболее распространены и чаще всего применяются клеи марок 88Н и 88НП, предназначенные для склеивания различных обувных материалов (кожи натуральные и искусственные, ткани, пластмассы), а также для склеивания резины, пенопластов, тканей между собой и для приклеивания их к металлу, бетону, древесине. Клеи 88НП-43 и 88НП-130 используются для приклеивания резины и пенорезины к металлу, облицовочных и настилочных материалов к древесине и жестким пеноматериалам.

Промышленность России выпускает целую гамму хлорнаиритовых клеев, изготавливаемых на основе хлорированного

хлоропренового каучука и наирита. Из них широкое распространение получил клей марки «КС-1», состоящий из наирита марки А, хлорированного наирита, оксида магния, оксида цинка, дифенилгуандина. Эти клеи применяют в тех же случаях, что и клеи группы 88Н.

В строительстве с давних пор (более 30 лет) применяют клеящие каучуковые мастики КН-2 и КН-3, представляющие собой вязкую пастообразную однородную массу, с содержанием хлоропренового каучука, инденкумароновой смолы, наполнителей и растворителей. Мастика КН-2 предназначена для приклеивания резинового линолеума и резиновых плиток и пластин. Мастика КН-3 применяется для приклеивания покрытий с пористым слоем, нитролинолеума, профильных погонажных изделий. Клеящие каучуковые мастики являются огне- и взрывоопасными, а также токсичными материалами.

5. Белковые клеи

Во второй половине XX в. в строительстве широко применялись **белковые клеи** — мездровый, костный и казеиновый. Они же применялись и в мебельном производстве. В строительстве эти клеи использовались для приготовления различных малярных составов, в мебельном производстве — для склеивания древесины. Казеин — белковое вещество, выделяется в виде творожной массы при скисании молока. Чтобы получить клей, к воде, в которой находится казеин (в комках), добавляют какую-либо щелочь: соду, поташ или нашатырный спирт. Под действием щелочи казеин растворяется и через час из него получается клей, который в соединении с известью дает несмываемую краску (если еще добавить красящий пигмент).

Промышленность выпускает **казеиновый клей** в виде порошка с добавлением необходимых компонентов — двух марок: «Экстра» (В-107) и «Обыкновенный» (ОБ). Казеиновые клеи дают достаточно прочные и упругие соединения — прочность склеивания древесины, не менее: для клея «Экстра» — 10,6 МПа, клея «Обыкновенный» (ОБ) — 7,5 МПа. Казеиновые клеи применяют в мебельном производстве для наклеивания толстых листовых материалов при изготовле-

нии мебельных щитов, при склеивании древесины, декоративного бумажно-слоистого пластика.

К белковым относятся и **коллагеновые клеи** — мездровый и костный, в которых клеящим веществом является белок — коллаген, содержащийся в соединительных тканях и костях животных организмов. В холодной воде коллаген набухает, а при нагревании переходит в новое вещество — глютин, имеющий свойства клея. **Мездровый клей** подразделяют на твердый и галерту. Твердый мездровый клей вырабатывают плиточный, чешуйчатый, стружковый, дробленый и гранулированный. Мездровый клей получают путем разваривания с водой белковых отходов кожевенных и кожсырьевых заводов с последующим высушиванием. (Мездра — это подкожный слой шкуры животного.) Мездровый клей применяют в строительстве, в мебельном производстве. **Костный клей** (коллагеновый) вырабатывают из обезжиренных и отполированных костей животных. Этот клей выпускают нескольких видов: галерта (клеевой студень), плиточный, дробленый, гранулированный и чешуйчатый. Все виды костного клея подразделяют на сорта: высший, 1, 2 и 3-й. При варке костей сначала образуется жидкий бульон, который затем выпаривают до клеевого студня темно-желтого или коричневого цвета. Такой клей называют галертой. Клеевые растворы на основе костного клея могут загнить через некоторое время, поэтому в них вводят какой-либо из антисептиков, например фенол или формалин. В малярных работах костный клей применяют для приготовления окрасочных составов, грунтовок, шпатлевок, подмазочных паст.

В настоящее время белковые клеи выпускаются в небольших количествах и имеют ограниченное применение, так как их заменили синтетические клеи, которые имеют 100%-ную биологическую стойкость, высокую влаго- и термостойкость, низкую усадку при высыхании. Белковые клеи этими качествами не обладают.

6. Клеящие пленки и ленты

В деревообрабатывающей промышленности и мебельном производстве в течение последних двух десятилетий широко применяются клеящие пленки и ленты, которые имеют слой

липкого клея, сохраняющего длительное время липкость. При нанесении на поверхность какого-либо материала эти ленты и пленки прилипают к нему при нажатии. Основой клеящих пленок и лент являются следующие материалы: сульфитная бумага массой 20 г/м², полиэтилен, целлофан, ткань, пластифицированный поливинилхлорид и др. Для нанесения клеящего слоя на основу используют разнообразные эластомеры и полимеры с различными добавками.

Наиболее широко применяются в деревообработке и при изготовлении мебели из древесины следующие **клеящие пленки и ленты**:

- 1) бакелитовая пленка (ГОСТ 2707), используемая при склеивании авиационной, декоративной и березовой фанеры, мебельных заготовок; наклеивается при температуре +150—155 °С и давлении 2—2,5 МПа;
- 2) клеевая лента (ГОСТ 18251), предназначенная для склеивания полос шпона в полноформатные листы; перед употреблением покрытие ленты увлажняется;
- 3) бумажная липкая лента (ТУ 13-7309005-669-88). Используется для нанесения на кромочный материал при его изготовлении и для защиты кромки щита при его отделке;
- 4) липкая лента ЛПЛО-М (ТУ ОП 13-64-37-83). Предназначена для склеивания концов рулонов бумаги при перезаправке, обрывах креплений к намоточным гильзам в процессе пропитки;
- 5) липкие ленты ЛТ-38, ЛТ-50 на полимерной основе. Используются для защиты кромочного материала от потегов лаков и красок при отделке мебельных щитов, а также для защиты кромок от механических воздействий при транспортировке. Указанные ленты (липкие) представляют собой полимерную основу-пленку толщиной 35—50 мкм, на которую нанесен тонкий липкий слой.

ЛЕКЦИЯ № 16. Отделочные материалы

1. Назначение отделочных материалов.

Материалы для подготовки поверхности к отделке

Назначение отделочных материалов заключается в защите зданий, различных сооружений и мебели от воздействий внешней среды или для улучшения внешнего вида, а также в увеличении срока эксплуатации. В строительстве для наружной отделки зданий и сооружений (в экстерьере) применяют **оштукатуривание, облицовку мрамором, гранитом, керамикой, декоративным кирпичом, лепку, декоративную живопись**. Во внутренней отделке (интерьере) используют те же материалы, что и в экстерьере, а также **обои, линолеум, столярные изделия, синтетические материалы (пластмассы)**.

В мебельном производстве для защитно-декоративных покрытий применяют самый разнообразный ассортимент отделочных материалов, подразделяющиеся по назначению на основные группы: для подготовки древесины перед нанесением лакокрасочного покрытия; для создания лакокрасочного слоя; вспомогательные.

Грунтовки — это составы, в которые входят пигменты, наполнители и связующие, отличающиеся от окрасочных составов меньшим содержанием пигментов. Назначение грунтовок — выровнять «тянущую» способность поверхности, сделать одинаковой ее пористость. Для мебельного производства применяют грунтовки в виде растворов смол, нитроцеллюлозы и пластификаторов в смеси растворителей. В строительстве применяют следующие марки грунтовок: глифталевые ГФ-032, ГФ-020 и другие; перхлорвиниловые ХВ-050, ХВ-785, поливинилацетатные ВЛ-02, ВЛ-02А, ВЛ-023А. Грунтовки для мебельного производства применяются следующих марок: НК, БНК, ПЭ-0155 и т. д.

Шпатлевки — это густые вязкие смеси в виде паст, состоящие из пигментов и наполнителей в связующем веще-

стве. Они служат для заполнения неровностей и исправления дефектов окрашиваемой поверхности.

В строительстве применяются следующие шпатлевки: МС-006 — алкидно-стирольные; перхлорвиниловые — ХВ-004, ХВ-005 и др.; поливинилацетатные; эпоксидные ЭП-0010 и др. В мебельном производстве применяются самые разнообразные шпатлевки: полиэфирные — П7-0025, П7-0059; эпоксидная — ЭП-0010; перхлорвиниловые — ХВ-004, ХВ-005; лаковые шпатлевки на основе масляного и алкидного лаков — № 175, ЛШ-1, ЛШ-2; клеевые шпатлевки, которые готовят на месте потребления.

Порозаполнители и составы порозаполнителей наносят под прозрачные покрытия, при этом они способствуют сокращению расхода лакокрасочных материалов и уменьшению проседания покрытия. В строительстве и мебельном производстве применяются следующие порозаполнители: КФ-1, аналогичны — КФ-2, КФ-3, КФ-4; порозаполнители ТМБ-1, ТМБ-3, ТМБ-4 — однокомпонентные пасты, не содержащие в своем составе растительных масел. Красящие вещества в строительстве и мебельном производстве применяются самые разнообразные: красители (синтетические, кислотные и естественные); поренбейцы — жидкие лакокрасочные материалы для крашения древесины; протравы (химикаты — железный, медный купорос и др.). Пигменты — тонкоизмельченные порошки различных цветов — используются в смеси с раствором пленкообразующего состава, закрепляющего порошок пигмента на поверхности.

2. Лаки и политуры для прозрачной отделки

В мебельном производстве и строительстве широко применяются разнообразные лаки и политуры. **Лаки** представляют собой растворы природных или синтетических пленкообразующих веществ в органических растворителях или воде, образующие после высыхания прозрачную твердую однородную пленку с хорошей адгезией к отделываемому материалу. Лаки подразделяются на **спиртовые, нитроцеллюлозные, полиэфирные, мочевиноформальдегидные**, а также лаки, образующие пленки за счет совместного процесса испарения растворителей и химических реакций; масляные лаки (имеют

ограниченное применение — из-за длительности высыхания и дефицита масел). **Масляные лаки** — это растворы смол — канифоли, копалов, глифталевых в маслах — льняном, конопляном, тунгвом и их растворителях — скипидаре, ксилоле, уайт-спирите и др. с добавкой сиккативов (для ускорения высыхания лакового покрытия). Широко применяются в различных отраслях хозяйства, в том числе при производстве мебели и в строительстве, несколько видов мочевиноалкидных лаков: МЧ-52, МЧ-270, МЛ-2111 — для отделки мебели, лыж, музыкальных инструментов; МЛ-2111 ПМ — для отделки пленочных материалов.

В настоящее время в мебельной промышленности и строительстве нашли широкое применение **нитроцеллюлозные высококачественные лаки**, выпускаемые германской фирмой Herberts: целлонит Д-1009, Д-1013. Нитролаки имеют неограниченную жизнеспособность, достаточно технологичны. Отечественные предприятия изготавливают нитролаки холодного нанесения марок НЦ-218, НЦ-221, НЦ-222, НЦ-224, которые образуют на поверхности прозрачные, блестящие покрытия, за исключением лака НЦ-243, образующего прозрачные матовые шелковистые покрытия.

В последние годы для высококачественной отделки стали применяться полиуретановые лаки «Контрацид Д-3010», выпускаемый германской фирмой Herberts, бесцветный, используется для покрытия паркетных и дощатых полов, отделки изделий для ванной комнаты, кухонной и офисной мебели. Этот лак образует покрытия высокоизнос-, свето-, хим- и влагостойкие. Наиболее часто применяются ПФ-283 (раствор алкидных смол) для внутренних покрытий по металлу, древесине светлых пород, для мебели и по масляным краскам светлых тонов, для автомашин и железнодорожных вагонов.

В мебельном производстве широко применяются **политуры** различных типов: спиртовые и нитрополитуры, которые глубже, чем лаки, проникают в древесину и образуют очень тонкие пленки, обладающие блеском и эластичностью, при этом они позволяют четко выявлять текстуру древесины. Политуры представляют собой малоконцентрированные растворы полирующих тел. **Спиртовые политуры** — раствор смолы шеллака в этиловом спирте, наиболее распространена

шеллачная политура — 10—20%-ный спиртовой раствор шеллака (выпускается под номером — 13, 14, 5 и 16), применяются для полирования шеллачных, нитроцеллюлозных и масляных пленок. Нитрополитуры применяются для полирования нитролаковых покрытий после разравнивания и шлифования. Чаще всего применяется нитрополитура НЦ-314 отечественного производства.

3. Краски и эмали для непрозрачной отделки

Для непрозрачной отделки различных поверхностей в строительстве, мебельном производстве и практически во всех отраслях хозяйства в целом широко применяются разнообразные краски и эмали.

Краски изготавливают в виде смеси тонкоизмельченных пигментов и наполнителей с раствором пленкообразующих веществ. В зависимости от назначения, типа пленкообразующего вещества, пигмента и наполнителя готовые к применению масляные, алкидные, силикатные, органосиликатные, водоэмульсионные, перхлорвиниловые, цементные и другие краски выпускают разнообразных цветов.

Краски в зависимости от назначения выпускаются для наружных и внутренних работ. Для наружных работ — окрашивания кирпичных, бетонных, оштукатуренных и других пористых наружных поверхностей, загрунтованной поверхности металла, а также старых покрытий — применяются водоэмульсионные краски на основе водных дисперсий синтетических полимеров следующих марок: Э-АК-111, Э-ВА-17, Э-ВС-114, Э-КЧ-112.

Московский завод «Святозар» (лакокрасочный), начиная с 1990 г., выпускает высококачественные краски: фасадную «Святозар-15» — акриловую, матовую, белую (колеруется в пастельные тона). В последние годы в Россию поставляется множество импортных красок из Финляндии (фирма ТІК-KURILA), из Германии (фирмы JOBI, KIMEG), из Великобритании (фирма HAMMERITE).

В настоящее время широко применяются следующие краски отечественного производства: масляные МА-15 (всех цветов), водоэмульсионные ВДАК-2180, фасадные — ХВ-161, ВДАК-1180, КО-815, КО-868, АК-124, краски для разметки

автодорог — АК-591; а также ПФ-115, ВДВА-201, НЦ-132, МЛ-12, ВДКЧ-224, ВД-205, ВА-17 — для наружных и внутренних работ.

Эмали представляют собой суспензии пигментов в лаках с добавлением пластификаторов и сиккативов, применяют так же, как и краски для наружных и внутренних работ по металлу, древесине и штукатурке.

Эмали отличаются от красок повышенным содержанием пленкообразующего вещества, что обеспечивает покрытиям более высокие декоративные качества. Эмали выпускаются промышленностью в готовом виде следующих марок: масляные, масляно-глифталевые — ГФ-1426, ГФ-230 и др.; пентафталевые — ПФ-223, ПФ-115, ПФ-266 и др.; нитроцеллюлозные (быстросохнущие, широко применяются в мебельном производстве) — НЦ-132, НЦ-25, НЦ-11А, НЦ-257, НЦ-257, НЦ-251, НЦ-273 и др.; полиэфирные эмали — ПЭ-225, ПЭ-276, В-ПЭ-П79 и др.

Перхлорвиниловые дают покрытия, стойкие к действию химических реактивов и атмосферных явлений (включая кислотные дожди), — ХВ-124.

Масляно-глифталевые и масляные эмали применяются для отделки интерьеров помещений, офисов, изделий из металла и дерева, эксплуатируемых внутри помещений.

Пентафталевые эмали представляют собой суспензии пигментов в пентафталево-м лаке с добавлением сиккатива и растворителей, предназначены для окрашивания металлических и деревянных поверхностей, не подвергающихся атмосферным воздействиям, широко применяются в строительстве, быту.

4. Олифы

Олифа представляет собой маслянистую жидкость, которая после нанесения на поверхность высыхает, образуя прочную эластичную водонепроницаемую пленку.

Изготавливают олифу, перерабатывая растительные высыхающие или полувсыхающие масла, жиры и органические продукты, не содержащие лаковых смол. Олифы подразделяются на четыре вида: натуральные, уплотненные, комбинированные, синтетические.

Натуральные олифы получают обработкой (варкой) растительных масел при температуре +200—300 °С, при этом в масло добавляют сиккатив, например оксиды, перекиси и соли свинца, кобальта, марганца. Варка масла и добавление сиккатива ускоряют высыхание (отвердевание) пленок после нанесения краски на поверхность. Уплотненные или полунатуральные олифы — продукт уплотнения растительных масел путем оксидации, полимеризации или оксиполимеризации, который затем разбавляют растворителем. При производстве таких олифов достигается значительная экономия масла (до 45%).

Комбинированную олифу получают на основе высыхающих и полувсыхающих масел, которые подвергают полимеризации и обезвоживанию; применяют также смесь полимеризованного и обезвоженного масел, в основном для приготовления густотертых красок.

Синтетические олифы изготавливают из синтетических смол (полимеров) или различных масел путем термической и химической их обработки. Такие олифы после нанесения на поверхность отвердевают, образуя тонкую пленку. Важнейший вид синтетических олифов — алкидные олифы (глифталевые, пентафталевые). Применяют синтетические олифы для приготовления густотертых и готовых к употреблению масляных красок. Эти олифы содержат 50% алкидной смолы и 50% высыхающего масла.

Натуральные льняную и конопляную олифы вырабатывают из льняного или конопляного масла с добавлением ускорителей высыхания — марганцевого, свинцового и кобальтового сиккативов. Натуральную льняную и конопляную олифы применяют для изготовления и разведения густотертых красок, а также в качестве самостоятельного материала для малярных работ.

Полунатуральная олифа оксоль представляет собой раствор оксидированного растительного масла и сиккативов в уайт-спирите. В зависимости от применяемого сырья ее выпускают двух марок: «В» — из льняного и конопляного масел; «ПВ» — из подсолнечного, соевого, сафлорового, кукурузного, виноградного масел. Из олифы марки «В» изготавливают масляные краски, применяемые для наружных и внутренних работ, а марки «ПВ» — краски, используемые только для внутренних работ за исключением полов.

Полимеризованная олифа — заменитель натуральной олифы; получают путем уплотнения нагретого льняного масла и последующего добавления растворителя и сиккатива. Используют для разбавления густотертых красок при наружной и внутренней окраске по металлу, древесине и штукатурке в зданиях и сооружениях первого и второго классов. Применяется также при отделочных работах глифталевая олифа, которую производят взаимодействием растительных масел, глицерина и фталевого ангидрида в присутствии сиккатива. Этой олифой разводят густотертые краски, предназначенные для внутренней и наружной окраски по металлу, древесине.

ЛЕКЦИЯ № 17. Полы

1. Виды полов

Устройство и вид полов при строительстве различных зданий и сооружений определяются строительными нормами и правилами (СНиП). В зависимости от назначения зданий и сооружений полы внутри них — в помещениях могут быть самыми разнообразными: деревянные, полимерные, керамические, из стекла и шлакоситала, асфальтовые, бетонные с мозаичным покрытием из плит типа «Брекчия». Брекчия представляет собой плиты размером 400 × 400 мм или 500 × 500 мм, изготовленные из осколков мрамора, гранита, керамики на эпоксидной клеевой основе.

В механических цехах предприятий, там, где работают авто- или электрокары, перевозящие различные грузы, асфальтовые полы сверху покрывают еще металлическими перфорированными или рифлеными плитами размером 500 × 500 мм или менее. В производственных помещениях различных предприятий устраиваются также мозаичные полы с применением мраморной крошки на основе специальных цементных растворов. Такие полы после высыхания раствора в компоненте с крошкой подвергаются шлифованию с помощью специальных шлифмашин.

Кроме того, в общественных зданиях и вспомогательных цехах различных предприятий для устройства полов применяются плиты из стеклокремнезита, стеклокристаллита и шлакоситалла. Такие полы характеризуются высокой декоративностью, долговечностью, щелоче- и кислотостойкостью.

В цехах различных химических производств устраиваются многослойные полы с кислото- и щелочестойкими покрытиями. Нижний слой представляет собой покрытие из полиизобутилена или резиновых пластин со специальными свойствами (стойкие к воздействию агрессивных сред),

а верхний слой — керамические кислотоупорные плитки, укладываемые с применением специальных растворов.

Декоративные керамические плитки различных видов применяются повсеместно при устройстве полов в санитарных узлах, банях, прачечных, вестибюлях и холлах различных зданий. Применение керамических плиток для покрытия полов позволяет обеспечить длительную эксплуатацию, уменьшить затраты при ремонтах (меняются только поврежденные при эксплуатации части полов).

Полы из керамических плиток имеют также такие качества, как: водонепроницаемость, кислото- и щелочестойкость, хорошая сопротивляемость истиранию, легко моются, можно при этом применять дезинфицирующие растворы, формируются различные рисунки (орнаменты).

В последние годы широко применяются при обустройстве полов различные полимерные покрытия: линолеум, полимерные плитки, синтетические ковровые полотна, наливные бесшовные полимерные покрытия. Полимерные полы в общем объеме полов составляют 40%, устраиваются в общественных зданиях, вспомогательных помещениях различных производств, иногда в офисах, конторах, квартирах.

По существующим строительным нормам деревянные полы настилаются в школах, детских и медицинских учреждениях, в жилых домах. Эти полы выполняются с применением половой доски, пологого бруска и паркетных изделий. В последние годы паркетные полы стали широко применяться в частном строительстве, в офисах в виде штучных паркетных дощечек, паркетной доски, паркетных щитов; с мозаичным и художественно-декоративным оформлением.

2. Материалы и изделия для дощатых полов

С давних пор при строительстве жилых домов, различных зданий и сооружений устраивались дощатые полы, для которых применялись в основном изделия из древесины дуба, бука, клена, ясеня, лиственницы, ели, сосны и т. д. Древесину липы и тополя применять не допускается. До появления деревообрабатывающих станков доски и бруски из древесины просто подгонялись друг к другу. Затем, после изобретения станков, материалы для полов стали обрабатывать путем

фрезерования. Для плотного прилегания половых досок — лицевых сторон — их нижняя часть делается уже на 1 мм, а на одной кромке паз, на другой — гребень.

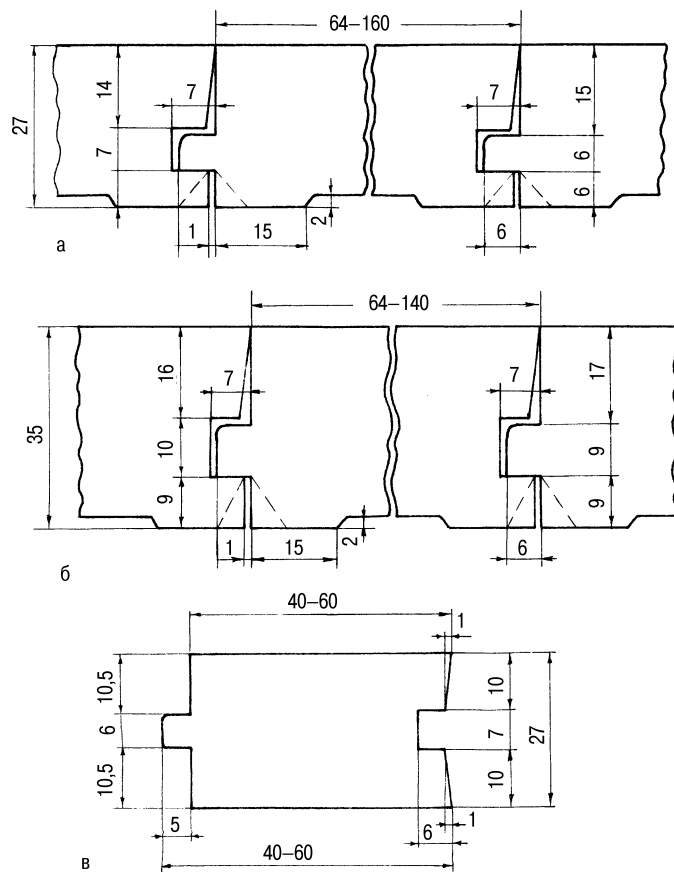


Рис. 11. Доски для покрытия полов:
а — ДП-27; б — ДП-35; в — брусок БП-27

Половые доски изготавливают трех типов — первого, второго и третьего. Половые доски третьего типа обычно имеют толщину 37×40 мм и применяются при настилке дощатых полов в производственных зданиях, спортивных залах и других помещениях с повышенной нагрузкой на полы. В жилых домах для устройства полов применяются половые доски толщиной 25×35 мм, которые укладываются на поперечные

бруски (деревянные) — лаги размером 40 × 40 мм или 50 × × 50 мм. Древесину, из которой изготавливаются половые доски и бруски предварительно подвергают антисептированию и пропитке противопожарными составами (антипиренами). Кроме того, для защиты половых досок и брусков (лагов) от насекомых применяется обработка путем окуривания ядовитыми газами в специальных камерах нагревания до температуры +100 °С или используется высокоэффективный препарат «Эрмит» (обеспечивает защиту от биологических воздействий и огнестойкость древесины на протяжении 20 лет).

К половым доскам и брускам предъявляются следующие требования: влажность 12 × 3%, шероховатость лицевых поверхностей под прозрачную отделку — не ниже 80 мкм, под непрозрачную отделку — не ниже 200 мкм, а нелицевых поверхностей — не ниже 50 мкм. Учет деревянных материалов для полов ведется в кубических метрах, при этом ширина их измеряется без учета высоты гребня.

3. Материалы и изделия для паркетных полов

В последние годы увеличилось применение для покрытия полов штучного, мозаичного паркета, паркетных досок, паркетных щитов в частном строительстве (коттеджи, особняки, дачи) и по заказам при ремонте полов в эксплуатирующихся зданиях. В серийном строительстве паркет применяется мало из-за дороговизны и трудоемкости работ. Паркетные полы обычно настилаются в жилых помещениях, общественных зданиях, вспомогательных помещениях промышленных предприятий.

Штучный паркет представляет собой планки из древесины дуба и тропических пород (марки А), а также бука, вяза, ясеня, остролистого клена, каштана, граба, лиственницы (марки Б). Марка А соответствует высшей категории, а марка Б — первой. **Мозаичный паркет** изготавливается в виде щитов, подразделяющихся на два типа (по способу крепления планок на основание):

- 1) П1 — планки наклеены лицевой стороной на бумагу, которую снимают после настилки паркета;
- 2) П2 — планки наклеены обратной стороной на эластичный (теплозвукоизоляционный) биостойкий материал,

который остается в конструкции пола после настила паркета. Такой вид паркета также подразделяется на марки А и Б в зависимости от категории качества, породы древесины и обработки планок. Толщина планок мозаичного паркета из древесины лиственных пород — 8 мм, из хвойных пород — 10 мм. Длина планок паркета — от 100 мм до 230 мм, ширина — от 20 до 30 мм.

Паркетные полы иногда выполняются из паркетных досок, которые в зависимости от конструкции основания подразделяются на три типа:

- 1) ПД1 — с однослойным основанием из реек, набранных в квадраты или прямоугольники, расположенные взаимно перпендикулярно;
- 2) ПД2 — с однослойным основанием из реек, набранных в направлении продольной оси паркетной доски;
- 3) ПД3 — с двухслойным основанием из двух склеенных между собой слоев реек или реек и шпона, уложенных во взаимно перпендикулярном направлении. Паркетные доски состоят из основания в виде реек и покрытия из паркетных планок или шпона. Размеры паркетных планок на доске (покрытие) следующие: длина — от 150 до 207 мм, ширина — от 20 до 50 мм; толщина — 6 мм.

Для устройства паркетных полов применяются часто паркетные щиты, которые имеют размеры: от 400 × 400 мм до 800 × 800 мм, толщиной от 22 до 40 мм. Эти щиты состоят из основания, на которое наклеивают паркетные планки по определенному рисунку. На кромках паркетных щитов выполняют пазы для их соединения при помощи шпонок. Паркетные планки на таких щитах имеют следующие размеры: длина — от 100 до 400 мм, ширина — от 20 до 50 мм, толщина — 6 мм.

В последние годы для отделки полов в VIP-салонах, офисах, коттеджах, особняках, виллах применяется художественный паркет — как разновидность щитового. Художественный паркет изготавливается двумя основными способами: «маркетри» — когда рисунок набирают из отдельных планок, различных по цвету и текстуре, плотно пригоняемых одна к другой; «интарсия» (инкрустация) — в основной фон лицевого слоя древесины вставляют отдельные фрагменты древесины других пород с различной текстурой и цветовой гаммой.

4. Полимерные материалы и изделия для полов

Уже на протяжении нескольких десятилетий при обустройстве полов в общественных зданиях, вспомогательных помещениях промышленных предприятий широко используются полимерные материалы и изделия — в виде **рулонных** (линолеум, синтетические напольные покрытия всех видов), **плиток, листов**, а также **мастик, полимерцементных и полимербетонных составов**. Наиболее широко для обустройства полов применяется линолеум поливинилхлоридный. Линолеум в зависимости от структуры выпускается промышленностью трех типов: «МП» — многослойный с лицевым слоем из прозрачной поливинилхлоридной пленки с печатным рисунком; «М» — многослойный одноцветный или мраморовидный; «О» — однослойный одноцветный или мраморовидный; в виде рулонов длиной 12 м, шириной 1200—1400 мм и толщиной 1,5 и 1,8 мм.

Для напольных покрытий часто применяется поливинилхлоридный линолеум на тепло- и звукоизолирующей основе. Такой линолеум используется для обустройства полов в помещениях, где отсутствуют воздействия абразивных материалов (вроде песка), жиров, масел, воды и растворов агрессивных химических материалов. Поливинилхлоридный линолеум на подоснове имеет два слоя: нижний — нетканый иглопробивной материал, служащий тепло- и звукоизолирующей подосновой, верхний покрыт прозрачной лицевой поливинилхлоридной пленкой с различными рисунками или одного цвета; общая толщина 2 слоев — 3,6 мм, ширина — 1350 мм, длина рулона — 12 м.

При устройстве полов в подсобных помещениях промышленных предприятий часто используется резиновый линолеум (релин) многослойный, изготавливаемый из резиновых смесей на основе синтетических каучуков, — одноцветный или многоцветный, с рисунком, в рулонах длиной 12 м, шириной 1000 мм и более, толщиной 3 мм. Этот вид линолеума не дает усадки при эксплуатации, гигиеничен, имеет повышенное шумопоглощение.

Более полувека в строительстве при обустройстве полов в промышленных и общественных зданиях (в подсобных помещениях) применяются **плитки поливинилхлоридные**, одно-

или многоцветные с гладкой или тисненной лицевой поверхностью, размером 300 × 300 мм толщиной 1,5 и 2,5 мм — квадратные или трапециевидные.

В последние годы для покрытия различных полов (дощатых, цементных) стали применяться **синтетические ковровые материалы** — безворсовые и с ворсом. Наиболее широко для обустройства полов в офисах, коттеджах, особняках применяется такое **синтетическое ковровое покрытие**, как ворсолин, нижний слой которого — поливинилхлоридная подоснова, а верхний слой — петлевой ворс из синтетических волокон или смеси синтетических и химических волокон. Такое покрытие выпускается в рулонах длиной 12 м, шириной 1,5—2 м и толщиной 3—5 мм. Импортируемые аналогичные ковровые покрытия имеют ширину 2, 3, 4 и 5 м.

При строительстве промышленных предприятий уже много лет применяются различные **пастообразные мастичные полимерные материалы** для бесшовного покрытия полов (бетонных или железобетонных оснований).

ЛЕКЦИЯ № 18. Строительные материалы

1. Материалы из природного камня

Материалы из природного камня в строительстве применяются с незапамятных времен. Основными и широко используемыми материалами из природного камня являются **песок (горный и речной), гравий, мел, каолин, щебень**, которые относятся к грубообработанным каменным материалам. Кроме перечисленных материалов, в строительстве применяются обработанные каменные материалы: пиленые штучные камни и блоки для стен, камни, плиты и профильные изделия с различно обработанной поверхностью для наружной и внутренней облицовки зданий и сооружений.

По существующим строительным нормам и правилам природные каменные материалы классифицируют по следующим признакам: объемной массе — тяжелые — с объемной массой более 1800 кг/м^3 и легкие — менее 1800 кг/м^3 ; по пределу прочности при сжатии — на марки: 4, 7, 10, 15, 25, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800 и 1000 — соответственно от 0,4 до 100 Мпа. Самым распространенным и применяемым каменным материалом в строительстве является песок горный и речной.

Не менее широко в строительстве применяются такие каменные материалы, как мел и каолин.

Мел представляет собой осадочную горную породу, по химическому составу — чистый углекислый кальций CaCO_3 .

В строительстве и лакокрасочной промышленности также широко применяется каолин — продукт разрушения горных пород, содержащих полевые шпаты. Каолин — это белая глина, по химическому составу является водным силикатом алюминия; добавляют в колеры, содержащие мел, для улучшения их малярно-технических качеств.

Для дорожного строительства и при изготовлении бетонных и железобетонных изделий постоянно и в больших объе-

мах используется гравий доломитовый или гранитный, который представляет собой продукт разрушения горных пород, в виде мелких или относительно крупных камней (отшлифованных водой) размером от 5 до 75,0 мм, средней плотностью более 2 г/см³.

Гравий по морозостойкости подразделяется на марки: М_{рз} 15, 25, 50, 100, 150, 200, 300.

В качестве крупного заполнителя для бетонов монолитных, сборных бетонных и железобетонных изделий, а также в дорожном строительстве постоянно и в больших количествах используется щебень — в виде каменных кусков неправильной формы размерами от 15 мм до 150 мм. Щебень бывает природный (дресва) и дробленый. Дробленый щебень получается путем измельчения крупных кусков горных пород на щебеночных заводах.

По морозостойкости щебень подразделяется на следующие марки: М_{рз} 15, 25, 50, 100, 150, 200, 300.

Аналогично щебню применяется бутовый камень — в строительстве для устройства фундаментов, в качестве заполнителя бутобетона при возведении бетонных и железобетонных массивных сооружений, при прокладке и ремонте автомобильных дорог. Размеры кусков бутового камня — от 150 до 500 мм. По морозостойкости бутовый камень подразделяется на марки: М_{рз} 15, 25, 50, 100, 150, 200, 300.

В строительстве широко и в больших объемах применяются различные каменные стеновые материалы — кирпич, камни, мелкие блоки и плиты, которые делятся на рядовые, предназначенные для кладки наружных и внутренних стен, и лицевые — для облицовки стен.

2. Бетоны

Применение бетонов различных видов является важной составной частью строительства различных промышленных и гражданских объектов. Бетон представляет собой искусственный каменный материал, полученный в результате формования и твердения бетонной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды, заполнителей и специальных добавок в определенной пропорции. По виду заполнителя бетоны бывают: на плотных заполнителях, на специальных заполни-

телях, на органических заполнителях. В зависимости от объемной массы бетоны подразделяются: особо тяжелые — объемной массой более 2500 кг/м³; тяжелые — 2000—2500 кг/м³; облегченные — 1800—2200 кг/м³; легкие — 500—1800 кг/м³. Легкие бетоны изготавливаются следующих видов: на пористых и искусственных заполнителях; ячеистые бетоны; крупнопористые бетоны; особо легкие — объемной массой менее 500 кг/м³. Бетоны готовят непосредственно на строительных объектах, используя бетоносмесительные установки различных объемов.

Для изготовления различных бетонных и железобетонных конструкций применяются тяжелые (конструкционные) бетоны, приготовляемые на цементном вяжущем, плотных крупных и мелких заполнителях.

Легкие бетоны готовят с использованием цементного вяжущего и пористого крупного заполнителя или плотного мелкого заполнителя, применяются в промышленности, сельскохозяйственном и других видах строительства.

Для легких бетонов установлены следующие классы и марки: классы по прочности для конструкционных бетонов — В2,5; В3,5; В5...В40; классы по прочности для теплоизоляционных бетонов — В0,35; В0,75; В1. К легким бетонам относится арболит, изготавливаемый на цементном вяжущем, органических заполнителях и химических добавках. Арболит и изделия из него предназначаются для применения в зданиях различного назначения с относительной влажностью воздуха помещений не более 60% и при отсутствии агрессивных сред (жидких и газообразных).

В строительстве часто применяются ячеистые бетоны, которые в зависимости от назначения подразделяются на теплоизоляционные, конструктивно-теплоизоляционные, конструкционные и специальные, кроме того, они делятся по виду порообразования на газобетоны и пенобетоны. По условиям твердения ячеистые бетоны могут быть автоклавные и неавтоклавные. Для ячеистого бетона установлены следующие классы и марки: классы по прочности на сжатие — В0,35; В0,75; В1; В1,5; ... В20; марки по средней плотности — D300, D400, D500...D1200.

Марки силикатного бетона по средней плотности — D1000, D1100, D1200 ... D2400.

Бетонными заводами выпускаются также жаростойкие бетоны, предназначенные для изделий, конструкций и сооружений, работающих в условиях воздействия температуры свыше +200 °С.

Для изготовления изделий и конструкций, работающих в различных условиях, воздействия агрессивных сред выпускаются химически стойкие бетоны на основе фурановых, фураноэпоксидных, карбамидных, акриловых синтетических смол (полимербетоны) и жидкого натриевого или калиевого стекла с полимерной добавкой (полимерсиликатные бетоны).

3. Строительные растворы

При строительстве зданий и сооружений с применением кирпича, стеновых блоков и панелей используются различные строительные растворы. Когда выполняют кирпичную кладку, монтаж стеновых блоков и панелей, применяют цементные растворы, которые имеют составы от 1 : 1 до 1 : 6, т. е. на одну объемную часть цемента берут от 1 до 6 частей песка (чаще всего применяются растворы 1 : 1 и 1 : 2). Цементные растворы в пропорции 1 : 3 или 1 : 4 используют для оштукатуривания нижних частей фундаментов, находящихся во влажной среде, цоколей и наружных стен зданий. Кроме цементных растворов применяются еще другие виды растворов: **известковые, гипсовые и смешанные**. Все растворы подразделяются по средней плотности в сухом состоянии — на тяжелые, средней плотностью 1500 кг/м³ и более, и легкие, средней плотностью менее 1500 кг/м³; по пределу установлены марки: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200.

Марка раствора и соотношения в составах зависит от марки цемента. Например, марка раствора цементного 50, с применением цемента М-400 состав будет 1 : 6 (на одну часть цемента — 6 частей песка). Цементно-известковые растворы (смешанные) применяют для оштукатуривания наружных стен, увлажняемых частей здания. Составы цементно-известковых растворов (цемент: известковое тесто: песок) в объемных частях: 1 : 1 : 1; 1 : 2 : 8; 1 : 2 : 11 и 1 : 3 : 15; эти пропорции зависят от марки цемента. Известково-гипсовые растворы предназначаются в основном для оштукатуривания деревян-

ных поверхностей неувлажняемых помещений, а также каменных, фибролитовых поверхностей. Известковые растворы служат для оштукатуривания сухих помещений, конструкций из камня, кирпича, дерева и самана. Количество добавляемого песка в раствор зависит от «жирности» глины. Для улучшения прочности и качества работ при кладке и оштукатуривании в состав строительных растворов вводят органические пластификаторы — микропенообразователи (мылонафт, подмыленный щелок, отходы соапстока и др.).

Для отделки фасадов зданий и интерьеров внутренних помещений, а также при заводской отделке лицевых поверхностей стеновых панелей и крупных блоков применяются декоративные растворы: терразитовые, цементно-песчаные, известково-песчаные. Для получения нужного дизайна в указанные растворы для декоративной штукатурки вводятся красящие добавки — пигменты (светостойкие, щелочестойкие и кислотостойкие — природные и искусственные).

Для заполнения каналов предварительно напряженных железобетонных конструкций применяются так называемые инъекционные растворы — цементно-песчаные и цементные.

Для кладки промышленных печей и других тепловых агрегатов, выполняемых из алюмосиликатного кирпича, применяется специальный шамотно-цементный раствор, который является жаростойким. Для аналогичных работ применяется и шамотно-бокситовый раствор (при кладке элементов печей, работающих при температуре от +1300 до +1350 °С). При изготовлении указанных жаростойких растворов в качестве вяжущего в шамотно-цементных растворах применяют портландцемент и пластифицированный портландцемент, а в шамотно-бокситовом растворе — натриевое жидкое стекло с модулем 2,5—3.

4. Неорганические заполнители для бетонов

В качестве неорганических заполнителей для бетонов применяются нерудные строительные материалы, щебень, шлак и песок из отходов различных производств, а также пористые природные и искусственные материалы. Щебень и песок из отходов промышленности (горно-добывающей и перерабатывающей) относятся к **плотным материалам**. По-

ристыми природными материалами являются туф и пемза вулканического происхождения. **Крупными заполнителями** являются щебень и гравий, мелким — песок.

В качестве крупного плотного заполнителя при изготовлении тяжелого бетона сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций, деталей зданий и сооружений применяется шлаковый щебень. По прочности щебень из плотных металлургических шлаков подразделяется на следующие марки: ДР 15, ДР 25, ДР 35, ДР 45.

При изготовлении легких бетонов (теплоизоляционного и конструкционного) применяются гравий и песок керамзитовые в качестве заполнителей. Эти материалы являются пористыми искусственными заполнителями.

Песок керамзитовый получают путем дробления керамзитового гравия. В зависимости от плотности гравий каждой фракции подразделяется на марки: 250, 300, 350, 400, 450, 500 и 600. Песок керамзитовый в зависимости от плотности и фракции имеет марки от 500 до 900.

При изготовлении конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов в качестве заполнителей применяются щебень (гравий) и песок термолитовые.

Для изготовления конструкционных легких бетонов в качестве заполнителей широко применяются щебень и песок аглопоритовые, которые получают дроблением спеков, образующихся в результате агломерации гранулированной шихты, составленной из природного минерального сырья и промышленных отходов.

При изготовлении теплоизоляционных и конструкционных легких бетонов, кроме вышперечисленных пористых искусственных заполнителей, используются шунгизитовые гравий и песок. Такой гравий получают при обжиге шунгитсодержащих пород, а песок — путем дробления этого гравия. Шунгизитовый гравий каждой фракции в зависимости от насыпной плотности подразделяют на марки 200, 250, ... 550, а песок из вышеуказанного гравия — на марки 500—900.

В строительстве с давних пор широко применяются песок и щебень, перлитовые вспученные, получаемые путем измельчения и термической обработки вулканических водосодержащих пород. Эти материалы применяются при изготовлении легких бетонов, а песок перлитовый еще используется для

теплоизоляционных засыпок, штукатурных растворов, тепло- и звукоизоляционных материалов, изделий. Марки вспученного перлитового песка по насыпной плотности — от 75 до 500, а щебня — от 200 до 500.

Более пятидесяти лет в строительстве используется в качестве теплоизоляционной засыпки при температуре изолируемых поверхностей от $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ такой замечательный материал, как вермикулит вспученный. Исходным сырьем для получения вспученного вермикулита путем обжига, являются природные гидратированные слюды. Марки вермикулита по насыпной плотности — 100, 150, 200.

5. Изделия на основе минеральных вяжущих материалов

На протяжении многих лет (в XX—XXI вв.) в строительстве повсеместно применяются различные изделия на основе минеральных вяжущих материалов. Самыми распространенными при производстве строительных работ являются гипсовые и гипсобетонные изделия.

Плиты гипсовые часто применяются для устройства перегородок в зданиях с сухим и нормальным режимом помещений. Широко применялись в XX в. и применяются сейчас листы гипсокартонные для отделки и устройства стен и перегородок в зданиях и помещениях с сухим и нормальным влажностным режимом, а также для изготовления декоративных и звукопоглощающих изделий. Для устройства несущих перегородок в зданиях различного назначения используются панели гипсобетонные, изготавливаемые из бетона на гипсовом или гипсосодержащем вяжущем.

Повсеместно в строительстве применяются различные асбестоцементные изделия: плоские и профилированные листы, плиты и панели — для стен и покрытий, трубы и фасонные детали.

Изделия из асбоцемента обладают многими ценными свойствами: морозостойкостью, водонепроницаемостью, высокой теплопроводностью, легко полируются и поддаются механической обработке, не поддаются гниению, огнестойки.

С давних пор в строительстве применялась и применяется черепица (для обустройства кровель) цементно-песчаная, из-

готовляемая из смеси портландцемента, песка и глины. Такая черепица имеет следующие размеры: длина 390 мм, ширина 240 мм и толщина 8—10 мм, глубина пазов около 5 мм, а высота шипов для подвески — не менее 10 мм. Для прикрепления к обрешетке крыши в черепице при изготовлении делается одно сквозное отверстие в перекрываемой части.

В городах для устройства сборных покрытий тротуаров, садово-парковых и пешеходных дорожек, посадочных площадок на линиях общественного транспорта широко и повсеместно применяются плиты бетонные тротуарные, изготавливаемые из тяжелых бетонов с различными добавками, обеспечивающими длительную эксплуатацию таких изделий. Плиты бетонные тротуарные выполняются в виде квадрата, прямоугольника, правильного шестиугольника или криволинейных замкнутых фигур.

На основе минеральных вяжущих материалов изготавливаются различные архитектурно-строительные изделия в виде плит облицовочных декоративных с мозаичной, орнаментной поверхностями, предназначенных для наружной и внутренней облицовки элементов зданий и сооружений. Изготавливаются также плиты бетонные фасадные, применяемые для облицовки стен и цоколей каменных зданий и сооружений.

Кроме вышеперечисленных изделий в строительстве (в основном малоэтажном) для несущих и ограждающих конструкций жилых, общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий применяются стеновые бетонные камни. Эти камни изготавливаются в виде полнотелых и пустотелых прямоугольных параллелепипедов, бывают рядовыми и лицевыми. Вторые делаются с окрашенными и неокрашенными лицевыми поверхностями.

Камни бетонные стеновые выпускаются бетонными заводами следующих типов: «СКЦ» — на цементном вяжущем; «СКИ» — на известковом; «СКШ» — на шлаковом; «СКГ» — на гипсовом вяжущем.

6. Сборные бетонные и железобетонные изделия

Применение сборных бетонных и железобетонных изделий составляет основу капитального строительства во многих

отраслях хозяйства страны. В жилищно-гражданском строительстве используется большой ассортимент сборных бетонных и железобетонных изделий: фундаменты железобетонные монолитные, стеновые блоки, железобетонные панели перекрытий, лестничные марши и площадки, панели стен и перегородок, подоконные плиты, ригели, балконы, блоки санитарных узлов, парапеты и другие изделия. Железобетон — это основной строительный материал, в котором объединены вместе бетон (различных видов — легкий, тяжелый и т. д.) и стальная арматура (из специальных сталей марки 35ГС-АП, А-III, А-IV классов), располагаемая в растянутой зоне конструкции и воспринимающая растягивающие напряжения. На бетон в таком изделии передаются сжимающие напряжения. Железобетонные конструкции бывают монолитные, бетонированные на месте строительства (залитые монолитные железобетонные фундаменты, а также несущие стены зданий — с применением специальной опалубки — по новой технологии строительства жилых домов), и сборные, монтируемые на строительной площадке из отдельных элементов (панелей стеновых или блоков в крупнопанельном домостроении).

Для промышленного строительства также используется большая номенклатура сборных бетонных и железобетонных изделий: фундаментные блоки (ФБС-4, ФБС-5 и т. д.), подушки, балки, ригель, сборные бетонные и железобетонные сваи, фермы, арки, подкрановые балки, лестничные марши и площадки и др. В транспортном строительстве широко используются железобетонные шпалы (взамен деревянных), элементы пассажирских и грузовых платформ, водопропускные железобетонные лотки и трубы, а также сборные бетонные и железобетонные пролетные строения мостов.

Много разнообразных сборных бетонных и железобетонных изделий применяется в сельскохозяйственном строительстве: фундаментные блоки (ФБС1, ФБС-2, ФБС-3 и т. д.), фундаментные подушки, залитые монолитные железобетонные фундаменты, фермы, сваи-колонны, балки, панели перекрытий, стен и перегородок, элементы теплиц, парников, силосных сооружений, лотки железобетонные (Л-3, Л-4, Л-5), элементы сборных железобетонных колодцев.

Для систем мелиорации изготавливаются такие сборные бетонные и железобетонные изделия, как трубы для напор-

ных трубопроводов с предварительно напряженной арматурой, трубы безнапорные гладкие, лотки железобетонные (Л-4, Л-5, Л-6), железобетонные кольца и крышки, железобетонные плиты (укладывают в русла открытых оросительных каналов).

В городских системах канализации также применяются трубы железобетонные безнапорные раструбные, трубы безнапорные гладкие, железобетонные кольца и крышки.

Для обустройства ограждения важных промышленных объектов (атомные электростанции, военные заводы и полигоны и т. д.) применяются элементы сборных железобетонных оград. При прокладке воздушных линий электропередач и связи широко используются железобетонные опоры различных форм — круглые, квадратные, прямоугольные, эти же изделия применяются и при электрификации железных дорог.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ № 1. Строение древесины	3
1. Виды древесных пород и части дерева	3
2. Макроскопическое строение древесины	4
3. Микроскопическое строение древесины хвойных и лиственных пород	6
4. Химический состав древесины	8
ЛЕКЦИЯ № 2. Виды пороков древесины	10
1. Сучки, трещины	10
2. Пороки формы ствола	11
3. Пороки строения древесины	13
4. Грибные поражения	16
5. Химические окраски, биологические повреждения и покоробленность	18
6. Инородные включения, механические повреждения и пороки механической обработки	19
ЛЕКЦИЯ № 3. Древесные породы	22
1. Определитель древесных пород	22
2. Основные хвойные породы	23
3. Основные лиственные породы	25
4. Породы ограниченного применения	26
5. Экзотические породы	28
ЛЕКЦИЯ № 4. Свойства древесины	30
1. Цвет, блеск и текстура древесины	30
2. Влажность древесины и свойства, связанные с ее изменением	31
3. Плотность древесины. Тепловые свойства древесины	33
4. Электрические и акустические свойства древесины	35
5. Прочность древесины	36
6. Технологические свойства древесины	38

ЛЕКЦИЯ № 5. Сплавы	41
1. Строение металлов	41
2. Кристаллизация и структура металлов и сплавов	42
3. Диффузионные и бездиффузионные превращения	44
4. Классификация сплавов. Железо и его сплавы	45
5. Диаграммы состояния сплавов	47
ЛЕКЦИЯ № 6. Механические свойства металлов	50
1. Деформация и разрушение	50
2. Механические свойства металлов	52
3. Способы упрочнения металлов и сплавов	53
ЛЕКЦИЯ № 7. Железоуглеродистые сплавы	55
1. Диаграмма железо—цементит	55
2. Стали: классификация, автоматные стали	57
3. Чугуны: белые, серые, высокопрочные, ковкие	58
ЛЕКЦИЯ № 8. Способы обработки металлов	61
1. Влияние легирующих компонентов на превращения, структуру, свойства сталей	61
2. Теория термической обработки	62
3. Диаграмма изотермического превращения аустенита	64
4. Виды и разновидности термической обработки: отжиг, закалка, отпуск, нормализация	66
5. Поверхностная закалка	68
6. Химико-термическая обработка: цементация, нитроцементация	69
7. Химико-термическая обработка: азотирование, ионное азотирование	71
ЛЕКЦИЯ № 9. Классификация сталей и их назначение	73
1. Углеродистые и легированные конструкционные стали: назначение, термическая обработка, свойства	73
2. Стали, устойчивые против коррозии	74
3. Жаропрочные стали и сплавы	76
4. Инструментальные материалы: инструментальные и быстрорежущие стали	77
ЛЕКЦИЯ № 10. Твердые и сверхтвердые сплавы	80
1. Твердые сплавы и режущая керамика	80
2. Сверхтвердые материалы	81
3. Материалы абразивных инструментов	83

ЛЕКЦИЯ № 11. Сплавы цветных металлов	85
1. Цветные металлы и сплавы, их свойства и назначение	85
2. Медные сплавы	86
3. Алюминиевые сплавы	88
4. Титановые сплавы	89
5. Цинковые сплавы	91
ЛЕКЦИЯ № 12. Свойства неметаллических материалов	93
1. Неметаллические материалы	93
2. Полимеры: строение, полимеризация и поликонденсация, свойства	94
3. Пластмассы: термопластичные, термореактивные, газонаполненные	96
4. Эластомеры	97
5. Резины	99
6. Герметики	100
ЛЕКЦИЯ № 13. Стекло. Декоративные материалы	103
1. Стекло: неорганическое и органическое	103
2. Ситаллы, металлические стекла	104
3. Полиморфные модификации углерода и нитрида бора	106
4. Композиционные материалы	107
5. Синтетические облицовочные материалы	108
6. Декоративные бумажно-слоистые пластики	110
ЛЕКЦИЯ № 14. Изоляционные материалы	112
1. Классификация теплоизоляционных материалов	112
2. Виды тепло- и звукоизоляционных материалов	113
3. Гидроизоляционные материалы	115
4. Электроизоляционные материалы	116
5. Смазочные материалы	118
6. Виды кровельных материалов	119
7. Облицовочные материалы и их применение	121
ЛЕКЦИЯ № 15. Клеи	123
1. Классификация клеев и требования к ним	123
2. Синтетические термореактивные клеи	124
3. Синтетические термопластичные клеи	126
4. Каучуковые клеи	127

5. Белковые клеи	129
6. Клеящие пленки и ленты	130
ЛЕКЦИЯ № 16. Отделочные материалы	132
1. Назначение отделочных материалов. Материалы для подготовки поверхности к отделке	132
2. Лаки и политуры для прозрачной отделки	133
3. Краски и эмали для непрозрачной отделки	135
4. Олифы	136
ЛЕКЦИЯ № 17. Полы	139
1. Виды полов	139
2. Материалы и изделия для дощатых полов	140
3. Материалы и изделия для паркетных полов	142
4. Полимерные материалы и изделия для полов	144
ЛЕКЦИЯ № 18. Строительные материалы.	146
1. Материалы из природного камня	146
2. Бетоны	147
3. Строительные растворы	149
4. Неорганические заполнители для бетонов	150
5. Изделия на основе минеральных вяжущих материалов	152
6. Сборные бетонные и железобетонные изделия	153

Алексеев В. С.

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.
КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

Завредакцией: *М. С. Пятибратова*
Выпускающий редактор: *Е. В. Зябликова*

Формат: 84 × 108/32
Гарнитура: «Ньютон»