

Конструкционные материалы

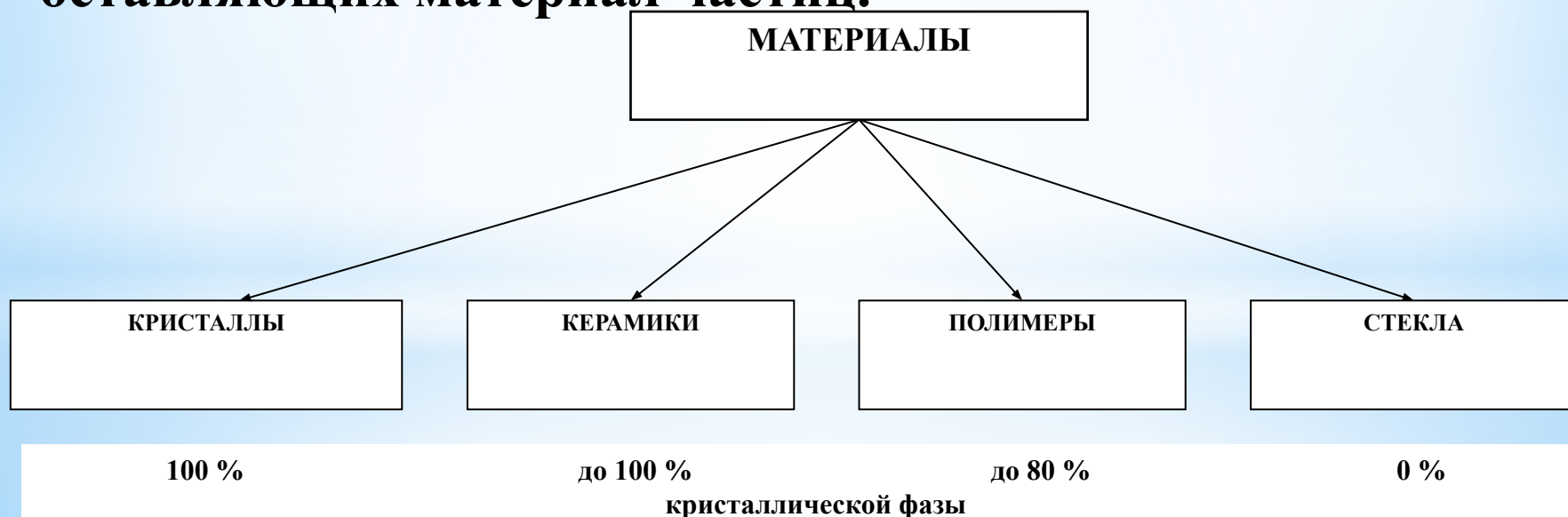
К.т.н., доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения»

Серов Антон Вячеславович



Материаловедение – это прикладная наука о связи между составом, структурой и свойствами материалов, а также о влиянии различных видов обработки на их структуру и свойства.

Структура – состав, размеры и форма, оличественное соотношение и пространственное расположение оставляющих материал частиц.



Цель: Создание новых материалов с заданными свойствами

Задачи:

Создание и исследование свойств новых материалов

Совершенствование технологий получения материалов

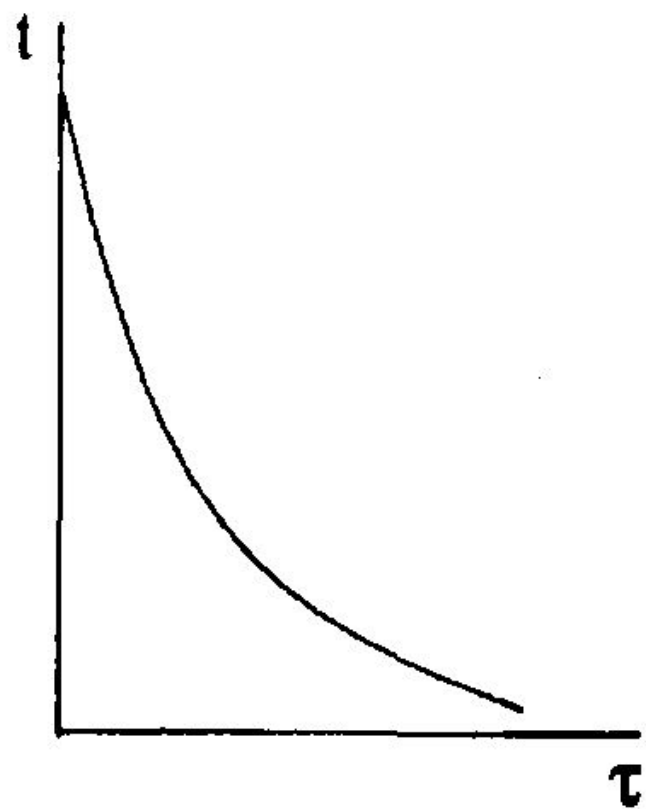
Разработка новых технологий получения материалов

Исследование влияния обработки на свойства и структуру материалов

Снижение себестоимости получения материалов

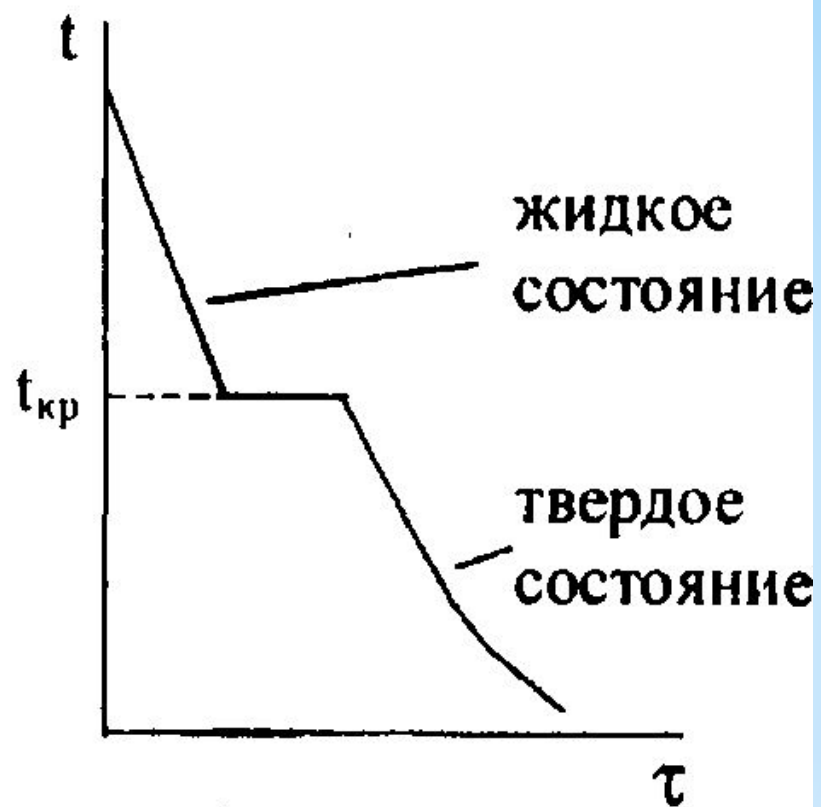
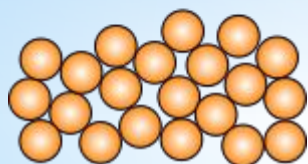
Повышение качества получаемых материалов





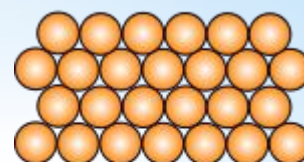
а

amorphe



б

cristal



Кристаллическими называются тела, в которых элементарные частицы расположены различно, но закономерно и образуют кристаллическую решетку. Кристаллическая решетка имеет ионно-электронное строение.

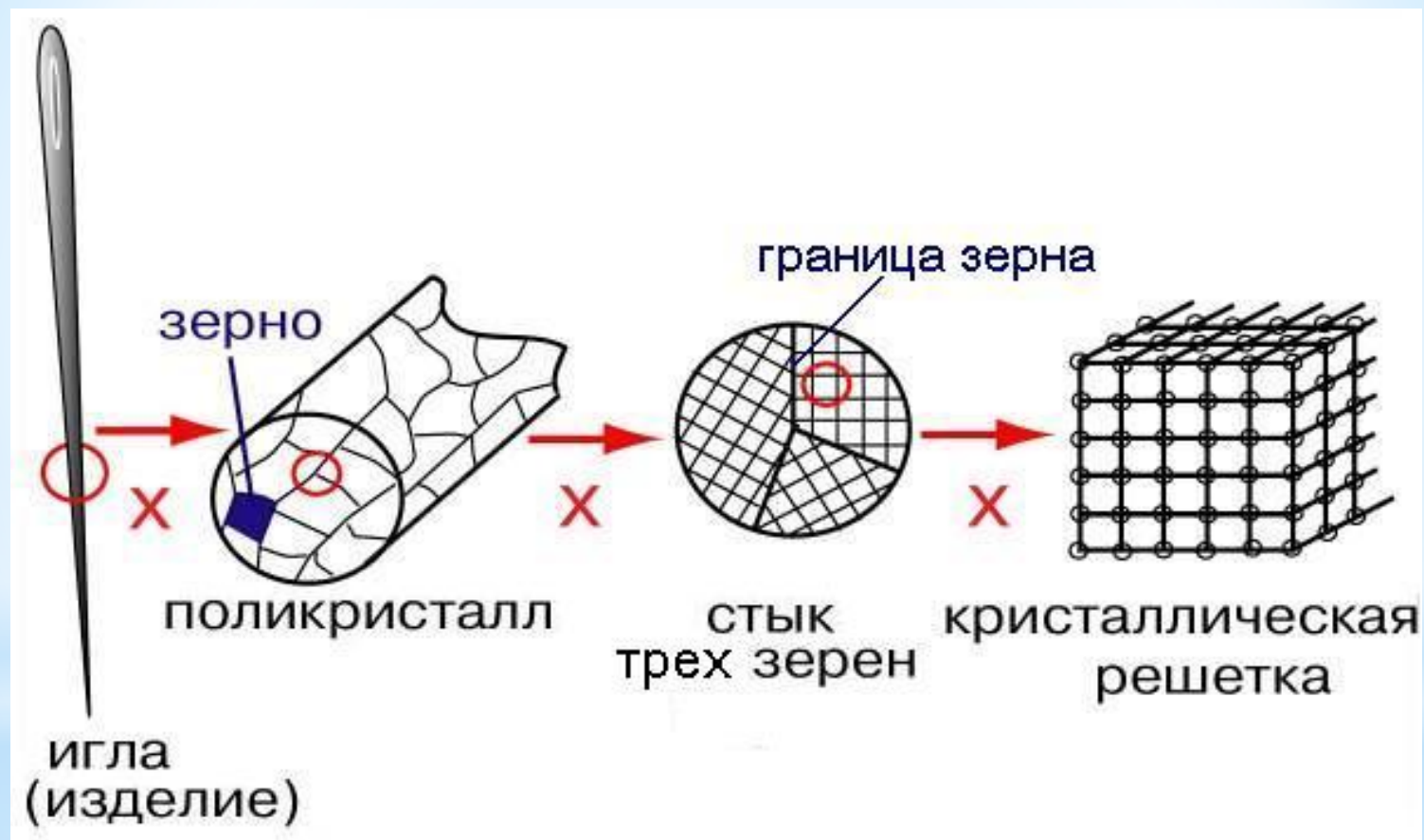
*** В периодической системе элементов
Д.И.Менделеева из 118 элементов -
76 металлы**

*Металлы - это простые
кристаллические вещества, имеющие
атомарно-кристаллическое строение
и обладающие особыми
металлическими свойствами
(пластичность, электро- и
теплопроводность, металлический
блеск и др.)*

* По физико-химическим свойствам металлы делятся на следующие группы:

тугоплавкие	легкоплавкие	легкие	магнитные	благородные	редкоземельные
Температура плавления выше, чем у Fe (1539 °C)	Тпл < 500 °C	Плотность не более 2,75 Мг/м³	Обладают ферромагнитными свойствами	Обладают высокой химической стойкостью, в том числе и при повышенных температурах	Лантаноиды, которые применяют как присадки
W, Ta, Mo, Cr, Pt, Ti и др.	Zn, Pb, Cd, Tl, Bi, Sn, In, Na, Hg и др.	Al, Cs, Be, Mg, Rb, Na, Li и др.	На основе Fe, Co, Ni	Au, Ag, Pt, Pd, Ir, Rh, Os, Ru	

Кристаллическое строение металлов



сила
взаимодействия

Модель взаимодействия между
частицами вещества

F_r

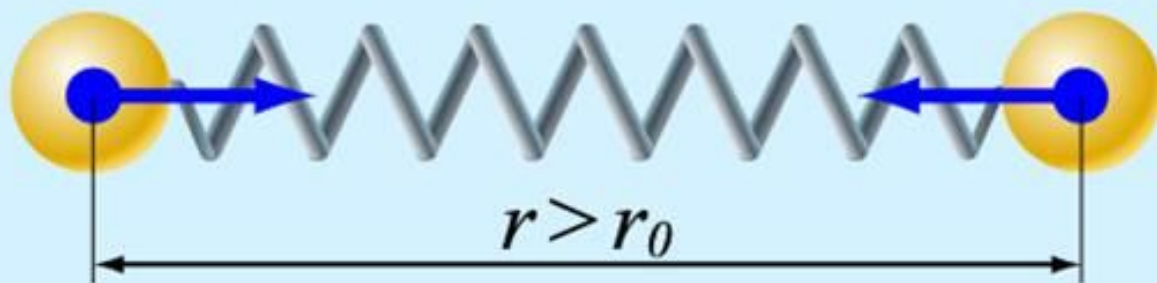
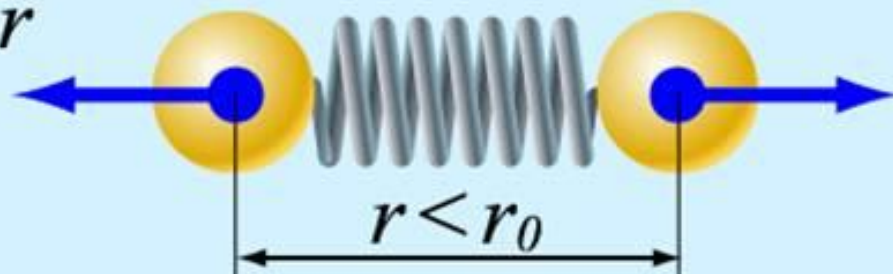
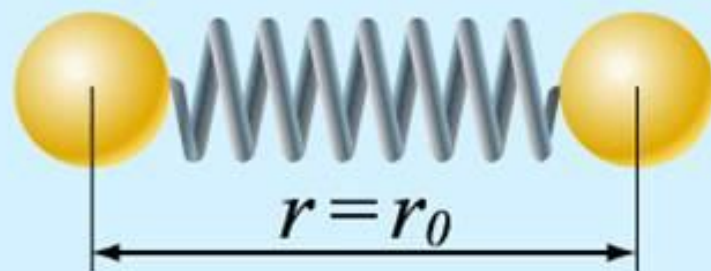
сила
отталкивания

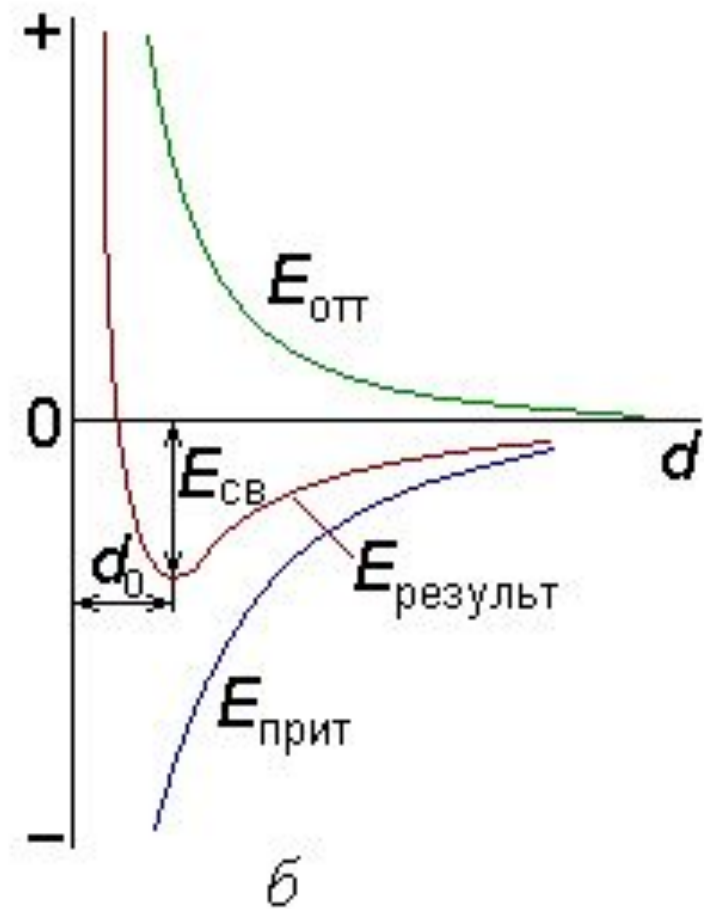
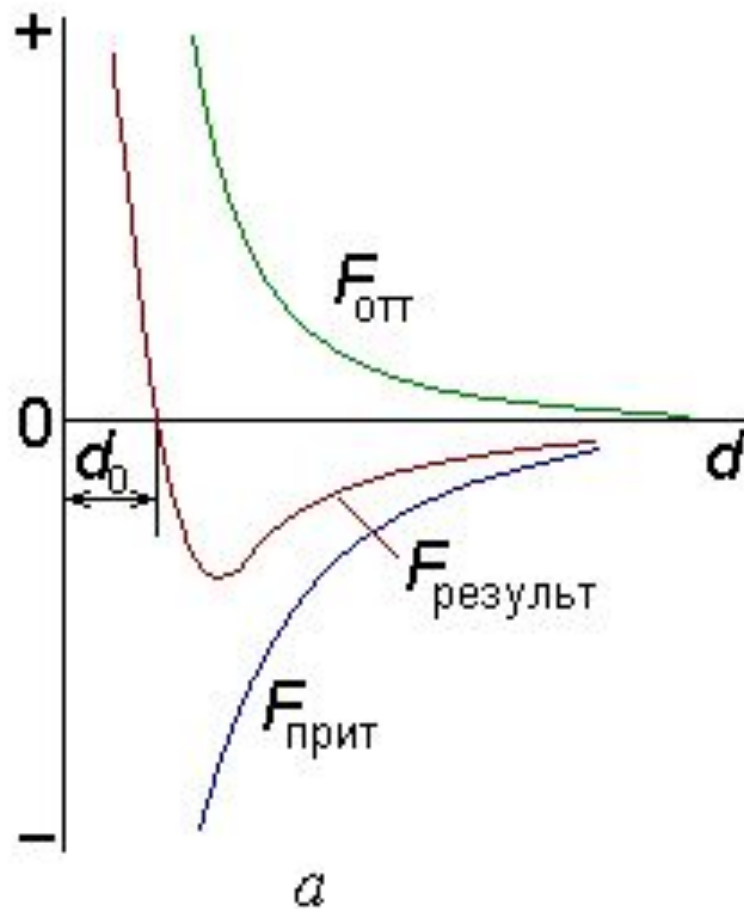
0

r_0

r

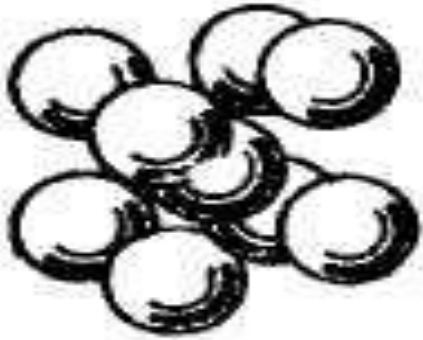
сила
притяжения



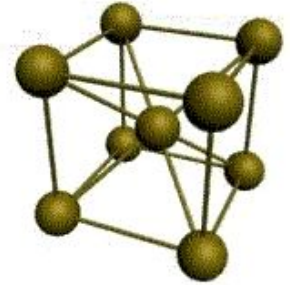


**Зависимость сил межатомного взаимодействия (а)
и энергии взаимодействия (б) от расстояния между атомами**

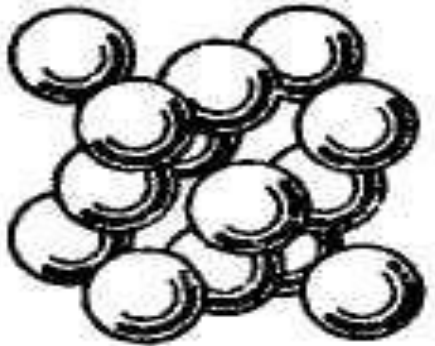
* ОЦК (объемноцентрированная кубическая решетка)



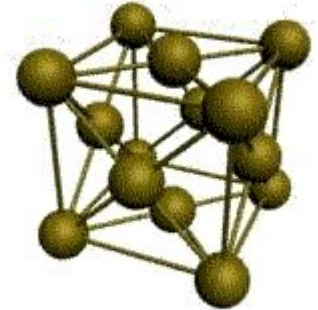
* W, V, Cr, Ti_B, Fe_α



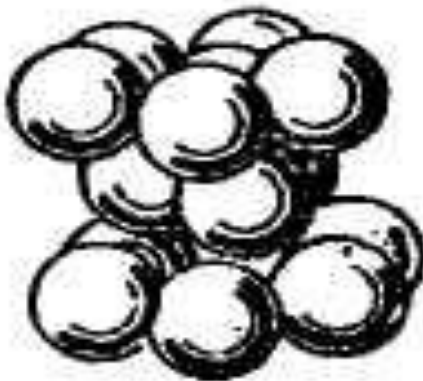
* ГЦК (гранецентрированная кубическая решетка)



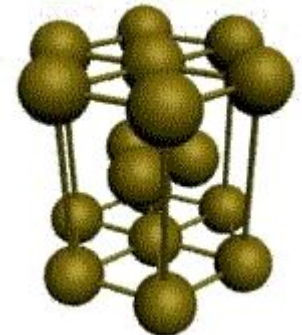
* Ni, Cu, Sn, Fe_γ



* ГПУ (гексагональная плотноупакованная решетка)



* Ti_α, Be



Анизотропия в кристаллах

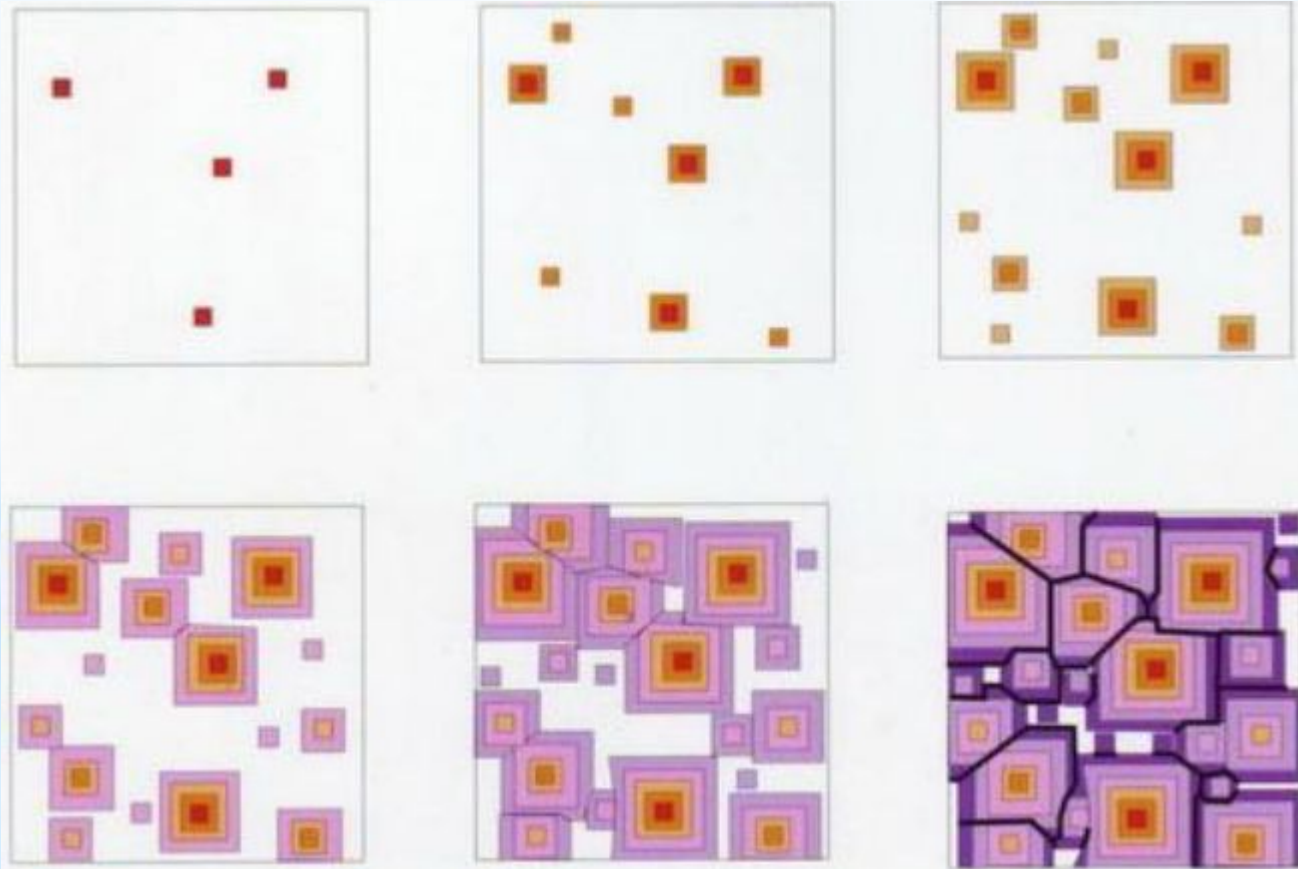
Анизотропия - Зависимость свойств от направления в кристаллической решетке.

Так, например, в ГЦК решетке расстояние между атомами вдоль ребра куба на 41 % больше, чем вдоль диагонали грани и это приводит к различию модуля упругости, магнитных и других характеристик измеренных в этих направлениях. Наиболее сильно анизотропия проявляется в кристаллах со структурами, обладающими малой симметрией (ромбическая, моноклинная).

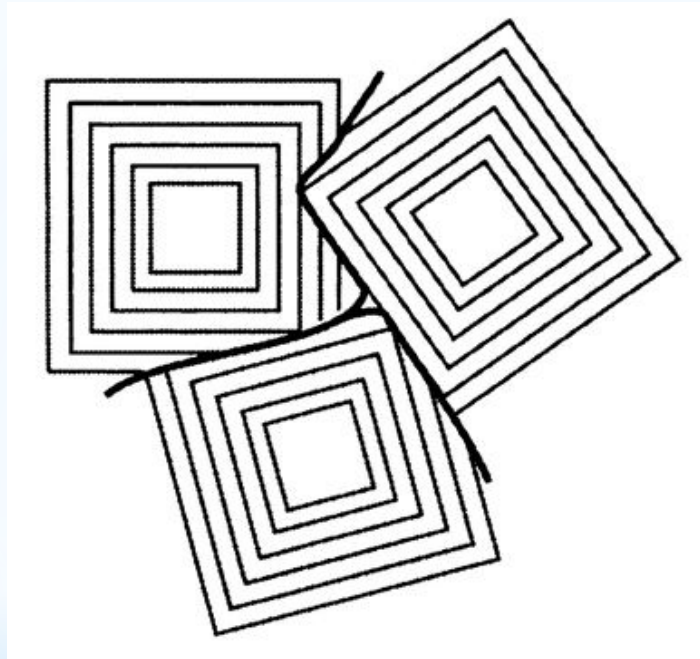
*Полиморфизм (аллотропия)

Полиморфизм (аллотропия) – свойство материалов при изменении внешних факторов (температура, давление) образовывать разные типы кристаллических решеток. Этим свойством обладает около 30 металлов, и оно сохраняется в большинстве сплавов на основе этих металлов.

Кристаллизация металлов происходит в процессе образования центров кристаллов и их последующего роста. В результате кристаллизации реальные металлы имеют зернистое строение.

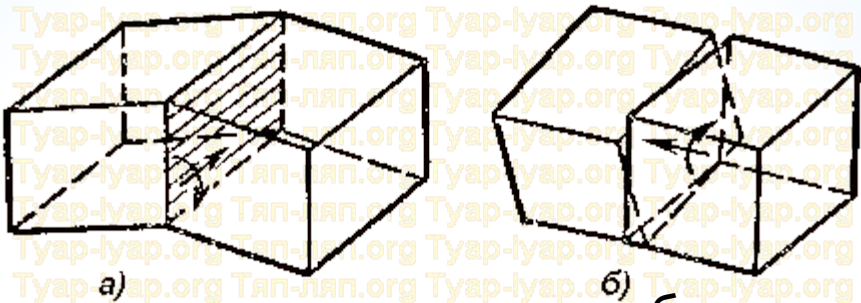


Зерно – объем металла с определенным направлением роста кристаллической решетки.



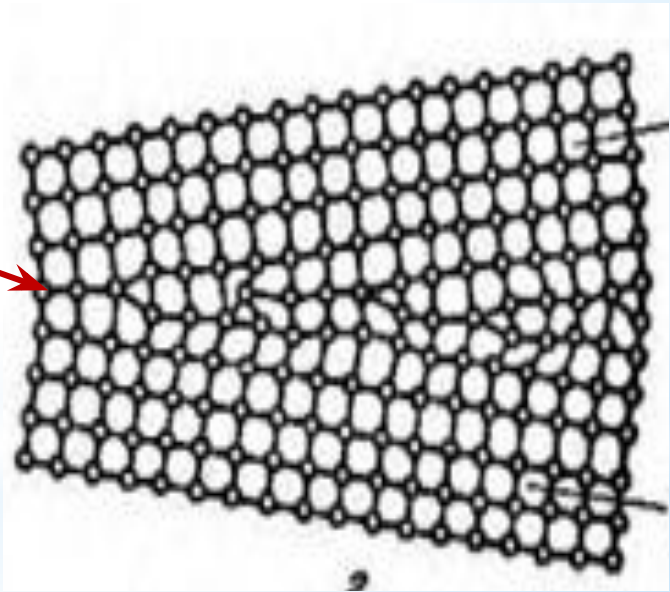
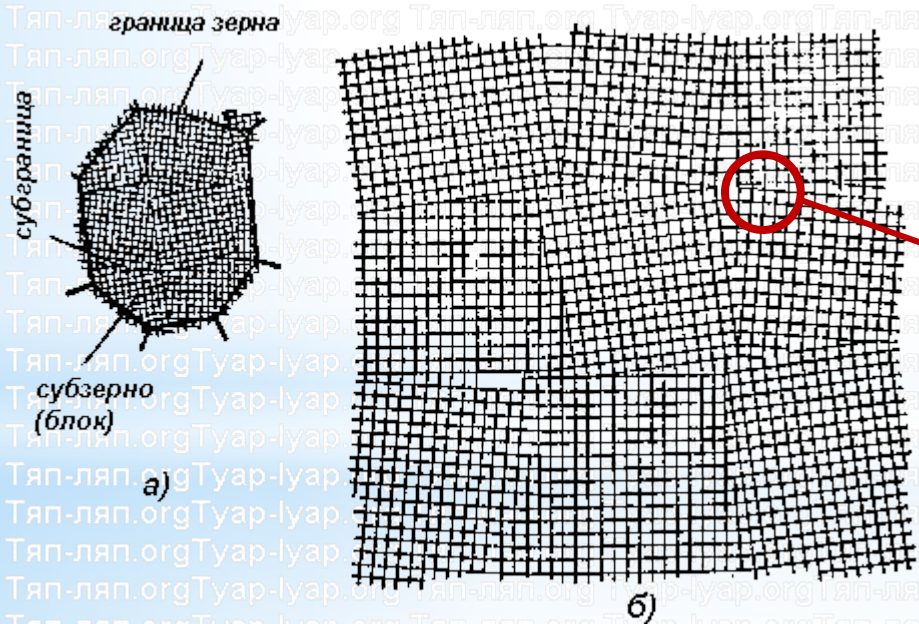
Граница зерна – область искаженной решетки в месте стыка зерен, возникающая из-за случайной ориентации образовавшихся центров кристаллизации.

Схема взаимного расположения зерен металла:



а - граница между взаимно наклоненными зернами; б - граница между взаимно смещенными(скрученными) зернами

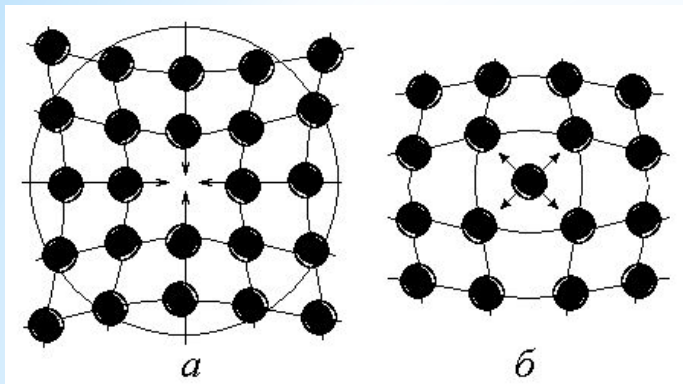
Схема кристалла(зерна) металла с его границами(ширина границ 5-10 межатомных расстояний)



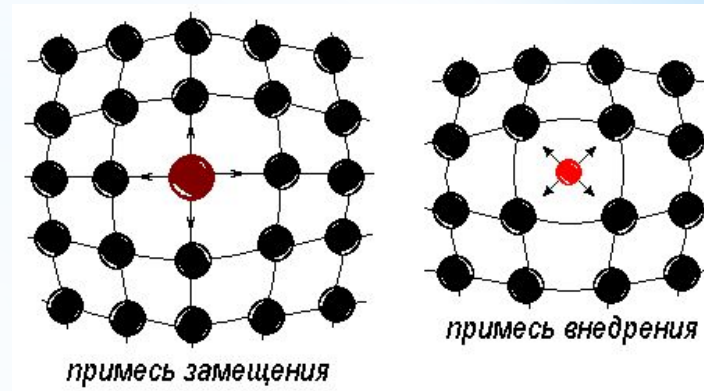
а - общий вид; б - блочная(мозаичная) структура внутри зерна;

Дефекты кристаллического строения

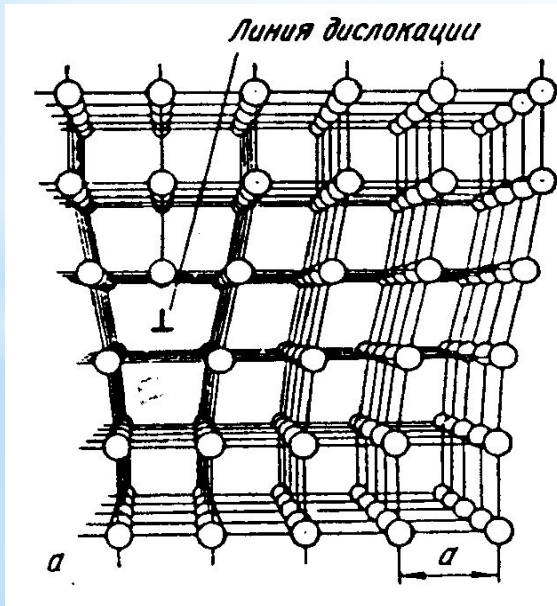
Точечные дефекты



Вакансия (а) и Межузельный атом (б)



Линейные дефекты



Краевая дислокация

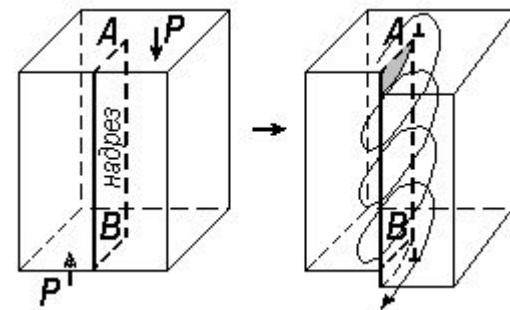


Рис. 9. Винтовая дислокация

Диффузия

Диффузия - это перенос вещества, который вызывается беспорядочным тепловым движением диффундирующих частиц.

Основными типами движения при диффузии в твердых телах являются случайные периодические скачки атомов из узла кристаллической решетки в соседний или вакансию.

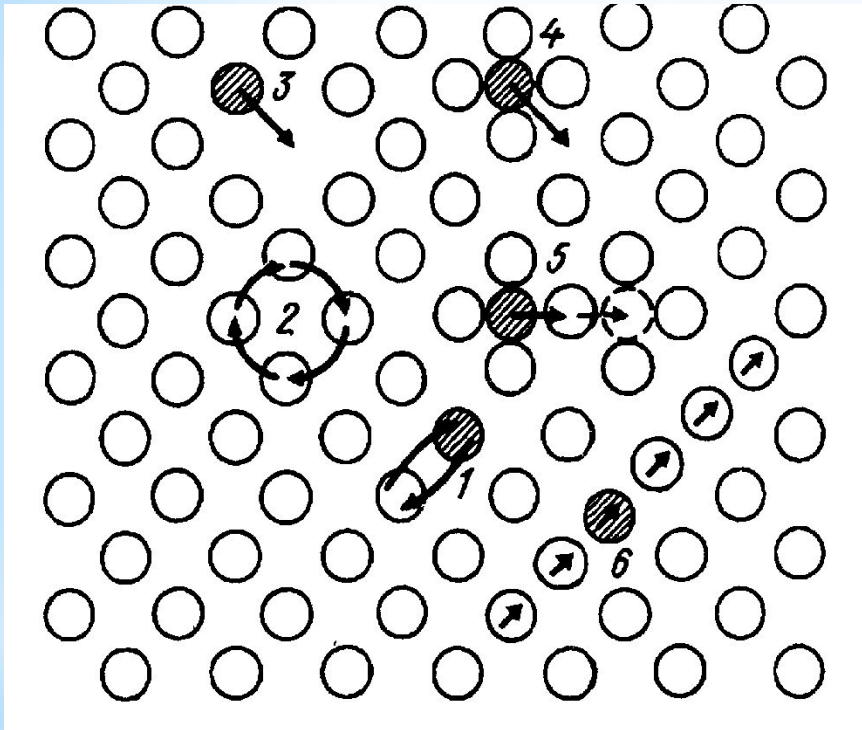
Различают:

- 1) *самодиффузию* - перемещение атомов металла в кристалле, жидкости или газе;
- 2) *гетеродиффузию* - перемещение чужеродных атомов;
- 3) *реактивную диффузию* - которая сопровождающаяся реакциями образования промежуточных фаз.

Существуют:

- а) *Прямая диффузия*, когда происходит перемещение атомов в направлении градиента концентрации - в сторону низкой концентрации вещества;
- б) *Обратная или восходящая диффузия* - перемещение атомов в сторону более высокой концентрации.

Механизмы диффузии



Возможные механизмы диффузии

- 1 - простой обменный,
- 2 - циклический обменный,
- 3 - вакансионный,
- 4 - простой межузельный,
- 5 - межузельный механизм вытеснения,
- 6 - краудинный.

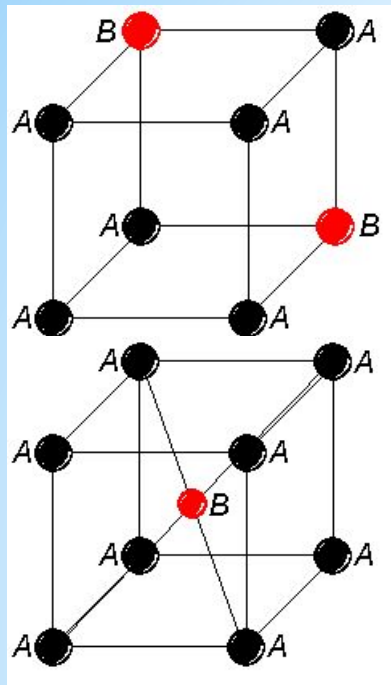
Основным механизмом самодиффузии и диффузии является вакансионный.

СПЛАВЫ -

соединения металлов с металлами или металлов с неметаллами

Основные способы получения:

- сплавлением
- спеканием

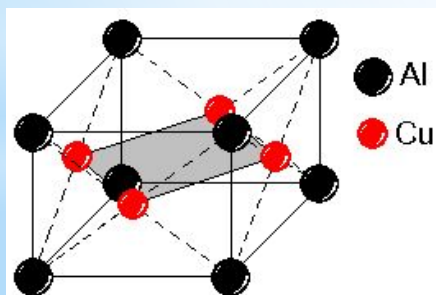


Твердые растворы замещения возникают, если атомы одного компонента замещают атомы другого компонента в его решетке.

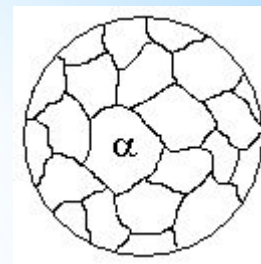
Твердые растворы внедрения возникают, если атомы одного компонента (B) находятся в порах кристаллической решетки другого компонента (A).

Механическая смесь кристаллов возникает, если компоненты не могут растворяться друг в друге и не вступают в химическую реакцию.

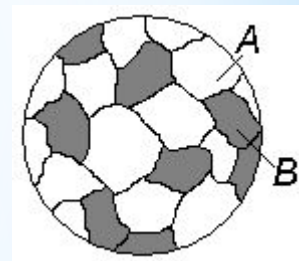
Химическое соединение возникает, если компоненты могут вступать в химическую реакцию друг с другом и образовывать устойчивое сложное вещество со строго определенным соотношением между атомами одного и другого компонента.



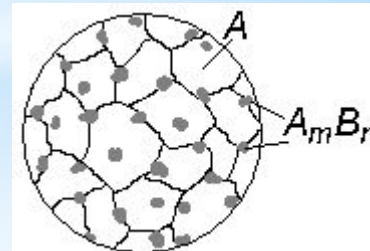
- *интерметаллиды*
- *карбиды Me_xC_y* ,
- *нитриды Me_xN_y и т. п.*



Микроструктура твердого раствора



Микроструктура



Микроструктура сплава с химическим соединением

Металлы характеризуются механическими, физическими и технологическими свойствами.

Механические свойства:

прочность: предел прочности при растяжении -- σ_B ,

при изгибе -- $\sigma_{\text{и}}$,

при кручении -- σ_{-1} (МПа);

пластичность: относительное удлинение -- δ (%);

относительное сужение -- ψ (%);

ударная вязкость: КСU, КСТ или КСV (кДж/м²);

твёрдость: по Бринеллю (200 НВ), по Роквеллу (42 HRC), по Виккерсу (5600 НV)

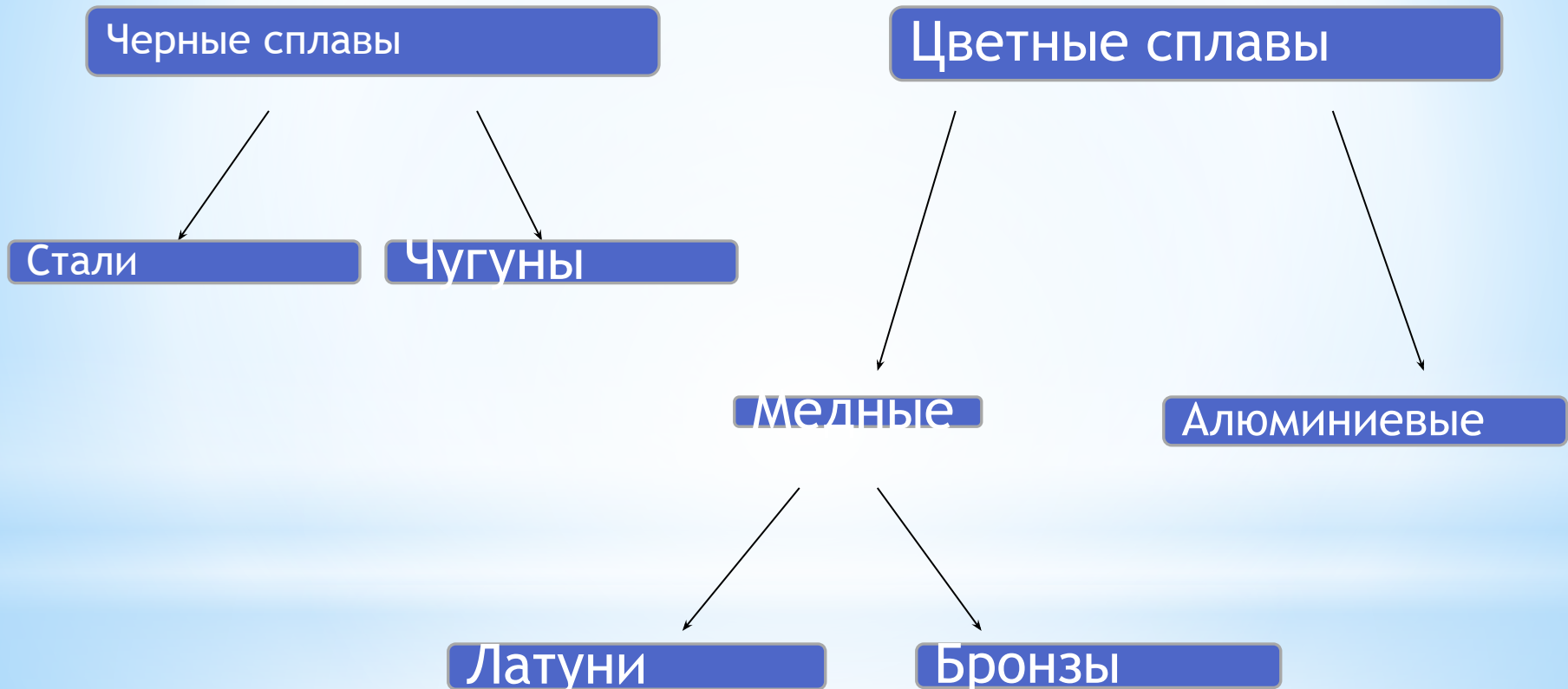
Физические свойства:

плотность, магнитные свойства, электрические свойства, теплопроводность, температура плавления.

Технологические свойства:

- Литейные (жидкотекучесть, склонность к усадке, дегазация);
- Ковкость;
- Свариваемость;
- Закаливаемость и прокаливаемость;
- Обрабатываемость резанием;

* Конструкционные материалы на основе железа и цветных металлов



*СТАЛИ

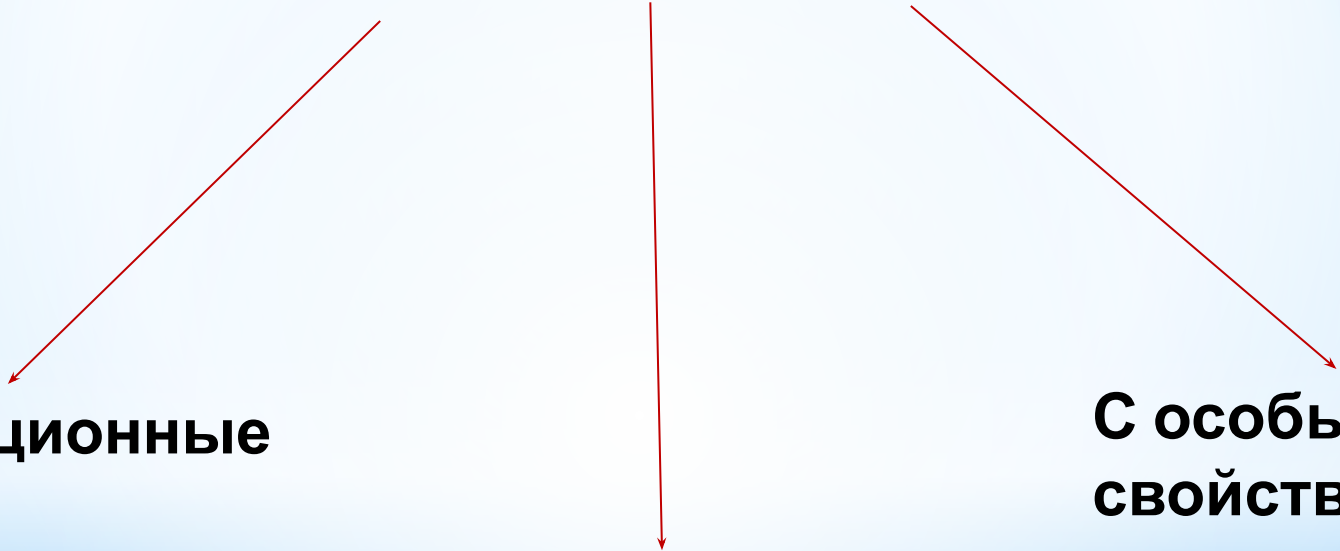
Сталями называют железоуглеродистые сплавы, содержащие от 0,02 до 2,14 % С.

Углеродистые стали состоят из Fe и С. В легированные стали кроме Fe и С добавляют легирующие элементы.

Стали классифицируют:

- по назначению
- по химическому составу
- по качеству
- по степени раскисления

*** По назначению стали
делятся на 3 группы:**



Конструкционные

Инструментальные

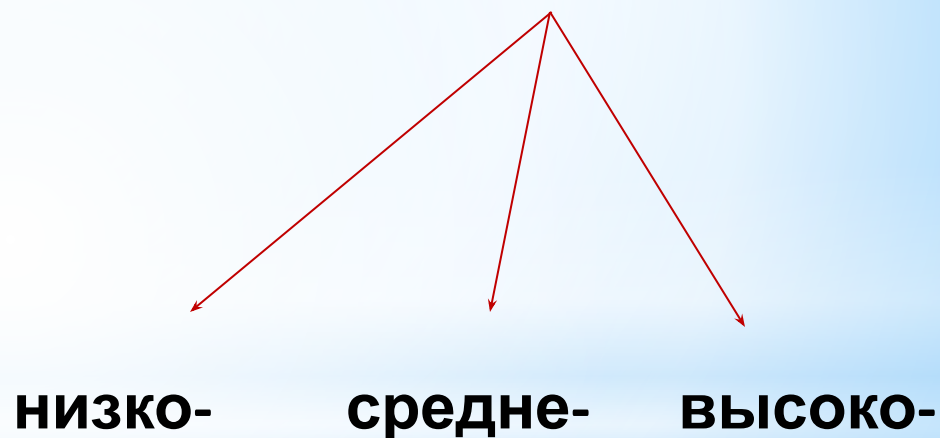
**С особыми
свойствами**

*** По химическому составу стали
делятся на 2 группы:**

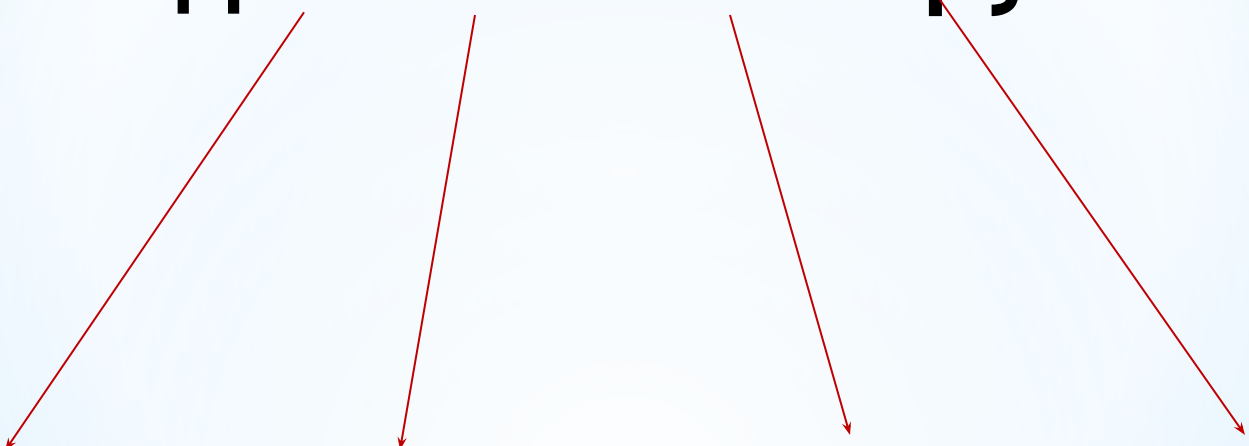
углеродистые



легированные



*** По качеству стали делятся на 4 группы:**



Обыкновенно о качества	Качественные	Высоко- качественные	Особо высоко- качественные
$S \leq 0,06 \%$ $P \leq 0,07 \%$	$S \leq 0,035 \%$ $P \leq 0,035 \%$	$S \leq 0,025\%$ $P \leq 0,025\%$	$S \leq 0,015\%$ $P \leq 0,025\%$

По степени раскисления



спокойные

раскисляют
марганцем,
кремнием
и
алюминием



полуспокойные (пс)

раскисляют
сначала
марганцем,
затем
алюминием



кипящие (кп)

раскисляют
марганцем

*Маркировка сталей

Конструкционные углеродистые стали

Обыкновенного
качества

Ст0...Ст6
Ст3Г2пс
Ст2кп

Качественные

05
08
25
40
85

Высококачественные

20А
30А
40А
85А

*** Обозначения основных легирующих элементов в сталях**

А - азот

М - молибден

**Ю -
алюминий**

Н - никель

Р - бор

Б - ниобий

Ф - ванадий

Е - селен

В - вольфрам

Т - титан

К - кобальт

У - углерод

С - кремний

П - фосфор

Г - марганец

Х - хром

Д - медь

Ц - цирконий

* Конструкционные легированные стали

```
graph TD; A[Конструкционные легированные стали] --> B[Качественные]; A --> C[Высококачественные]; A --> D[Особо высококачественные];
```

Качественные

40ХН
18 ХГТ
25ХГР

Высококачественные

30ХГСА
40ХНА
18Х2Н4ВА

Особо
высоко-
качественные

40ХН-Ш

*Инструментальные стали



* Стали с улучшенной обрабатываемостью резанием (автоматные стали)



сернистые свинцовосодержащие кальцийсодержащие селеносодержащие

A11
A20
A40Г

AC14
AC40
AC40ХГНМ

АЦ20
АЦ30ХН

A35E
A40XE

Шарикоподшипниковые стали

ШХ4; ШХ15; ШХ15СГ; ШХ15-Ш

Строительные стали

09Г2; 15Г2СФ; 10ХНДП; 12ХГДАФ; 12ГН2МФАЮ

СТАЛИ

По назначению

По химическому составу

По степени раскисления

По качеству

В обозначении марок стали первые две цифры указывают среднюю массовую долю углерода в сотых долях процента для конструкционных и в десятых долях процента для инструментальных сталей.

Буквы за цифрами означают: Р - бор, Ю - алюминий, С - кремний, Т - титан, Ф - ванадий, Х - хром, Г - марганец, Н - никель, М - молибден, В - вольфрам, Е - селен. Цифры, стоящие после букв, указывают примерную массовую долю легирующего элемента в целых процентах. Отсутствие цифры означает, что в марке содержится до 1,5 % этого легирующего элемента.

Буква А в конце наименования марки обозначает «высококачественная сталь». «Особовысококачественная» сталь обозначается буквой Ш через тире в конце.

Пример: 50ХФА

1. Конструкционная;
2. Среднеуглеродистая (0,5%);
3. Низколегированная (Х = Cr~1%; Ф = V~1%);
4. Спокойная;
5. Высококачественная.

*ЧУГУНЫ

Чугуны - это железоуглеродистые сплавы, содержащие более 2,14 % С.

Чугуны делятся на белые, серые, высокопрочные, ковкие. В белых чугунах углерод находится в связанном состоянии в виде химического соединения Fe_3C , в остальных - большая часть в свободном состоянии в виде графита различных форм.

Форма графита в чугунах:

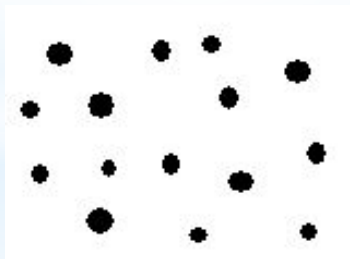
Серый

Высокопрочный

Ковкий



пластинчатая



шаровидная



хлопьевидная

Маркировка чугунов:



серых	высокопрочных	КОВКИХ
СЧ10	ВЧ35	КЧ 30-6
СЧ15	ВЧ50	КЧ 35-10
СЧ30	ВЧ80	КЧ 37-12
СЧ35	ВЧ100	КЧ 80-1,5

буквы в марке чугуна обозначают его название, а цифры – механические свойства: цифры – предел прочности при растяжении - σ_B ($\cdot 10$ МПа);

в ковком чугуне вторая группа цифр означает относительное удлинение - δ (%).

ЧУГУНЫ

Серый (СЧ)

Ковкий (КЧ)

Высокопрочный
(ВЧ)

Вермикулярный
(ЧВГ)

Антифрикционн
ый (АЧ)

Белый (П)

Специальные
легированные

Чугун маркируется буквами «СЧ, ВЧ, КЧ» и двумя цифрами, которые показывают предел прочности при растяжении (минимально допустимое временное сопротивление чугуна) – σ_b [кгс/мм²] или [10×МПа].

Например, обозначение чугуна СЧ 30 означает, что он относится к серым чугунам с пластинчатым графитом и его $\sigma_b = 30$ кгс/мм² = 300 МПа. Марка ВЧ 60 означает, что он относится к высокопрочным чугунам с шаровидным графитом и его $\sigma_b = 60$ кгс/мм² = 600 МПа. Марки ковкого чугуна обозначаются буквами «КЧ» и двумя группами цифр, которые показывают предел прочности при растяжении – σ_b [кгс/мм²] или [10×МПа] и относительное удлинение в процентах – δ , %. Например, КЧ 37–12 означает, что эта марка ковкого чугуна с хлопьевидным графитом $\sigma_b = 37$ кгс/мм² = 370 МПа и относительным удлинением $\delta = 12$ %.

*Цветные сплавы



```
graph TD; A["*Цветные сплавы"] --> B["Медные"]; A --> C["Алюминиевые"]
```

Медные

Алюминиевые

Обозначения легирующих элементов в цветных сплавах:

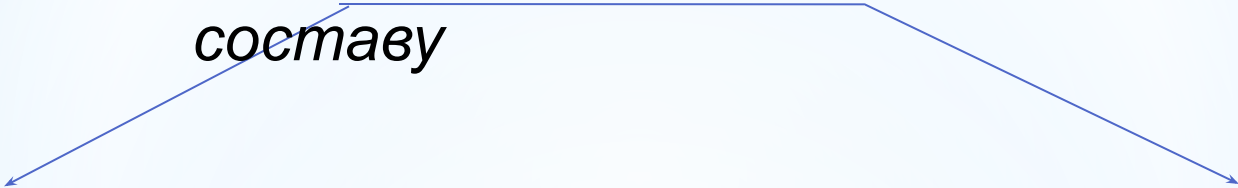
А – алюминий; О – олово; Н – никель; Ж – железо;

К – кремний; С – свинец; Мц – марганец; Мш – мышьяк;

Ц – цинк; Б – бериллий; Т – титан; Х – хром

* Медные сплавы

*По химическому
составу*

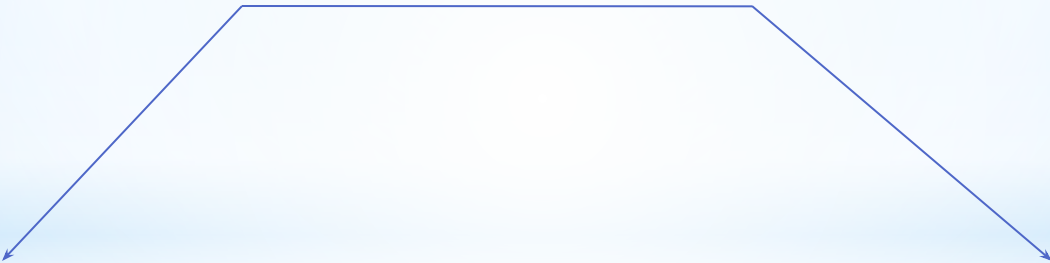


```
graph TD; A[По химическому составу] --> B[Латуни]; A --> C[Бронзы];
```

Латуни

Бронзы

По технологическим признакам



```
graph TD; D[По технологическим признакам] --> E[Литейные]; D --> F[Деформируемые];
```

Литейные

Деформируемые

*Латуни –

это двойные или многокомпонентные сплавы, в которых основной легирующий элемент – цинк (min – 4%, max – 50 %)

Маркировка латуней

деформируемых

Л96

ЛС59-1

ЛАМш77-2-0,05

ЛМцА57-3-1

литейных

ЛЦ23С2

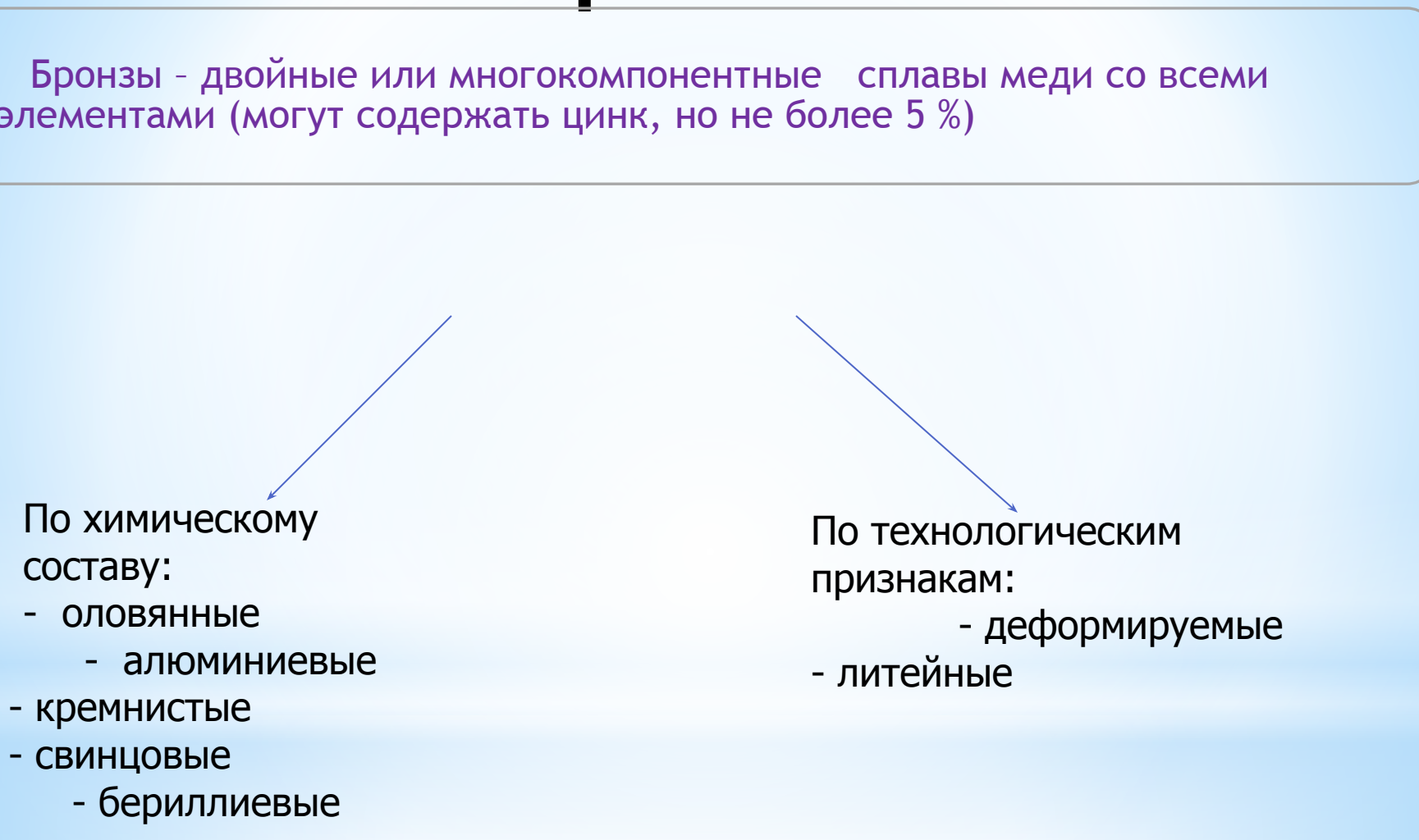
ЛЦ40С

ЛЦ16К4

ЛЦ23А6ЖЗМц2

* Бронзы

Бронзы - двойные или многокомпонентные сплавы меди со всеми элементами (могут содержать цинк, но не более 5 %)



По химическому составу:

- оловянные
 - алюминиевые
- кремнистые
- свинцовые
 - бериллиевые

По технологическим признакам:

- деформируемые
- литейные

Маркировка бронз



деформируемых

БрОФ7-0,2

БрОЦС4-4-4

БрА5

БрАЖ9-4

БрАЖНМц9-4-4-1

БрБ2

БрКН1-3



литейных

БрО10Ф1

БрО5С25

БрО5Ц5С5

БрС30

БрА9Ж4Н4Мц1

МЕДЬ И СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ МЕДИ

Медь

Cu > 99,90

Cu < 99,90

Медные сплавы

Бронзы (Cu + л.э.)

Латуни (Cu + Zn + л.э.)

Литейные

Деформируе
мые

Литейные

Деформируе
мые

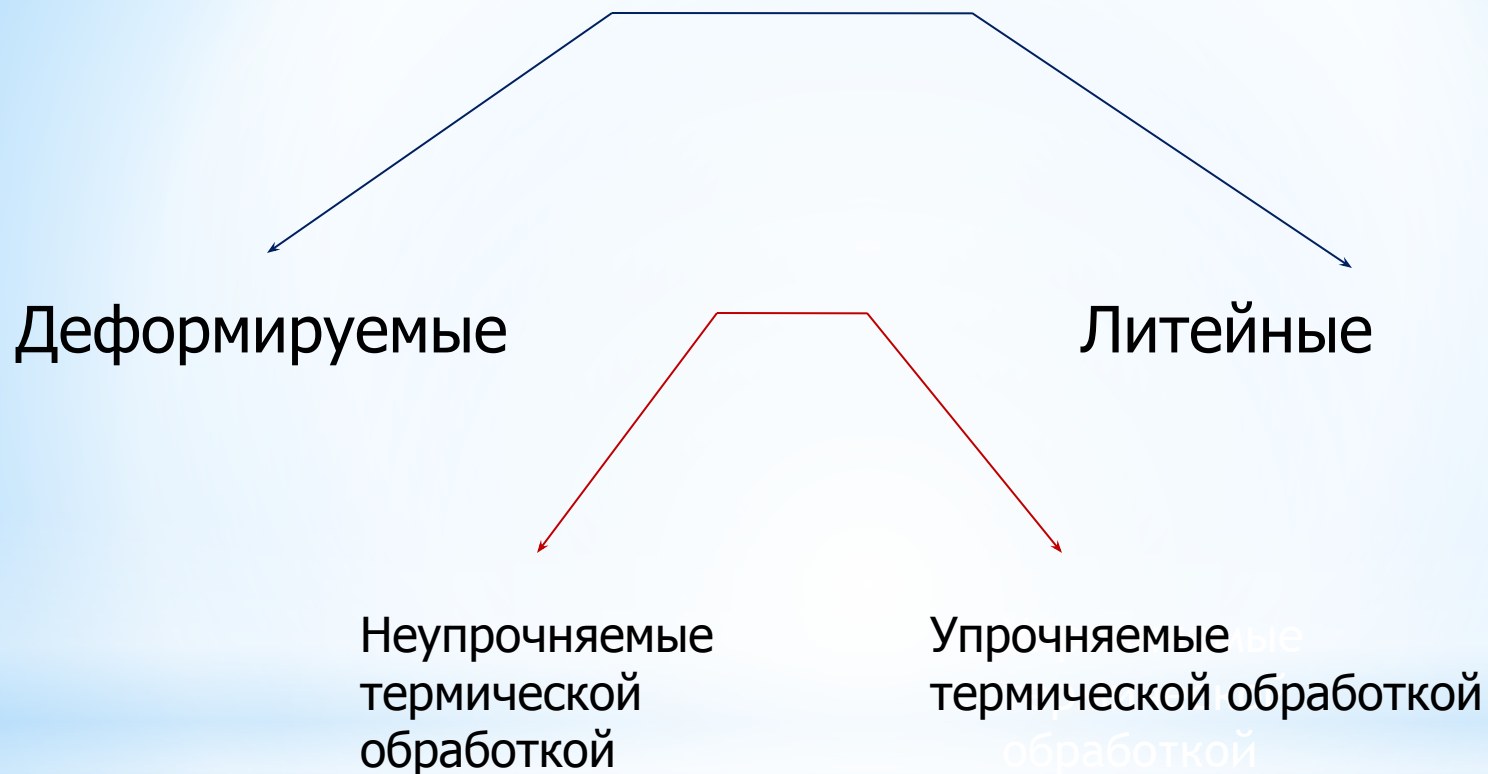
Буквы в цветных сплавах обозначают содержание легирующих элементов в процентах:
А – алюминий; О – олово; Н – никель; Ж – железо; К – кремний; С – свинец; Мц – марганец;
Мш – мышьяк; Ц – цинк; Б – бериллий; Т – титан; Х – хром; Ф – фосфор.

АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Буквенно-цифровая маркировка алюминиевых сплавов

Принцип классификации	Сплав	
	название	обозначение
По химическому составу	-	АМг, АМц, А99
По названию сплава	Дуралюмин	Д1, Д6
По технологическому назначению	Ковочный	АК6, АК8
По свойствам	Высокопрочный	В95, В96
По методу получения полуфабрикатов и изделий	Спеченный литейный	САП, САС, АЛ2
По виду полуфабрикатов	Проволочный	Амг5П

*Алюминиевые сплавы



* Маркировка деформируемых алюминиевых сплавов



Неупрочняемых
термической обработкой

АМц

АМг2

АМг6

Упрочняемых термической
обработкой

Д1

Д16

Д18

В95

В96

Маркировка литейных алюминиевых сплавов

```
graph TD; A[Маркировка литейных алюминиевых сплавов] --> B[Неупрочняемых термической обработкой]; A --> C[Упрочняемых термической обработкой];
```

Неупрочняемых
термической
обработкой

АК12 (АЛ2)

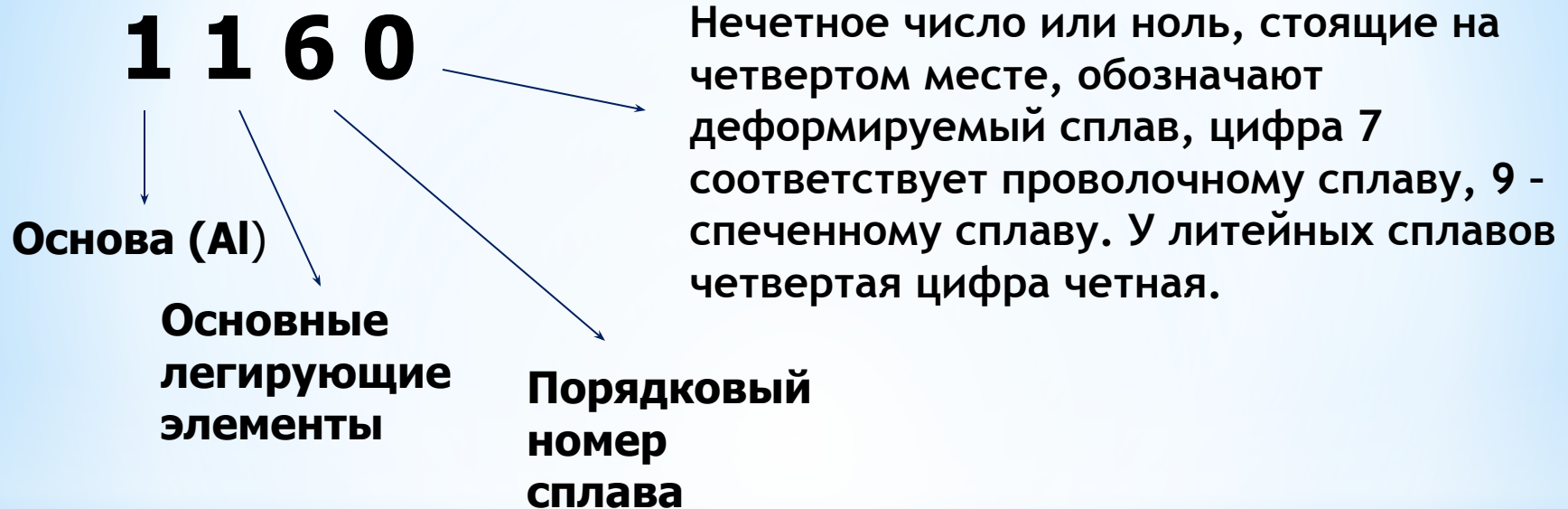
Упрочняемых
термической
обработкой

АК9 (АЛ4)

АК7 (АЛ9)

АК8М (АЛ32)

ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ



При такой маркировке сплав Д16, например, обозначается 1160, сплав Амц - 1400, АМг3 - 1530, АМг61 - 1561, АК6 - 1360, АК4 - 1140, АК4-1 --1141

АЛЮМИНИЙ И СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Алюминий

Первичный

Алюминий для
раскисления

Технический
(деформируемый)

Сплавы на основе алюминия

Литейные

Не

Упрочняемый
термической
обработкой

упрочняемый
термической
обработкой

Деформируемые

Не

Упрочняемый
термической
обработкой

упрочняемый
термической
обработкой

*В скобках дана старая маркировка

КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИ

Строительные низколегированные стали

• 09Г2С, 14Г2, 15ГФ, 15ХСНД, 10ХНДП, 10Г2С1, 17ГС, 12Г2СМФ



Цементуемые стали

- 12ХН3А, 12Х2Н4А, 15Х, 20Х, 20ХФ, 18ХГТ, 25ХГТ, 25ХГМ, 12ХН3А, 12Х2Н4А



Улучшаемые стали

- 30X, 40X, 50X, 40XФА, 20XГС, 25XГС, 30XГС, 40XH, 50XH, 40XH2MA



Автоматные стали

- A12, A20, A40Г (AC14)



Рессорно-пружинные стали

• 55C2, 60C2, 70C3A, 50XΦA, 50XΓΦA, 60C2XA, 60C2H2A



Шарикоподшипниковые стали

- ШХ15 (1 % С и 1,5 % Cr), ШХ15СГ (1 % С, 1,5 % Cr, 0,5 % Si и 1,5 % Mn)

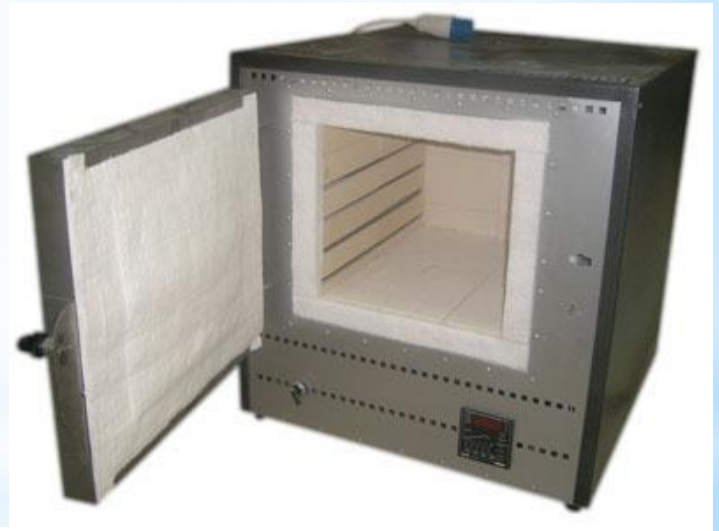


Жаропрочные стали

- 40X10C2M (сильхром), 11X11H2B2MФ, 15X11MФ, 18X12BMБФР

Жаростойкие стали

- 08X17T, 15X25T, 20X23H18, 20X25H20C2, X13Ю4



Коррозионно-стойкие стали

• 12X13, 20X13, 30X13, 40X13



Износостойкие стали

- 110Г13Л (Сталь Гадфильда), 110Г13ФТЛ, 110Г13Х2Л





•Инструментальные стали

- Режущие стали

- Углеродистые

- У7...У13

- У7А...У13А

- Легированные

- 9ХФ, 9ХС, 9ХВГ, ХВГ, ХВГС

- Штамповые стали

- 4ХС4, 5ХНМ, 5ХГМ, 6Х6В3МФС, 8Х4В2МФС2

- Быстрорежущие стали

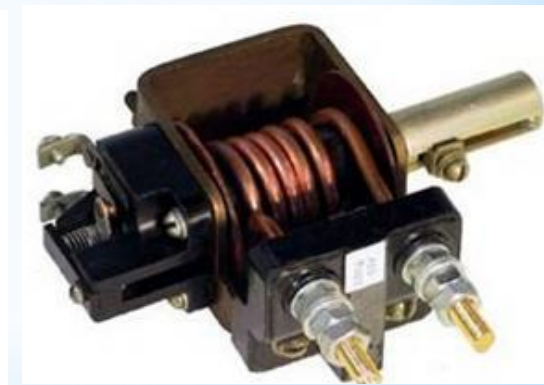
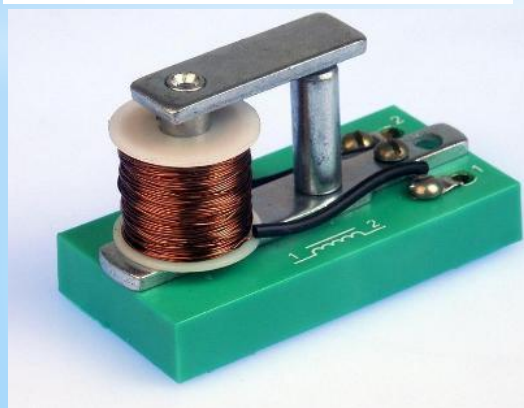
- P18, P12, P6M5, P6M5K5, P10K5Ф5, P9K10



* Магнитные стали и сплавы

магнитомягкие

- электротехническое железо (Армко): Э, ЭА, ЭАА
- электротехническая сталь
- железоникелевые сплавы (пермаллой): 79НМ
- ферриты



магнитотвердые

•ЕХ, ЕХ3, ЕХ5К5, ЕХ, ЕХ3, Е7136, ЕХ9К15М сплав ЮНДК24



Сплавы с особенностями электросопротивления

•Проводниковые материалы

- Медь, Кадмиевые бронзы
- Алюминий
- Железо



Сплавы с высоким электросопротивлением

- **манганин** – МНМц 3-12 (11,5-13 % Mn, 2,5-3,5 % Ni, остальное Cu);
- **константан** - МНМц 40-1,5 (1-2% Mn, 39-41 % Ni, остальное Cu).
- **фехраль** - Х13Ю4 ($\leq 0,15$ % C, 13 % Cu, 4 % Al)
- **хромаль** - ОХ23Ю5 ($\leq 0,05$ % C, 23 % Cr, 5 % Al);
- **ферронихром** - Х15Н60 (25 % Fe)
- **нихром** -Х20Н80



Твёрдые сплавы

Абразивные материалы

Алмаз

Соединения бора

Оксиды

* Раздел 4

Неметаллические материалы

План лекции 13

1. Материалы из неорганических минеральных веществ
2. Разрыхленные, дисперсные и каменные материалы
3. Природные каменные материалы

* Материалы из неорганических минеральных веществ

Неорганические минеральные вещества - это химические элементы и соединения (оксиды, бескислородные соединения элементов), которые не имеют металлических свойств. Эти материалы обладают химической стойкостью, негорючестью, твердостью, стойкостью к нагреву, стабильностью свойств. Их недостатки: высокая хрупкость, низкая стойкость при изменении температур, а также при растяжении и изгибе.

* Каменные природные материалы (КПМ)

КПМ - это строительные материалы, которые получают из горных пород механической обработкой; при этом они сохраняют структуру и свойства горной породы. По характеру обработки поверхности **КПМ** делят на природные и грубообработанные каменные материалы.

1. Природные строительные камни:

- стеновые камни (получают из плотных пористых туфов и известняков);
- облицовочные камни (горные породы красивой окраски и рисунка для получения крупных блоков);
- дорожные каменные материалы (бортовые камни, брусчатка тротуарные камни).

2. Грубообработанные каменные материалы:

- бутовый камень (крупные обломки горных пород);
- гравий (рыхлый материал после естественного разрушения пород);
- щебень (дробленые камни горных пород);
- пески (природные и искусственные);
- пористые заполнители (органические и неорганические).

* Минеральные неорганические вяжущие вещества

Минеральные неорганические вяжущие вещества - это порошки минерального происхождения, которые в смеси с водой образуют пластично-вязкое тесто, самотвердеющее со временем.

По способу твердения неорганические вяжущие вещества делят:

- на воздушные (затвердевают и долго сохраняют прочность на воздухе);
- гидравлические (твердеют и длительно сохраняют прочность на воздухе и в воде);
- автоклавного твердения (твердеют при автоклавном синтезе в среде насыщенного водяного пара; получают известково-кремнеземистые вяжущие).

Цемент - это собирательное название минеральных неорганических порошкообразных вяжущих веществ, которые при смешении с водой образуют пластичное тесто (цементное тесто). Камневидное состояние цементного теста - это цементный камень.

*** Воздушные минеральные неорганические вяжущие вещества**

По химическому составу их делят на четыре группы:

1. Известковые вяжущие (в основном из оксида кальция); их виды: воздушная известь, гидратная известь.
2. Магнезиальные вяжущие вещества - это каустические магнезит и доломит в виде порошков; их получают обжигом с последующим помолом.
3. Гипсовые вяжущие вещества - это полуводный гипс.
4. Жидкое стекло - это коллоидный водный раствор силиката натрия (калия) с 50-70 % воды.

* Гидравлические минеральные неорганические вяжущие вещества

Эти вещества - сложные системы и состоят из четырех оксидов: $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, которые образуют три группы гидравлических вяжущих:

1. Силикатные цементы (в них 75 % силикатов кальция) - это портландцемент и его подвиды.
2. Алюминатные цементы - на основе глиноземистого цемента.
3. Гидравлическая известь и романцемент.

Добавки для цементов:

- компоненты с гидравлическими свойствами;
- наполнители (улучшают структуру цементного камня);
- технологические (регулируют основные свойства цемента);
- регулирующие специальные свойства цемента.

План лекции 14

1. Материалы из неорганических минеральных веществ
2. Разрыхленные, дисперсные и каменные материалы
3. Искусственные каменные материалы

* Бетоны

Бетоны - это искусственные камневидные материалы, которые получают *формованием* с последующим твердением специально подобранной, тщательно перемешанной и уплотненной смеси из вяжущего вещества, воды, мелкого (песок) и крупного (щебень, гравий) заполнителей. Такую смесь до твердения называют *бетонной смесью*.

Вяжущее вещество и вода - это активные составляющие бетона, потому что реакция между ними образует *цементный камень*, который скрепляет зерна заполнителей. Зерна песка и щебня составляют каменный остов в бетоне, а цементное тесто между ними выполняет роль смазки заполнителей и придает бетонной смеси подвижность. После твердения цементное тесто образует искусственный каменный материал - бетон.

В бетон могут вводить *специальные добавки* двух групп:

- химические вещества (0,1-2 % массы цемента), которые изменяют свойства бетона в нужном направлении;
- тонкомолотые материалы (5-20 %) - для экономии цемента.

* Тяжёлые бетоны

Тяжелые (обычные) бетоны – это бетоны с плотными заполнителями (песок, щебень, гравий) с плотностью 2100–2600 кг/м³.

Водоцементное отношение - это отношение массы воды к массе цемента в приготовленной бетонной смеси (учитывают не поглощенную заполнителями воду).

Ползучесть бетона - это необратимые деформации под действием постоянной нагрузки. Её можно снизить уменьшением расхода цемента и В/Ц, увеличением крупности заполнителя, возраста бетона.

Деформационные свойства бетона под действием нагрузки оценивают по модулю Юнга, который возрастает с увеличением прочности бетона.

Морозостойкость бетона зависит от его строения, количества крупных пор, образованных водой, оставшейся от химического взаимодействия с цементом.

Водонепроницаемость бетона зависит от его плотности и структуры.

* Тяжелые бетоны специального назначения

- * Высокопрочный бетон.
- * Быстротвердеющий бетон.
- * Бетоны для дорожных и аэродромных покрытий.
- * Мелкозернистый бетон.
- * Водонепроницаемый бетон.
- * Жаростойкие бетоны.
- * Кислотоупорные бетоны.
- * Бетон для защиты от радиоактивного воздействия.

* Легкие бетоны

К легким бетонам относятся бетоны со средней плотностью в воздушно-сухом состоянии от 200 до 2000 кг/м³, поэтому в них применяют пористые заполнители. Структура бетона формируется при проникновении цементного теста в поверхностные поры зерна заполнителя.

Классификация легких бетонов по назначению:

- конструкционные (конструкционно-теплоизоляционные);
- теплоизоляционные;
- акустические.

Виды легких бетонов: гипсобетон, ячеистый бетон, арболит.

* Бетоны с полимерами

Это композиционные материалы на основе полимерного связующего, минеральных заполнителей и наполнителей.

В зависимости от количества полимеров бетоны могут быть: цементно-полимерными, полимербетоны, бетонополимеры и бетоны с полимерными материалами (заполнители, дисперсная арматура или микронаполнители).

По плотности бетоны делят на следующие группы:

1. Конструкционный тяжелый на тяжелых плотных заполнителях.
2. Конструкционно-теплоизоляционный бетон с минеральными заполнителями.
3. Теплоизоляционный облегченный бетон с высокопористыми заполнителями (пенопласт, пробка, древесина, вспученный перлит).

План лекции 15

1. Каменные плавленные материалы.
2. Неорганические полимерные материалы.



Каменные плавленные материалы

Это каменное литье, которое является искусственными силикатными материалами.

Виды каменного литья:

- *минеральная вата* - это тонкие стекловидные волокна, которые получают из легкоплавких горных пород (доломитов, базальтов);
- *акмигран* - декоративно-акустические плиты из гранулированной минеральной ваты (~80 %), крахмала (~10 %) и бентонитовой глины (~10 %);
- *базальтовое супертонкое волокно* - материал с малой плотностью 17-25 кг/м³, высоким звукопоглощением и рабочими температурами от -200 до +700 °С;
- *шлаковата* - искусственный материал из тонких волокон, которые получают из расплавленных огненно-жидких доменных шлаков или других минеральных расплавов.

* Неорганические полимерные материалы

Эти материалы имеют большую твёрдость и высокую стойкость к нагреву, негорючи, химически стойки, не стареют, хорошо сопротивляются сжимающим нагрузкам. Но они хрупкие, не переносят резкого изменения температуры, слабо сопротивляются растягивающим и изгибающим нагрузкам.

* Виды неорганических полимерных материалов

Графит:

- *Природный графит* - это минерал с гексагональной решёткой, модификация углерода магматического происхождения. Он изотропен. (Марки природного графита: ГАК-1 - для аккумуляторов специального назначения; ГАК-2, ГАК-3 - для щелочных аккумуляторов и графитизированных антифрикционных изделий.)

- *Искусственные графиты* по виду сырья делят на технические (ПРОГ, ПГ-50) и пирометрические (пирографиты). Технические графиты получают из твёрдого сырья (нефтяной кокс с каменноугольным песком), а пирографиты - из газообразного сырья (метан). Искусственные графиты имеют совершенную кристаллическую структуру, высокую анизотропию и являются высокотемпературным конструкционным материалам.

* Асбестовые материалы

Асбестовые материалы получают из хризотил-асбеста или амфилобовых асбестов.

Виды асбестовых материалов:

- асбестодиатомитовый порошок;
- совелитовый порошок;
- асбестомагнезиальный порошок;
- асбестовый картон;
- асбестоволокниты;
- асбестотекстолит;
- бризол;
- изол;
- гидроизол.

* Слюдяные материалы

Миканиты	Микафолый	Микалента
Твёрдые или гибкие листы из склеенных и спрессованных листочков щипаной слюды. Их виды: коллекторный, прокладочный (это твёрдые миканиты, которые прессуют при повышенном давлении и нагреве до 150–160 °С), формовочный и гибкий	Рулонный или листовой электроизоляционный материал, который получают из одного или нескольких листочков слюды, склеенных друг с другом и с полотном бумаги или стеклотканью	Склеенные пластинки слюды, обклеенные с двух сторон бумагой. Из отходов при разработке природной слюды получают слюдиниты – это слюдинитовая бумага, обработанная клеящим веществом (смола, лак)

* Керамические материалы

Керамика - это неорганические поликристаллические материалы из сформованных минеральных масс высокотемпературным спеканием при 1200-2500 °С.

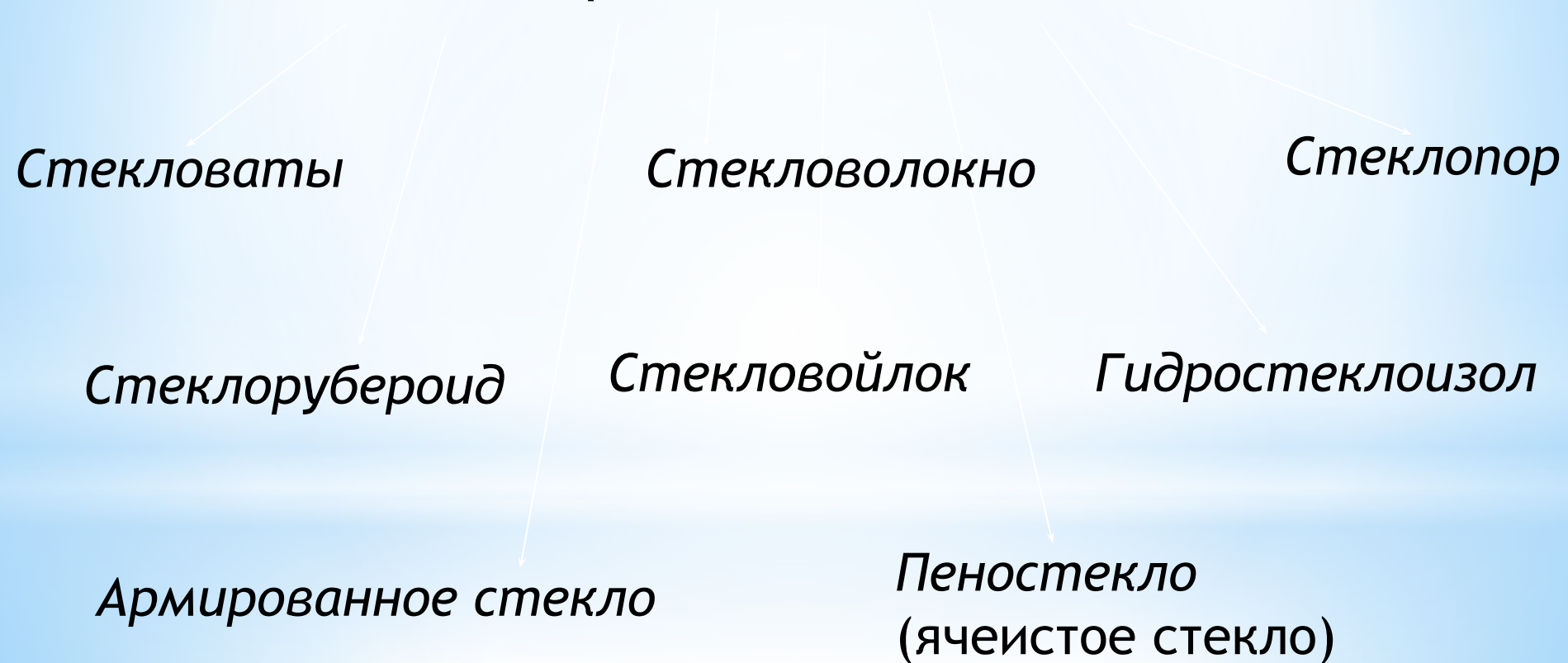
Разновидности керамики:

- терракота;
- керметы;
- корундовая керамика;
- сверхтвердая керамика;
- керамзит;
- микролит;
- электрокорунд (корракс);
- сверхтвердые керамические материалы;
- абразивные керамические материалы (абразивы);
- глазурь.

* Неорганические стекла

Неорганическое стекло - это аморфный полимерный материал из затвердевшего расплава оксидов Si, Al, B, P, As, Pb и других элементов. Его строение - неупорядоченное, неоднородное.

Материалы из стекла



* Ситаллы –

это стеклокристаллические материалы

ситаллы по характеру исходных
материалов

Петроситаллы

Получают на основе
диабазовых
и других горных пород

Шлакоситалл
ы

Получают
из металлургических
и топливных шлаков

Технические
ситаллы

Это искусственные
смеси
из химических
соединений (оксидов)

План лекции 16

1. Полимерные пластические материалы
2. Полупроводниковые материалы

Пластмассы

Пластмассы – это искусственные материалы на основе природных или синтетических высокомолекулярных полимеров. Пластмасса – это композиция полимера или олигомера с различными добавками.

Пластмассы классифицируют по признакам:

- происхождение полимеров (природные и синтетические);
- состав (простые ненаполненные и сложные наполненные);
- происхождение наполнителей (органические, неорганические, газовоздушные);
- вид наполнителей (порошкообразные, волокнистые, листовые);
- структура (гомогенные и гетерогенные);
- упругие свойства при нормальной температуре (жесткие, полужесткие, мягкие, эластичные);
- поведение при нагреве (термореактивные и термопластичные).

* Области применения пластмасс

1. Конструкционные общего назначения.
2. Конструкционные специального назначения (как фрикционные, антифрикционные, тепло- и электроизоляционные, уплотнители, химически стойкие, декоративные).
3. С особыми физико-химическими свойствами.

* Классификация пластмасс ГОСТ 5752-51

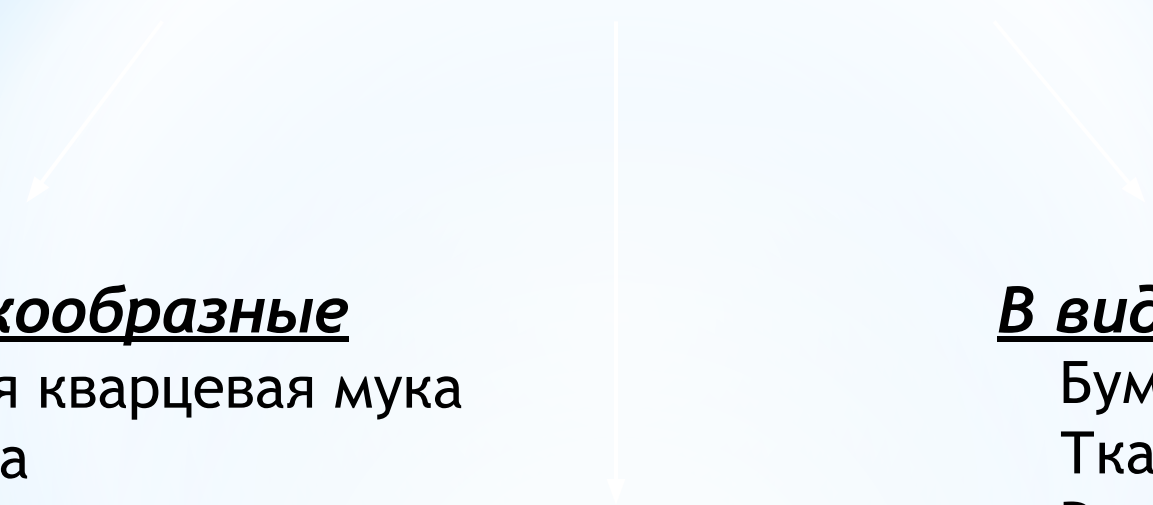
Пластмассы по происхождению и способу получения основных компонентов смол разделяют на 4 класса.

Классы делят на группы по химической структуре смол-полимеров.

- * **Класс А** - это пластмассы на основе высокомолекулярных соединений после их цепной полимеризации. Их делят на 9 групп: полимеры этилена, полимеры галоидопроизводных этилена, полимеры алкилпроизводных этилена и т. д.
- * **Класс Б** - это пластмассы на основе высокомолекулярных соединений, которые получены поликонденсацией. Этот класс включает 7 групп полимеров.

- * **Класс В** - полимеры на основе природных химических модифицированных полимеров, составляют 3 группы: полимеры на основе белковых веществ, простых и сложных эфиров целлюлозы.
- * **Класс Г** - пластмассы на основе природных и искусственных асфальтов и смол после деструкции органических веществ. В классе три вида - битумоцеллолит, пекоасбослой и бутуминолит.

* Виды наполнителей пластмасс



```
graph TD; A[* Виды наполнителей пластмасс] --> B[Порошкообразные]; A --> C[В виде волокон]; A --> D[В виде листов];
```

Порошкообразные

Древесная кварцевая мука
Целлюлоза
Слюда
Тальк
Мел
Графит

В виде волокон

Хлопок
Асбест
Стёкла
Полимеры

В виде листов

Бумага
Ткани
Рогожки
Древесный шпон



Виды пластмасс с листовым наполнителем

Декоративные бумажно-слоистые пластики (ДБСП) марок А, Б, В.

Фибра - монолитный твердый материал, который получают обработкой нескольких слоев бумаги пергаментирующим реагентом. Она может быть одно- и многослойной (склеенной).

Гетинакс - полимер, который получают пропитыванием бумаги модифицированными смолами (фенольными, карбомидными).

Текстолит - слоистые пластмассы. Их получают из связующего и наполнителя (ткани хлопчатобумажные - шифон, миткаль, бязь).

Древесно-слоистые пластики (ДСП) - это искусственный древесный материал из лущеного шпона (тонкой непрерывной стружки), пропитанного и склеенного резольным фенолоформальдегидным полимером.

Стеклопластики - пластмассы с наполнителем из стекловолоконистых материалов. Разделяют стеклопластики на основе рубленых неориентированных волокон и ориентированных длинных волокон и тканей.

Металлоорганопластики (алоры) - это материал, в котором последовательно уложены слои алюминиевого сплава и армированного композиционного полимера - органопластика.

* Виды пластмасс

С ВОЛОКНИСТЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

- **Органоволокниты** - это композиционные материалы, которые состоят из полимерного связующего, упрочнителя (синтетические волокна) или дополнительно к ним - минеральные волокна (стеклянные, карбо- и бороволокна).
- **Карбоволокниты** - это композит, где матрица - полимерное связующее и упрочнитель - углеродные волокна; если дополнительно используют стеклянные волокна - это карбостекловолокнит. Матрица - это синтетические полимеры или пиролитический углерод.
- **Бороволокниты** - композит на основе полимерного связующего и упрочнителя - борного волокна (или боростеклонитов). Связующее - это эпоксидные, полиэфирные, фенолоформальдегидные смолы. Структура борных волокон - ячеистая.

* Пластмасса без наполнителя

Органическое стекло - это полярный аморфный полимер полиметилметакрилат. Температура стеклования - 114°C . Эти стёкла легче и прочнее, чем силикатные; легко обрабатываются резанием, свариваются, окрашиваются. Их прочность выше, чем у термопластов. Они стойки к щелочам, разбавленным кислотам, смазкам. Оргстекло используют для остекления, светотехнических устройств.

* Виды пластмасс

с газовоздушным наполнителем

Газовоздушные (ячеистые) пластмассы получают химическим и физическим способами из термореактивных полимеров. Ячеистые пластмассы разрушаются постепенно.

Химический способ получения ячеистой газонаполненной структуры - это разложение газообразователей или взаимодействие компонентов при повышенных температурах.

Физический - это интенсивное расширение растворённых газов при уменьшении давления или повышении температуры. Объём пор в этих полимерах - 90-98 %.

В зависимости от характера пор полимеры делят на 2 группы:

- *пенопласты* (с закрытыми порами в виде ячеек); они радиопрозрачны;
- *поропласты* (полиуретан или поролон) - поры сообщающиеся). Поропласты имеют высокое водо- и звукопоглощение.



* Полупроводниковые материалы

Полупроводниковые материалы (полупроводники) - это вещества, свойства которых сильно изменяются в широком интервале температур под действием внешних воздействий (температуры, давления, электрического и магнитного полей)

Их классифицируют по следующим признакам:

1. По происхождению:

- * органические;
- * неорганические.

2. По агрегатному состоянию:

- * твердые (кристаллические и аморфные);
- * жидкие.

3. По составу:

- * простые (германий, кремний, селен);
- * сложные (химические соединения $A_{III}B_V$ (InP, GaAs);
- * твердые растворы замещения (In_xGa_{1-x} , As_yP_{1-y}) и др.

4. По технологии изготовления:

- * монокристаллы;
- * подложки;
- * монослойные эпитаксиальные структуры.

5. По применению на материалы с определенными:

- * химическим составом;
- * структурой;
- * физико-химическими свойствами.

* Простые полупроводники

Кремний	Германий
Тип его структуры – алмаз, температура плавления – 1417°C, плотность в твёрдом состоянии – 2330 кг/м^3, Ширина запрещенной зоны при 300°K – $1,10\text{ эВ}$. Кремний химически устойчив при нагреве на воздухе до 900°C. Кремний – основной материал для полупроводниковых приборов (выпрямителей, биполярных транзисторов, детекторов ядерных излучений) с рабочими температурами до $180\text{--}200^{\circ}\text{C}$	Тип решётки – алмаз, температура плавления – $937,5^{\circ}\text{C}$. Металлический германий устойчив на воздухе при комнатной температуре, а твёрдый – не реагирует с азотом и водородом. Он является важным материалом для изготовления диодов, транзисторов, фоторезисторов, фотодиодов, преобразователей энергии радиоактивного распада в электрическую и так далее

* Органические полупроводники

Органические полупроводники - это твёрдые органические вещества с электронной или дырочной проводимостью, положительным температурным коэффициентом электропроводимости. К органическим полупроводникам относятся:

- органические красители;
- ароматические соединения;
- полимеры с сопряжёнными связями;
- природные пигменты (хлорофилл);
- ион-радикальные соли.

Аморфные полупроводники - это аморфные материалы со свойствами полупроводников. Существуют ковалентные аморфные полупроводники, халькогенидные, оксидные стёкла и диэлектрические плёнки.

Из них изготавливают элементы со временем срабатывания менее 10^{19} - 10^{12} с.

План лекции 17

1. Материалы из органических веществ

* Материалы из леса

Дерево - многолетнее растение с одревеневшим стволом.

Кора - многослойная периферийная ткань стеблей и корней растений.

Камбий - образовательная ткань в стеблях и корнях растений.

Сердцевина - центральная часть стебля или корня, содержащая крахмал, масла и дубящие вещества.

Древесина - ткань высших растений, по которой проходит вода и растворы минеральных солей от корней к листьям.

Целлюлоза - полисахарид, содержащий глюкозу (природный полимер).

Микроструктура древесины - волокнистая, пористая.

* Круглые лесоматериалы

Бревна

Жерди

Подтоварник

Назначение круглых лесоматериалов (ГОСТ 9463–88):

хвойные породы – для свай, мостов, гидротехнических сооружений, опор линий электропередач, рудничных стоек, для строительства;

лиственные породы – для шпал, строительства, временных построек.

* Пиломатериалы

Пиломатериалы - это материалы из древесины, полученные распиловкой бревен вдоль волокон.

Виды пиломатериалов в зависимости от их толщины, ширины и формы:

доски - это строительный материал толщиной от 16 мм и больше;

брус - пиломатериал с толщиной и шириной более 100 мм. Виды бруса - *двух-, трех- и четырехкантные*;

брусок - обрезной пиломатериал (толщина менее 100 мм) и шириной не более двойной толщины;

горбыль - пиломатериал после продольной распиловки срезом наружной части бревна.

* Древесные материалы и изделия на их основе

Древесные материалы - это искусственные материалы из древесины после ее распиливания, измельчения волокон, склеивания.

Лущеный шпон - тонкая непрерывная стружка с поверхности бревна, снятая при его вращении вокруг оси. Его применяют для изготовления клееной фанеры.

Древесная шерсть - стружка с коротких бревен (ель, пихта, сосна).

Стружка - длина вдоль волокна 40-50 см, ширина 7-12 см и толщина 0,3 см.

Дрань (дранка, драница) - это тонкие (3-5 мм) дощечки для обшивки стен и потолка под штукатурку и для изготовления кровли.

Гонт - это клиновидные дощечки с продольным пазом в торце.

Фанера - это склеенные слои шпона, число которых - нечетное, для уменьшения коробления.

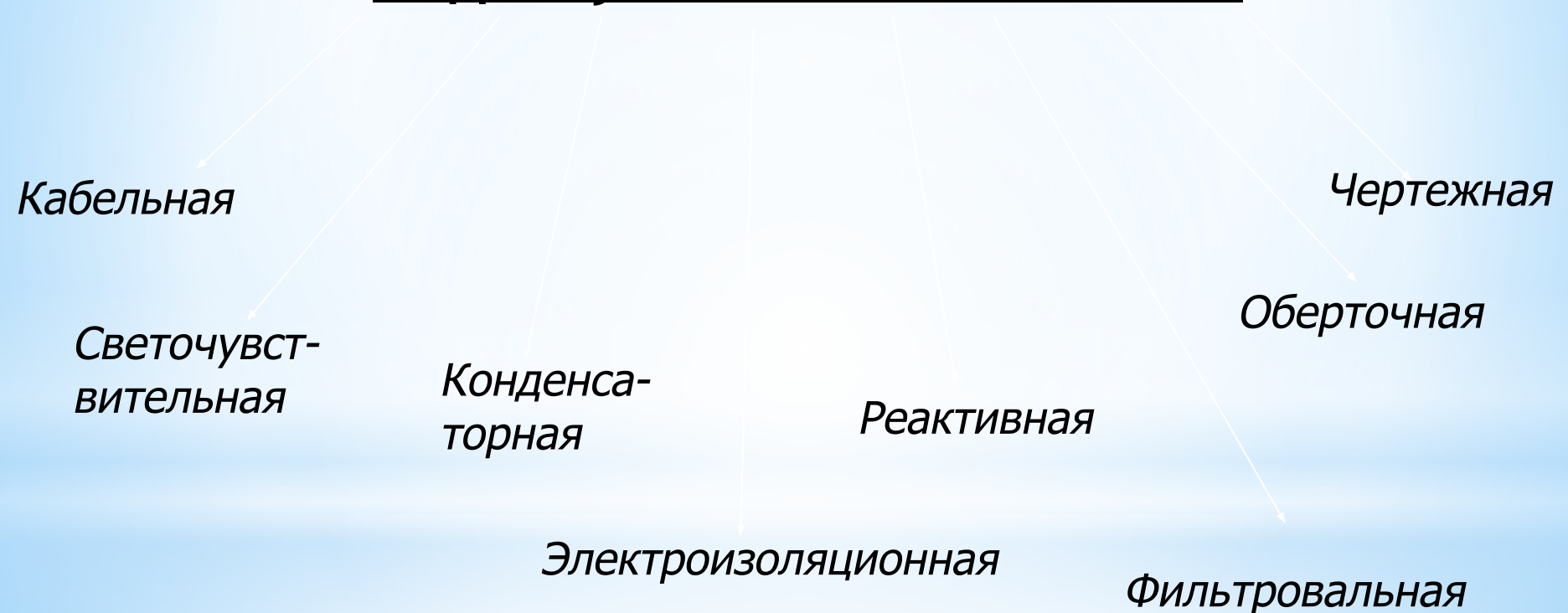
Древесно-стружечные плиты (ДСП) - имеют структуру из трех слоев для повышения прочности.

Древесно-волокнистые плиты (ДВП) - изготавливают горячим прессованием или сушкой волокнистой массы из древесных волокон, наполнителей, полимера и добавок.

Фибролит - изготавливают из древесной шерсти и неорганического вяжущего (портландцемента) - цементный фибролит.

Бумага - это искусственный материал из переплетенных и скрепленных силами сцепления растительных волокон.

Виды бумаги по назначению



* Картон и картонные изделия

Картон - искусственный материал из тесно переплетённых и соединённых силами сцепления обработанных растительных волокон. Отличается от бумаги большей толщиной и массой 1 м² (более 250 г).

Виды картонов:

- * *Строительный* - клеенный картон для обшивки стен и перегородок помещений.
- * *Кровельный* - картон с высокой впитывающей способностью; применяют для битумированных, дегтевых кровельных и гидроизоляционных работ.
- * *Облицовочный* - с повышенной воздухопроницаемостью; используют для получения сухой гипсовой штукатурки.
- * *Фильтровальный* - пористый картон; используют для очистки жидкостей и газов фильтрованием.

* Резиновые материалы

Резина - это искусственный материал с различными добавками, который получают вулканизацией каучука.

Вулканизация - превращение каучука с добавками серы в резину.

Резиновые материалы классифицируют по виду сырья:

- НК - натуральный каучук;
- СКБ - синтетический каучук бутадиеновый;
- СКС - бутадиенстирольный каучук;
- СКИ - синтетический каучук изопреновый;
- СКН - бутадиеннитрильный каучук;
- СКФ - синтетический фторосодержащий каучук;
- СКЭП - сополимер этилена с пропиленом;
- ХСПЭ - хлорсульфополиэтилен;
- БК - бутилкаучук;
- СКУ - полиуритановые каучуки.

* Классификация резиновых материалов

Общего назначения

Основной компонент резин - неполярные каучуки (НК, СКИ, СКС и СКБ). Их свойства: высокие эластичность, прочность, водо- и газонепроницаемость, электроизоляционные свойства

Специального назначения

Их виды:

- бензиномаслостойкие;
- химически стойкие;
- коррозионностойкие;
- светоозоностойкие;
- тепло- и морозостойкие;
- электротехнические;
- износостойкие.