

# Курс «Специальные строительные материалы для тепловой и атомной энергетики»

# Цель и задачи курса

*Целью* освоения курса «Специальные строительные материалы для тепловой и атомной энергетики» является подготовка магистров со знаниями видов, условий применения и изготовления специальных строительных материалов, используемых при строительстве и реконструкции объектов тепловой и атомной энергетики, а также требований, предъявляемых к этим материалам и путей обеспечения этих требований при выборе разновидностей этих материалов, их составляющих и технологии изготовления.

# Основные задачи курса

- \* *Основными задачами* курса «Специальные строительные материалы для тепловой и атомной энергетики являются:
- \* 1. Ознакомление с особенностями основных здания и сооружения объектов тепловой и атомной энергетики, особыми условиями эксплуатации строительных материалов и необходимостью использования специальные строительные материалы;
- \* 2. Изучение классификации специальных строительных материалов по различным признакам, характеристик состава и структуры специальных строительных материалов;
- \* 3. Изучение физических, физико-механических, физико-химических и технологических свойств специальных строительных материалов, методов их определения;

# Основные задачи курса

- \* 4. Изучение взаимосвязи между составом, микро-, макроструктурой и свойствами, как основы обеспечения требуемых значений физических, физико-механических, физико-химических и технологических свойств специальных строительных материалов;
- \* 5. Изучение основных видов вяжущих веществ, материалов заполнителей, микрозаполнителей, минеральных и химических добавок, используемых для изготовления специальных строительных материалов, а также классификации, составов, структуры, свойств, условий применения, преимуществ и недостатков этих материалов, требований к ним нормативных документов;

# Основные задачи курса

- \* 6. Ознакомление с несущими конструкциями зданий объектов тепловой и атомной энергетики, для которых необходимо применять специальные бетоны и с требованиями к бетонам этих конструкций, а также с составами и свойствами используемых бетонов;
- \* 7. Изучение основных требований к материалам экранов радиационной защиты и путей их обеспечения, а также специальных защитных бетонов, их составов, свойств, условий применения, преимуществ и недостатков;

# Основные задачи курса

- \* 8. Ознакомление с конструкциями зданий объектов тепловой и атомной энергетики, требующими применения жаростойких, радиационно-стойких и химически стойких бетонов и с предъявляемыми к ним требованиями, а также с путями повышения жаростойкости, радиационной стойкости и химической стойкости бетонов.
- \* 9. Изучение составов, свойств, преимуществ и недостатков различных жаростойких, радиационно-стойких и химически стойких бетонов;

\*

# Основные задачи курса

- \* 10. Ознакомление с оборудованием, конструкциями и узлами зданий объектов тепловой и атомной энергетики, требующими устройства теплоизоляций;
- \* 11. Изучение основных видов теплоизоляционных материалов, используемых в зданиях объектов тепловой и атомной энергетики, их составов, структуры, свойства преимуществ и недостатков;

\*

# Основные задачи курса

- \* 12. Ознакомление с конструкциями объектов атомной энергетики, требующими применения специальных материалы для снижения наведенной радиоактивности и радиационного загрязнения, а также со способами снижения наведенной радиоактивности и радиационного загрязнения материалов и требованиями к материалам конструкций и отделочным материалам зданий объектов атомной энергетики;

\*



# Основные задачи курса

- \* 13. Ознакомление с конструкциями объектов атомной энергетики, требующими применения специальных материалы для снижения наведенной радиоактивности и радиационного загрязнения, а также со способами снижения наведенной радиоактивности и радиационного загрязнения материалов и требованиями к материалам конструкций и отделочным материалам зданий объектов атомной энергетики;
- \* 14. Изучение составов, преимуществ и недостатки мало активизируемых бетонов, а также важнейших специальных отделочных материалы, их преимуществ и недостатков.

# Основная литература

- \* 1. Микульский В. Г. [и др.]. Технология конструкционных материалов. изд. АСВ. 2011
- \* 2. Баженов Ю.М. Технология бетона. Изд.АСВ.2002.
- \* 3. Денисов А. В., Дубровский В. Б., Соловьев В. Н. Радиационная стойкость минеральных и полимерных строительных материалов. Справочное пособие. Москва: Издательский дом МЭИ, 2012.
- \* 4. Пергаменщик Б.К., Теличенко В.И., Темишев Р.Р. Возведение специальных защитных конструкций. Москва: Издательский дом МЭИ, 2011.

# Основная литература

- \* 5. Дубровский В.Б., Лавданский П.А., Енговатов И.А., «Строительство атомных электростанций» М.: АСВ, 2010
- \* 6. Поспелов В.П., Миренков А. Ф., Покровский С. Г. Бетоны радиационной защиты атомных электростанций. (Разработка, исследования, внедрение) –М.: ООО «Август Борг», 2006 – 652 с.
- \* 7. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М., Строительные материалы, М., Стройиздат, 1986.

# Основная литература

- \* 8. Комаровский А. Н. Строительство ядерных установок. М.: Атомиздат, 1969.
- \* 9. Дубровский В.Б., Аблевич З. Строительные материалы и конструкции защит от ионизирующих излучений: Совм. сов. пол. изд. Под. ред. В.Б. Дубровского. М., Стройиздат, 1983.
- \* 10. Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. СНиП 2.03.04-84, М.: Стройиздат, 1985.

# Основная литература

- \* 11. Дубровский В.Б., Аблевич З. Строительные материалы и конструкции защит от ионизирующих излучений: Совм. сов. пол. изд. Под. ред. В.Б. Дубровского. / М.: Стройиздат, 1983.
- \* 12. Ю. М. Баженов, В. Ф. Коровяков, Г. А. Денисов. Технология сухих строительных смесей. Изд. АСВ. 2003
- \* 13. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М. : Стройиздат, 1990

# Раздел 1

«Введение в курс. Общие вопросы применения, классификации и особенностей специальных строительных материалов объектов тепловой и атомной энергетики. Свойства специальных строительных материалов и основы их обеспечения»

# *Основные здания тепловой энергетики, имеющие особенности*

**Основными зданиями и сооружениями тепловой энергетики, которые имеют свои особенности, являются:**

- \* Главные корпуса ТЭС и Теплоэлектроцентралей;
- \* Дымовые трубы
- \* Градирни
- \* Бассейны охлаждения
- \* Насосные станции

# Особенности зданий тепловой энергетики

\* **Особенностью зданий и сооружений тепловой энергетики является:**

- \* - наличие источников тепловой энергии при сжигании топлива;
- \* - выделение влаги и накопление продуктов сгорания топлива различной степени токсичности;
- \* - воздействие тепла на материалы конструкций;
- \* - наличие выбросов продуктов горения в атмосферу.



# Особенности зданий тепловой энергетики

- \* При проектировании и строительстве зданий тепловой энергетики необходимо учитывать следующие основные специфические факторы:
  - \* - воздействие повышенных и высоких температур на некоторые строительные конструкции и необходимость использования в них специальных теплоизоляционных и жаростойких материалов;
  - \* - воздействие повышенной влажности и агрессивных факторов на некоторые конструкции и необходимость использования в них стойких к этим воздействиям материалов.

# Основные здания атомной энергетики, имеющие особенности

\* **Основными зданиями и сооружениями атомной энергетики, которые имеют свои особенности, являются:**

- \* 1. Главные корпуса атомных станций;
- \* 2. Хранилища жидких и твердых радиоактивных отходов
- \* 3. Здания производств, обеспечивающих атомную энергетику:
  - \* - заводы по производству ядерного топлива;
  - \* - радиохимические и материаловедческие лаборатории
  - \* - исследовательские и экспериментальные ядерные реакторы;
  - \* - ускорители заряженных частиц.

# Особенности зданий атомной энергетики

\* **Особенностью зданий и сооружений атомной энергетики является;**

- \* - наличие источников ионизирующих излучений;
- \* - выделение и накопление продуктов ядерных реакций;
- \* - образование наведенной радиоактивности;
- \* - возможное радиоактивное загрязнение помещений, материалов, окружающей среды;
- \* - наличие источников тепловой энергии за счет деления ядерного топлива в ядерных реакторах, взаимодействия ионизирующих излучений с материалами.

# Особенности зданий атомной энергетики

При проектировании и строительстве зданий атомной энергетики необходимо учитывать следующие факторы:

- \* - воздействие повышенных и высоких температур на строительные материалы;
- \* - воздействие ионизирующих излучений на строительные материалы;
- \* - возможное радиоактивное загрязнение помещений и материалов за счет сорбции материалами радиоактивных загрязнений, а также радиоактивное загрязнение окружающей среды;
- \* - необходимость использования специальные жаростойкие и радиационностойкие материалы;
- \* - необходимость обеспечения защиты персонала этих объектов, а также населения и окружающей среды от облучения ионизирующими излучениями и радиоактивного загрязнения.

# Классификация специальных строительных материалов

По назначению материалы делятся на следующие группы:

- *конструкционные;*
- *теплоизоляционные;*
- *акустические* – звукопоглощающие и звукоизоляционные;
- \* - *гидроизоляционные и кровельные;*
- \* - *гидрозащитные;*
- \* - *герметизирующие;*

# Классификация специальных строительных материалов

**По назначению** материалы делятся на следующие группы (продолжение):

- \* - *отделочные*;
- \* - *радиационнозащитные (для радиационной защиты)*;
- \* - *специального назначения* – для придания требуемых эксплуатационных характеристик зданиям, сооружениям, конструкциям, предназначенным для работы в особых условиях: огнеупорные, коррозионностойкие, химически стойкие, атмосферостойкие, и т.д.

# Классификация специальных строительных материалов

**По назначению** материалы делятся на следующие группы (продолжение):

- **общего назначения** – используемые в качестве сырья для многих строительных материалов и изделий (цемент, известь и пр.)
- \* **По происхождению** материалы подразделяются на следующие:
  - \* - **природные** (древесина, природный камень), подвергаемые только механической обработке;
  - \* - **искусственные**, получаемые в результате различной обработки переработки сырья.



# Классификация специальных строительных материалов

- \* По способу изготовления различают материалы:
  - \* - получаемые с помощью *тепловой обработки*, а также *обжигом* и *спеканием* (керамика, минеральные вяжущие вещества);
  - \* - получаемые *плавлением* (стекло, металлы);
  - \* - получаемые с применением вяжущих веществ путем омоноличивания (растворы, бетоны и другие композиционные материалы);
  - \* - получаемые в результате специальной *переработки органического сырья* (полимеры различной природы, растворители, битум и т.д., а также строительные пластмассы, кровельные и гидроизоляционные материалы).



# Состав строительных материалов

- \* Строительные материалы представляют собой поликристаллические, полиминеральные, поликомпонентные, полифазные конгломераты.
- \* *Поликристалличность* заключается в том, что строительные материалы состоят из отдельных, связанных между собой кристаллов.
- \* *Полиминеральность* заключается в том, что строительные материалы как правило состоят из нескольких минералов.

# Состав строительных материалов

- \* **Поликомпонентность** заключается в том, что строительные материалы как правило состоят из нескольких компонентов. Например, бетон состоит из щебня, песка и цементного камня.
- \* **Полифазность** заключается в том, что строительные материалы как правило состоят из нескольких фаз. Например, могут включать кристаллическую и аморфную фазу, твердую, жидкую и газообразную фазу.

# Состав строительных материалов

*\* Состав - это качественная и количественная характеристика веществ, входящих в состав материалов или сырьевых материалов при их изготовлении.* Различают несколько видов составов:

- \* - элементный, или вещественный;
- \* - химический;
- \* - минералогический или минеральный;
- \* - фазовый состав;
- \* - технологический состав;
- \* - гранулометрический состав.

# Вещественный состав

*\* Вещественный состав – это данные о присутствии и/или количестве (обычно в % по массе) химических элементов в составе материалов.*

\* Например, битум состоит из углерода (70... 87%), водорода (11... 15%), кислорода (0... 10%), серы (до 1,5%) и небольшого количества азота (N); каменные материалы состоят в основном из кремния (Si), алюминия (Al), кальция (Ca), магния (Mg), железа (Fe), кислорода (O) и других компонентов.

# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

*\* Химический состав – это в основном данные о присутствии и количестве (обычно в % по массе) оксидов химических элементов в составе материалов .*

*\* Например состав шлака:*

*\*  $\text{SiO}_2$  -45...80%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 8...30%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 2... 15%,  $\text{CaO}$  - 0,5...2,5%,  
 $\text{MgO}$  -0...4%,  $\text{R}_2\text{O}$  - 0,3...5%.*

*\* Другой пример состав портландцементного клинкера:*

*\*  $\text{SiO}_2$  - 21... 25%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 4... 8%,  $\text{CaO}$  - 63...68%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 2...4%.*

# Химический состав

- \* Химический состав может включать аббревиатуру "ппп" (потери при прокаливании), которая показывает, что при воздействии на материал высоких температур теряется (выделяется) летучая составляющая вследствие разложения некоторых компонентов материала с образованием газов или удаления химически связанной воды.

# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

## Химические составы и характеристики цементов и шлаков

Химический состав, %					Характеристика
CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Другие оксиды	
Портландцемент					
63...66	21...24	4...8	2...4	3...5	Нормально твердеющий
Глиноземистый цемент					
35...43	5...10	39...47	2...15	1,5...2,5	Быстро твердеющий
Шлак доменный					
45...50	35...40	8...10	0,3...1	4...7	Основной
25...30	45...55	14...20	2...3	2,4...5,5	Кислый

# Минералогический или минеральный состав

*\* Минералогический или минеральный состав - это данные о присутствии и содержании в % по объему природных (минералов) или искусственных химических соединений (искусственных аналогов минералов) в составе материалов .*

\* Например минеральный состав гранита:

\* кварц-24%; калиевый полевой шпат – 48%;  
плагиоклаз – 22%; роговая обманка – 3%; слюда-биотит-3%.



# Фазовый состав

- \* *Фазовый состав – это данные о присутствии и содержании в % по объему различных фаз в составе материалов.*
- \* Фазы называют принципиально отличающиеся структурой, составом и свойствами гомогенные (т.е. однородные) части материала.
- \* В строительных материалах обычно выделяют кристаллическую и стеклообразную (аморфную), а также твердую, жидкую и газообразную фазы.
- \* Например, фазовый состав шамота: кристаллическая фаза – 80%; стеклообразная фаза – 20%.

# Технологический состав

- \* **Технологический состав** - это содержанием компонентов, входящих в состав исходных смесей искусственных материалов или самого материала. Например, содержанием щебня, песка, цемента, воды, добавок в смеси при изготовлении бетонов, содержанием щебня, песка, добавки и цементного камня в бетоне.
- \* Например, технологический состав бетонной смеси:
- \* Цемент Ц=300 кг/м<sup>3</sup>; Вода 150 кг/м<sup>3</sup>; Щебень Щ=1000 кг/м<sup>3</sup>; Песок П=950 кг/м<sup>3</sup>. Всего 2400 кг/м<sup>3</sup> – плотность бетонной смеси. Плотность бетона после твердения и испарения около 50 кг/м<sup>3</sup> 2350 кг/м<sup>3</sup>

# Гранулометрический состав

- \* Гранулометрический состав, или гранулометрия – это данные о содержании в сыпучей смеси зерен разной крупности, которые определяются просеиванием сыпучей смеси через стандартные сита и представляются в виде графиков зернового состава.*
- \* Набор стандартных сит включает сита с размерами отверстий 0,16; 0,315; 0,63; 1,25; 2,5; 5; 10; 20; 40; 70 мм, определяющие границы фракций.

# Гранулометрический состав

- \* Сыпучую смесь характеризуют:
  - \* - наименьшей и наибольшей крупностью зерен;
  - \* - содержание отдельных фракций;
  - \* - графики зернового состава;
  - \* - форма зерен (рваная или окатанная);
    - \* - пустотность (объемная доля пустот сыпучей смеси зерен).
- \* Пустотность заполнителя при смешении различных его фракций, как правило, уменьшается, так как относительно мелкие зерна могут разместиться в промежутках между более крупными и, таким образом, более компактно заполнить объем.

# Структура строительных материалов

- \* **Структура (строение)** строительных материалов может характеризоваться на микроскопическом уровне (микроструктура) и макроскопическом уровне (макроструктуре).
- \* По микроструктуре строение подразделяется следующим образом:
  - \* - кристаллическая;
  - \* - аморфная.
  - \*

# Кристаллическая микроструктура

- \* Кристаллическая микроструктура формируется из пересыщенных растворов, расплавов и характеризуется дальним порядком в расположении атомов, основным признаком которого является симметрия и закономерность в расположении атомов, повторяющаяся на любом расстоянии от данного атома.
- \* В зависимости от степени симметрии структуры подразделяют семь типов (сингоний) кристаллических решеток, характеризуемых соотношениями между линейными параметрами периодичности структуры  $a$ ,  $b$  и  $c$  и углами между ними  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ .

# Кристаллическая микроструктура

## Классификация минералов по сингонии

Категория сингонии	Класс	Название	Соотношение длин ребер	Соотношение углов	Тип решетки	Класс минералов
Низшая	I	Три-клинная	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	1)	Полевой шпат
	II	Моноклинная	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma \neq 90^\circ$	1)  2)	Гипс, авгит, ортоклаз, сахар и др.
	III	Ромбическая	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	1)  3)	Муллит, силлиманит, андалузит
Средняя	IV	Тригональная	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	1)	Кварц, кальцит, гематит, киноварь
	V	Гексагональная	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	2)	Циркон, халькопирит, касситерит (оловянный камень)
	VI	Тетрагональная	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	1)  3)	Апатит, нефелин, берилл
Высшая	VII	Кубическая	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	1)  3)  4)	Алмаз, галит, гранат, пирит и др.



# Кристаллическая микроструктура

- \* Отличительной особенностью кристаллической структуры является анизотропия - неодинаковость физических свойств, т. е. зависимость большинства ее свойств от рассматриваемого направления (осей). Такая зависимость характерна для свойств, причиной проявления которых являются колебания кристаллической решетки и ее формы (теплового расширения, теплопроводности, упругости, оптических свойств, т.е. таких свойств, природа которых имеет волновой характер). Такие свойства как теплоемкость, плотность не имеют этой зависимости.
- \* Симметрия и анизотропия свойств кристаллической решетки минералов определяет и форму, и анизотропию свойств кристаллов, соответствующих соединений.



# Кристаллическая микроструктура

- \* Кристаллическую структуру имеют кристаллы минералов и их искусственных аналогов, входящих в состав природных и искусственных строительных материалов.
- \* Для некоторых кристаллических структур этих соединений, как и некоторых других соединений характерны:
  - \* - изоморфизм;
  - \* - полиморфизм при нагревании;
  - \* - разложение при нагревании;
  - \* - дефекты микроструктуры.

# Изоморфизм кристаллической микроструктуры

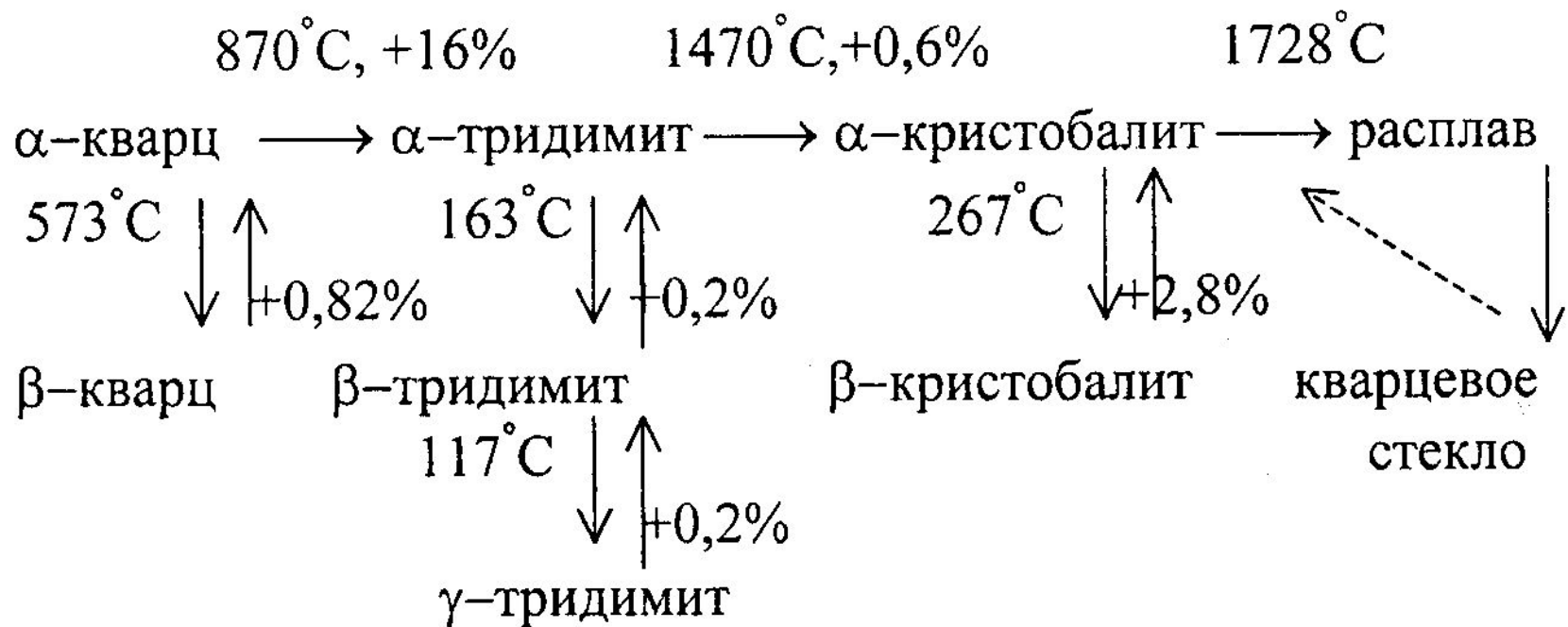
\* **Изоморфизм** – это способность различных, но родственных по химическому составу веществ кристаллизоваться в одинаковые структуры, с одним типом связей и при этом образовывать кристаллы переменного состава в результате взаимного замещения атомов или атомных групп, т. е. образовывать смешанные кристаллы или изоморфные смеси, представляющие собой твердые растворы замещения. Многие минералы строительных материалов, например, плагиоклазы, оливины, доломиты представляют такие твердые растворы.

# Полиморфизм кристаллической микроструктуры

- \* **Полиморфизм** - это способность некоторых веществ при изменении температуры и/или давления изменять свою кристаллическую форму при сохранении химической природы, т.е. химического состава и молекулярного строения.
- \* Это явление наблюдается как у элементов (например, углерода, серы, кремния, железа и т. д.), так и у соединений (например, льда, кремнезема, рутила, углекислого кальция и т. д.).

# Полиморфизм соединений

## SiO<sub>2</sub>



# Разложение кристаллической микроструктуры

\* **Разложение** – это процесс, сопровождаемый при нагревании выделением газов или воды вследствие диссоциации вещества. Например, при температурах от 330 до 800 оС (в зависимости от состава карбоната) происходит разложение карбонатов с выделением углекислого газа и образованием оксидов CaO, MgO и FeO. При 500 – 600 оС происходит выделение воды из серпентинитов с образованием оливина.

# Дефекты кристаллической микроструктуры

- \* **Дефекты микроструктуры** образуются в реальных кристаллических структурах в результате влияния различных факторов на формирование структуры и структуру после образования и нарушают порядок в расположении атомов. Дефекты микроструктуры подразделяются на следующие:
  - \* - точечные дефекты в виде вакантных (пустых) узлов, межузельных атомов, замещенных атомов;
  - \* - линейные дефекты в виде дислокаций (линий искажения расположения атомов).

# Аморфная микроструктура

\* **Аморфная микроструктура** отличается от кристаллической микроструктуры отсутствием дальнего порядка в расположении атомов и поэтому представляет собой неупорядоченную систему.

\* Аморфная микроструктура образуется в результате диспергации устойчивых (кристаллических) структур в результате плавления или химико-механического воздействия.

\* Все аморфные материалы условно можно подразделить на следующие типы:

\* - витроиды (стекла);

\* - дисперсные системы;

\* - полимеры



# Аморфные материалы- ВИТРОИДЫ

\* *Витроиды* - это твердые тела в аморфном состоянии, имеющие стекловидную структуру.

Происхождение	Витроиды		
	Минеральные	Органические	Смешанные
Природные	Обсидиан, пехштейн, опал, халцедон и др.	Смола, янтарь, битум, канифоль и др.	-
Искусственные	Стекло, техническое стекло, металлическое стекло	Полистирол, полиэтилен, сахар и др.	Силикон



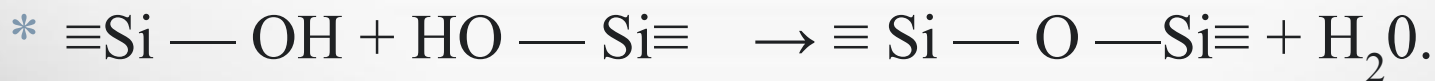
# Аморфные материалы- дисперсные системы

- \* *Дисперсные системы* – системы из мельчайших частиц диспергированных твердых тел размером  $10^{-5} \dots 10^{-7}$  см. К ним относятся:
  - \* - коллоиды, золи (органозоли, гидрозолы), гели;
  - \* - мелкодисперсные горные породы из водосодержащего кремнезема и водосодержащих силикатов;
  - \* - мелкодисперсный активный кремнезем, получаемый искусственно;
  - \* - пасты, клеи, мастики, краски, латексы (водные дисперсии полимеров) и пр.

# Аморфные материалы- дисперсные системы

\*

\* Примером дисперсной системы в виде золи и геля может служить кремнезоль, или золь кремнекислоты. При обезвоживании золь превращается в гель:



\* золь (раствор вяжущего)

гель

# Аморфные материалы- дисперсные системы

- \* Примерами мелкодисперсных горных пород из водосодержащего кремнезема и водосодержащих силикатов являются диатомит, трепел, опока, имеющие общую формулу  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , а также глины, каолины, аллофаны, стеатиты, сепиолиты.
- \* Искусственный мелкодисперсный активный кремнезем получают в результате разрыва химических связей из алюмосиликатов или из других соединений, а также, а путем обезвоживания водного кремнезема при высоких температурах.

# Макроструктура строительных материалов

\* По макроструктуре строение подразделяется следующим образом:

- \* - полнокристаллическая - сложенная только кристаллами;
- \* - стеклообразная – сложенная стеклом;
- \* - полукристаллическая - сложенная и кристаллами и стеклом;
- \* - дисперсная – сложенная дисперсными частицами;
- \* - крупнозернистая - при размере кристаллов более 3 мм;
- \* - среднезернистая - при размере кристаллов 1 - 3 мм;
- \* - мелкозернистая - при размере кристаллов 0,3 - 1 мм;
- \* - тонкозернистая - при размере кристаллов менее 0,3 мм;
- \* - порфировая - неравномерно зернистая;
- \* - обломочная цементированная - состоящая из обломков, сцементированных цементом.

# Классификация материалов по основным признакам макроструктуры

Таблица 3.4

Классификация материалов по структуре

Материалы	Структура							
	Кристаллическая		Аморфная			Смешанная		
	Тип системы							
	Моно	Поли	Твердая	Дисперсная	Жидкая	Кристаллич.	Аморфная	Стекло-видная
Природные	Кварц, гипс, кальцит, магнетит и др.	Гранит, мрамор, сиенит, диорит, габбро, гнейсы, сланцы и др.	Опал, обсидиан, перштейн, вулканическое стекло (витрофир и др.)	Коллоиды, гели, диатомит, трепел, опоки, радиолярит, спонголит	Растворы, расплавы, смолы	Каолинит, монтмориллонит, гидрослюда и др.	Порфиры, липариты, андезиты, трахиты, базальт, диабаз, халцедон	—
Искусственные	Муллит, корунд, периклаз и др.	Клинкерные минералы и др.	Стекло и изделия из стекла	Сажа, аморфный кремнезем, силикагель и др.	Жидкое стекло, клей, латекс, мономеры и др.	Строит. керамика, фарфор, фаянс, огнеупоры, др. мат., полученные спеканием	Каменное литье, др. мат. из расплава, а также гидратационные системы (из раствора)	Ситалл, шлако-ситалл, стекло-кремнезит и др.

# Структура материалов с учетом процесса ее формирования

\* Если рассматривать структуру материалов с учетом процесса ее формирования, то по академику Ребиндеру П.А. на уровне взаимодействия мельчайших частиц вещества, (т.е. межмолекулярного взаимодействия) или на уровне образования систем благодаря действию различного рода химических связей структура материалов может подразделяться на следующие разновидности:

- \* - коагуляционную;
- \* - конденсационную;
- \* - кристаллизационную;
- \* - смешанную.

# Структура материалов с учетом процесса ее формирования

- \* **Коагуляционная структура** - это структура твердого тела или среды, в образовании которой участвуют силы межмолекулярного взаимодействия (ван-дер-ваальсовы), действующие через прослойку жидкости.
- \* Такие структуры могут уплотняться при сушке и набухать при увлажнении, т.е. представляют собой неустойчивые системы, способные при соответствующих условиях либо диспергироваться, превращаясь в жидкость, либо конденсироваться, превращаясь в твердое тело.
- \* В основном такие структуры характеризуют глиняное, цементное, гипсовое тесто, растворные и бетонные смеси, а также различные пасты, мастики, смеси и т.д.



# Структура материалов с учетом процесса ее формирования

\* **Конденсационная структура** – это структура, которая формируется в результате непосредственного химического взаимодействия частиц в зависимости от состава и типа образующихся химических связей. Вещества и материалы с конденсационной структурой характеризуются достаточно высокой жесткостью, хрупкостью и необратимо разрушаются под действием механических и термических напряжений. К ним можно отнести вещества со сложной химической связью, а также молекулярные кристаллы и материалы типа терморезистивных полимеров.



# Структура материалов с учетом процесса ее формирования

- \* ***Кристаллизационная структура*** – структура, образующаяся из расплава или раствора в виде поликристаллов и/или аморфной фазы.
- \* К такому классу материалов можно отнести все плавленые и обжиговые материалы, такие, как керамика, огнеупоры, природные каменные материалы, цемент, известь, гипс и др., т.е. материалы со сложной ионно-ковалентной связью;

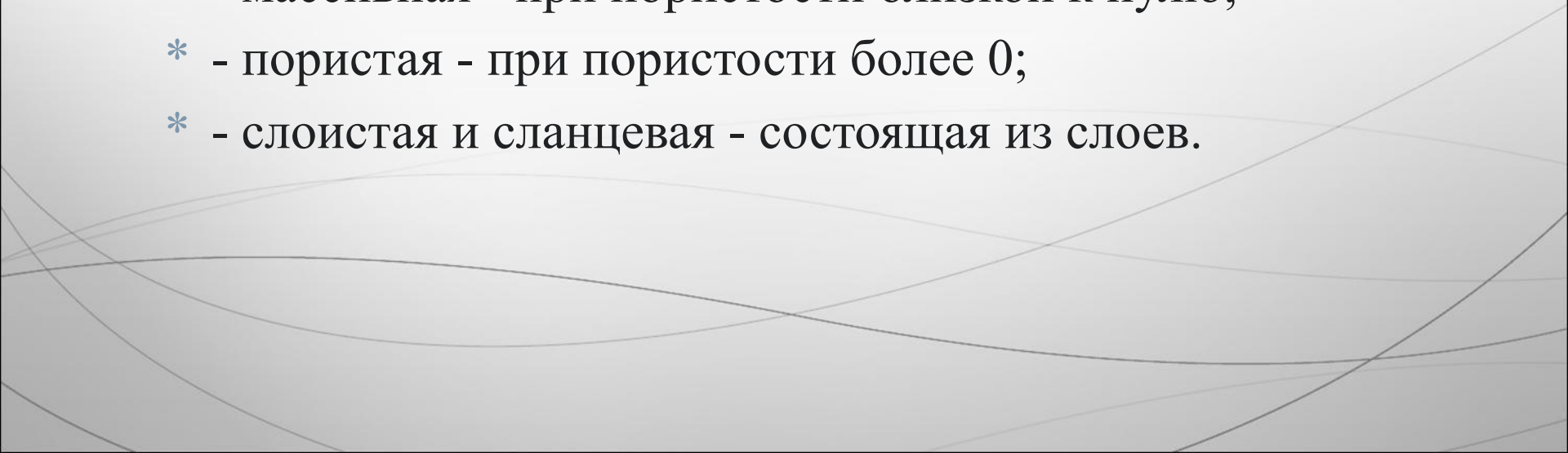
# Структура материалов с учетом процесса ее формирования

- \* *Смешанная структура* – это структура, находящаяся в процессе формирования и не достигшая условного равновесия, т. е. находящаяся на определенной стадии коагуляции, конденсации или кристаллизации и имеющая признаки первого, второго или третьего вида структуры.
- \*

# Текстура строительных материалов



**Текстура ( облик )** строительных материалов подразделяется следующим образом:

- \* - массивная - при пористости близкой к нулю;
  - \* - пористая - при пористости более 0;
  - \* - слоистая и сланцевая - состоящая из слоев.
- 

# Основные физические свойства специальных строительных материалов, характеризующие их плотность и пустотность.

\* **Средняя плотность материала**, называемая далее просто плотностью ( $\rho_m$ ), - физическая величина, определяемая отношением массы  $m$  (кг) материала ко всему занимаемому им объему  $V$  (м<sup>3</sup>), включая имеющиеся в нем пустоты и поры:

\*

\*

$$\rho_m = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3$$

# Основные физические свойства специальных строительных материалов, характеризующие их плотность и пустотность.

- \* Для сыпучих материалов существует специальная характеристика – **насыпная плотность**  $\rho_{\text{нас}}$ , которая рассчитывается по той же формуле и поэтому учитывает объем пустот между его зернами.
- \* **Истинная плотность** материала  $\rho_{\text{тв}}$  характеризуется массой единицы объема  $V_{\text{тв}}$  материала по твердому веществу, без учета объема пор и пустот. Иными словами, истинная плотность – это плотность вещества, из которого состоит материал. У непористых материалов (гранит, стекло, сталь и т. п.) средняя плотность практически равна истинной.

# Основные физические свойства специальных строительных материалов, характеризующие их плотность и пустотность.

- \* **Пористость** – степень заполнения объема материала порами, воздушными ячейками в веществе, из которого состоит материал. Пористость определяется по формуле:

$$П = \frac{V - V_{\text{ТВ}}}{V} \cdot 100 = \left(1 - \frac{\rho_{\text{М}}}{\rho_{\text{ТВ}}}\right) \cdot 100,$$

- \* где  $V$  – объем материала,  $\text{м}^3$ ;
- \*  $V_{\text{ТВ}}$  – объем твердого вещества, из которого состоит материал,  $\text{м}^3$ .

# Основные физические свойства специальных строительных материалов, характеризующие их плотность и пустотность.

\* Плотность и пористость строительных материалов колеблется в пределах 0-98% (Таблица 1.3. )

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		Пористость, %
	средняя	истинная	
Гранит	2600-2700	2700-2800	0-2,0
Тяжелый бетон	2200-2500	2600-2700	2,0-2,5
Кирпич	1600-1800	2500-2600	25-35
Древесина	400-800	1500-1550	45-70
Пенопласт	20-100	950-1200	90-98



# Основные физические свойства специальных строительных материалов, характеризующие их плотность и пустотность.

\* **Пустотность** характеризуется наличием воздушных полостей в изделии (пустотелом кирпиче, панели с пустотами) или между зернами в зернистом несвязанном материале. Пустотность определяется как отношение суммарного объема пустот в материале ко всему объему, занимаемому этим материалом, %. Например, пустотность щебня и песка составляет (35-40)%, кирпича пустотелого (15-50)%.

# Гидрофизические свойства строительных материалов

- \* **Гидрофизическими** называются свойства, связанные с воздействием на материалы воды.

*Водопоглощение* – свойство материала впитывать и удерживать влагу при непосредственном соприкосновении его с жидкостью. Оно связано с пористостью материала.

- \* Величиной, характеризующей *весовое водопоглощение* материала, является максимальное его насыщение, равное отношению количества впитанной материалом влаги к массе сухого материала (весовое, или массовое водопоглощение).
- \* Отношение объема поглощенной воды к объему пор называют *коэффициентом объемного водопоглощения*.

# Гидрофизические свойства строительных материалов

\* Величина весового водопоглощения  $W_{\text{в}}$  определяется по формуле:

$$W_{\text{в}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\%$$

\* где  $m_1$  – масса материала в сухом состоянии, кг;

\*  $m_2$  – масса материала в насыщенном водой состоянии, кг;

\*  $m_2 - m_1$  – масса поглощенной материалом влаги, кг.

\* Величина объемного водопоглощения определяется по формуле:

\*  $W_{\text{об}} = \frac{m_2 - m_1}{V}$ , кг/м<sup>3</sup>,

\* где  $V$  – объем образца в естественном состоянии.

# Гидрофизические свойства строительных материалов

\* Если материал соприкасается с водой частью своей увлажняемой поверхности, то **поверхностное водопоглощение**  $W_n$  можно определить как:

\* 
$$W_n = \frac{m_2 - m_1}{S}, \text{ кг/м}^2,$$

\* где  $S$  – величина поверхности, соприкасаемой с водой,  $\text{м}^2$ .

# Гидрофизические свойства строительных материалов

- \* **Гигроскопичность** – это свойство материала поглощать влагу из парогазовой смеси, в частности, из влажного воздуха.
- \* Величиной, характеризующей гигроскопичность материала, является отношение массы влаги, поглощенной материалом из воздуха, к массе сухого материала. Обычно этот показатель выражается в процентах.

# Гидрофизические свойства строительных материалов

\* **Влажность** – величина, показывающая, какое количество воды находится в материале по отношению к его сухой массе (иногда по отношению к объему материала). Влажность материала выражается в процентах и может изменяться от 0% (абсолютно сухой материал) до значения полного водопоглощения. Влажность материала зависит как от его свойств (пористости, гигроскопичности), так и от окружающей его среды (влажность воздуха, наличие контакта с водой).

# Гидрофизические свойства строительных материалов

\* **Влагоотдача** – способность строительных материалов в определенных условиях отдавать влагу окружающей среде. При омывании влажного материала газами (воздухом), ненасыщенными водяными парами, влага из материала диффундирует к поверхности и испаряется через открытые поверхностные поры капилляров и количество ее в материале уменьшается.



# Гидрофизические свойства строительных материалов

- \* *Влажностное равновесие*, наступающее между влажностью окружающего воздуха и материала, характеризует материал как воздушно-сухой.
- \* Влагоотдачу материала необходимо учитывать, например, при сушке оштукатуренных гипсовыми растворными смесями поверхностей или при организации твердения бетона. В первом случае желательна относительно быстрая влагоотдача, во втором – наоборот, создание требуемых тепло-влажностных условий.

# Гидрофизические свойства строительных материалов

\* **Водостойкость** – способность материала сохранять свои эксплуатационные свойства (например, прочностные) при временном или постоянном увлажнении водой или водяным паром. Критерием водостойкости материалов для оценки прочностных характеристик служит коэффициент размягчения:

$$K_p = \frac{R_b}{R_c}, \text{ \%},$$

\* т.е. отношение прочности при сжатии материала, насыщенного водой ( $R_b$ ) к прочности сухого материала ( $R_c$ ).

# Гидрофизические свойства строительных материалов

\* **Водопроницаемость** – способность материала пропускать воду под давлением.

\* Водопроницаемость материала измеряется количеством воды, прошедшей через единицу поверхности материала ( $1\text{ м}^2$ ) в течение 1 ч при постоянном давлении  $1\text{ н/м}^2$ .

Соответственно, **водонепроницаемость** материала может характеризоваться как его способность не пропускать через единицу поверхности воду под определенным давлением в течение установленного промежутка времени.

# Гидрофизические свойства строительных материалов

- \* **Паропроницаемость** – определяется коэффициентом паропроницаемости, показывающим, какое количество водяного пара проходит через слой материала толщиной 1,0 м, площадью  $1\text{ м}^2$  в течение 1 ч при разности давлений пара по разные стороны материала, равном 1 Па ( $\text{мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}$ ).

# Гидрофизические свойства строительных материалов

- \* **Деформации при увлажнении и высыхании** материалов связаны с *набуханием* при насыщении материала водой (глина, древесина), либо уменьшением его в объеме при высыхании или схватывании (растворные смеси на минеральных вяжущих). Набухание сопровождается увеличением размеров материала, которые после высыхания материала обычно восстанавливаются. Уменьшение в объеме (усадка), сопровождающее процесс высыхания влажного материала (нанесенных растворных смесей), может явиться причиной растрескивания нанесенных покрытий.

# Основные теплофизические свойства

**Теплофизические свойства** – это свойства, связанные с изменением температуры.

**Теплопроводность** – способность материала передавать тепло от одной поверхности к другой (по толщине) при наличии на этих поверхностях разности температур.

Способность материала передавать тепло характеризуется коэффициентом теплопроводности ( $\lambda$ ) – количеством тепла (Дж), проходящего в единицу времени (с) через единицу толщины материала (1 м) при разности температур на поверхностях 1 К (1<sup>0</sup>С) в направлении, перпендикулярном поверхности. Коэффициент теплопроводности измеряется в [Вт/м град].

# Основные теплофизические свойства

- \* Теплопроводность материала зависит от его структуры, пористости, влажности и температуры. Чем меньше объемная масса материала, т.е. чем больше в нем пор и чем мельче воздушные поры, тем ниже коэффициент теплопроводности и лучше изолирующие свойства материала.
- \* Влажные материалы имеют повышенную теплопроводность, т.к. теплопроводность воды значительно выше теплопроводности воздуха.



# Основные теплофизические свойства

\*

\*

**Тепловое расширение** – свойство материала расширяться при нагревании и сжиматься при охлаждении; характеризуется температурными коэффициентами линейного и объемного расширения, показывающими, на какую долю первоначальной длины и объема увеличится размер материала в определенном направлении и объем при повышении температуры на  $1\text{K}$  ( $1^{\circ}\text{C}$ ).

# Основные теплофизические свойства

- \* **Огнестойкость** – способность материалов ограничивать распространение огня и выдерживать без горения и разрушения высокие температуры в условиях пожара и воздействие воды при его тушении.

По степени огнестойкости различают:

- негорючие материалы;
- трудно сгораемые материалы;
- сгораемые материалы.

# Основные теплофизические свойства

\* **Несгораемые** материалы под действием огня или высокой температуры не горят и не обугливаются. К таким материалам относятся бетон, кирпич, сталь и т. п. Однако даже несгораемые материалы в той или иной степени снижают физико-механические свойства, а конструкции из этих материалов под действием высоких температур могут терять прочность и деформироваться с потерей устойчивости.

# Основные теплофизические свойства

\* **Трудно сгораемые** материалы под действием огня медленно воспламеняются и после удаления огня их горение и тление прекращается. К таким материалам относятся пропитанная антипиреном древесина, асфальтобетон и другие материалы, защищенные оболочкой из несгораемых материалов, а также, конструкции включающие в себя некоторые сгораемые материалы и т.п.

**Сгораемые** материалы под действием огня или высокой температуры горят и продолжают гореть после удаления источника огня.

# Основные теплофизические свойства

\* **Жаростойкость** - способность материалов в условиях длительного воздействия высоких температур сохранять в требуемых пределах свои физические и механические свойства.

# Основные физические свойства строительных материалов, характеризующие изменения материала при нахождении на открытом воздухе

- \* **Морозостойкость** – способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное замораживание и оттаивание без признаков разрушения.
- \* Морозостойкость характеризуется количеством циклов замораживания (при температуре не выше минус  $17^{\circ}\text{C}$ ) и последующего оттаивания (в воде), которые материал выдерживает без потери определенных, указанных в нормативном документе на этот материал, нормированных характеристик. Для строительных растворов и бетонов в общем случае потеря массы допускается не более 5%, а потеря прочности – не более 25%.

# Основные физические свойства строительных материалов, характеризующие изменения материала при нахождении на открытом воздухе

\* По морозостойкости материалы подразделяются на марки F10, F15, F25, F35, F50, F75, F100 и выше, для специальных сооружений. Марка по морозостойкости гидроизоляции F75 означает, что гидроизолирующее покрытие выдерживает 75 циклов «замораживания-оттаивания» без потерь массы, прочности и своих гидроизолирующих показателей.



# Основные физические свойства строительных материалов, характеризующие изменения материала при нахождении на открытом воздухе

\* **Атмосферостойкость** – способность материала сохранять свои первоначальные свойства и структуру после продолжительного комплексного воздействия атмосферных факторов – дождя, солнечного света, кислорода воздуха, колебаний температуры. Атмосферостойкость материалов определяют с помощью специальных камер искусственного климата.

# Основные физические свойства строительных материалов, характеризующие изменения материала при нахождении на открытом воздухе

\* **Долговечность** – способность материала сопротивляться комплексному воздействию атмосферных и других факторов в процессе эксплуатации (изменение температуры, попеременное увлажнение и высыхание, замораживание и оттаивание, солнечная радиация, воздействие кислорода воздуха и других газов, соприкосновение с грунтовыми водами, растворами солей и т.п.). Долговечность является существенным свойством материалов, поскольку в результате обменных реакций с внешней средой, нарушения сплошности их структуры и т.п. могут значительно измениться эксплуатационные свойства материалов, в частности, снизиться механическая прочность, измениться цвет покрытия и т.д.

# Ядерно-физические свойства

## \* Ядерно-физические и защитные от ионизирующих излучений свойства

- это способность материалов взаимодействовать с ионизирующими излучениями и ослаблять их.

\* Важнейшими защитными характеристиками материалов являются:

- линейный коэффициент ослабления гамма-излучения;
- макроскопическое сечение выведения быстрых нейтронов;
- коэффициенты накопления промежуточных и тепловых нейтронов, захватного излучения.

\* **Радиационная стойкость** - способность материалов в условиях воздействия ионизирующих излучений сохранять в требуемых пределах свои физические и механические свойства.

# Физико-механические свойства

Основными физико-механическими свойствами материалов являются:

- деформационные свойства;
- прочностные свойства;
- твердость;
- истираемость;
- сопротивление удару;
- ИЗНОС.

# Деформационные свойства

**Деформационные свойства** материалов при механических воздействиях проявляются при воздействии на них механических нагрузок, в результате которых в материале возникают различного рода деформации и напряжения. Причем при увеличении нагрузок деформации и напряжения могут достичь предельных величин и произойти разрушение материала.



# Деформационные свойства

\*

\*

**Деформации** - это нарушения взаимного расположения множества частиц материальной среды под действием внешних нагрузок, которые приводят к изменениям формы и размеров тел, которые соответствуют возникающим при этом внутренним напряжениям.

\*

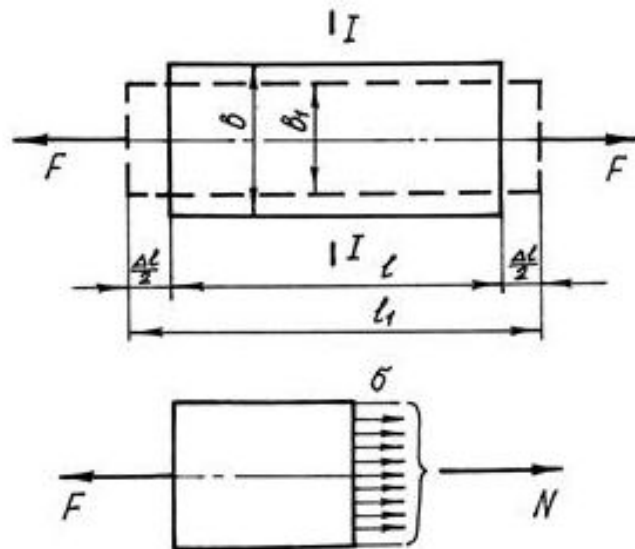
Хотя внутренние напряжения возникают в результате деформаций по действие внешних сил, на практике деформации рассматривают в зависимости от внутренних напряжений, так как они определяются величинами внешних сил, уравновешивая их.

# Деформационные свойства

- \* Простейшими деформациями материалов являются линейные деформации растяжения (удлинения) и сжатия (укорочения) (рис. 6.1), а также деформации сдвига (рис. 6.2).
- \* Линейные деформации материалов могут быть представлены в виде:
  - \* - абсолютных значений удлинения  $+\Delta L$  и укорочения  $-\Delta L$  материалов до величины  $L_1$  относительно первоначальной длины  $L$ , определяемых по формуле:  $\Delta L = L_1 - L$ ;
  - \* - относительных значений  $\varepsilon$  удлинения или укорочения, определяемых по формуле:  $\varepsilon = \Delta L/L$ .



# Деформационные свойства



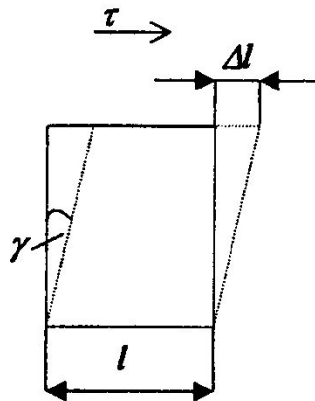
\* Рис. 6.1. Схема удлинения стержня под действием внешней растягивающей силы  $F$ .

\* Показана деформация стержня длиной  $L$  до величины  $L_1$  с удлинением  $\Delta L$ , внутренние нормальные напряжения  $\sigma$ , результирующая которых  $N$  уравнивает величину  $F$ , а также укорочение размеров сечения стержня  $b$  до  $b_1$ .

\*

# Деформационные свойства

- \* **Деформацией сдвига** называется изменение угла  $\gamma$  между элементарными волокнами, исходящими из одной точки и образующими прямой угол до деформации.



- \* Рис. 6.2. Схема изменения угла  $\gamma$  и появления касательных напряжений  $\tau$  под действием внешней сдвигающей силы.

# Деформационные свойства

- \* В твердых телах деформации подразделяются на следующие виды:
- \* - упругие, если они исчезают после снятия нагрузки;
- \* - пластические, если они после снятия нагрузки не исчезают;
- \* - упругопластические если они исчезают не полностью;
- \* - вязкоупругие, если они изменяются во времени и обратимы;
- \* - деформации ползучести, если пластические деформации значительно изменяются во времени и необратимы.

# Деформационные свойства

- \* **Различают следующие виды поведения материалов под механической нагрузкой:**
- \* - **упругое** – при протекании в основном упругих деформаций без значительных пластических деформаций;
- \* - **упругопластическое** - при протекании кроме и упругих и пластических деформаций;
- \* - **пластическое** - при протекании в основном пластических деформаций.

\*

# Деформационные свойства

\* В соответствии с этим материалы подразделяются на следующие:

- \* - хрупкие;
- \* - упругопластические (или упруго-пластичные);
- \* - пластические (или пластичные) .

\* В соответствии с этим различают следующие виды разрушения материалов под нагрузкой:

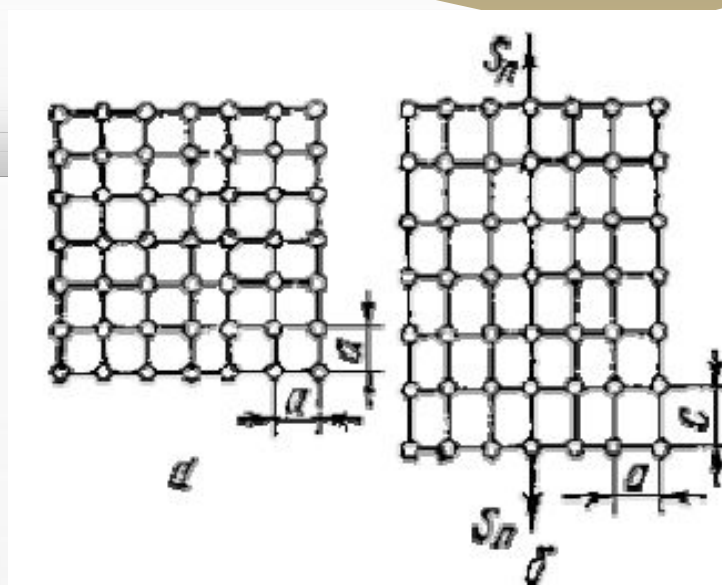
- \* - хрупкое – с преобладанием упругих деформаций;
- \* - упругопластическое - с протеканием упругих и пластических деформаций;
- \* - пластическое - с преобладанием пластических деформаций.

# Деформационные свойства

- \* **Упругие деформации** удлинения и укорочения (рис. 6.3), а также упругие деформации сдвига (рис. 6.4) материалов связаны с деформациями атомов под действием внешних механических нагрузок, если они меньше сил межатомного взаимодействия, так как при снятии внешних механических нагрузок эти деформации исчезают.

\*

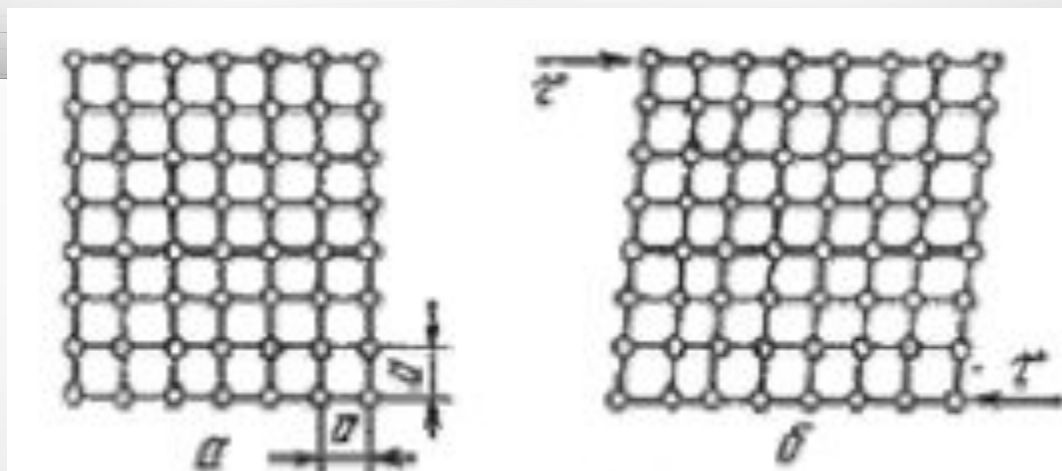
# Деформационные свойства



- \* Рис. 6.3. Схема упругой деформации удлинения материалов под действие внешней нагрузки на атомарном уровне.
- \* а – ненапряженная кристаллическая решетка;
- \* б – упругое деформирование кристаллической решетки.



# Деформационные свойства



\* Рис. 6.4. Схема упругой деформации сдвига материалов на атомарном уровне.

- \* а – ненапряженная кристаллическая решетка;
- \* б – упругое деформирование сдвига кристаллической решетки.

# Деформационные свойства

\* Упругие деформации  $\epsilon$ ,  $\gamma$  и напряжения  $\sigma$ ,  $\tau$  связаны выражениями:

$$\sigma = E\epsilon$$

$$* \tau = G\gamma,$$

\* где  $E$  – модуль упругости (модуль Юнга), МПа;

\*  $G$  – модуль сдвига, МПа.

\* Связь между поперечными  $\epsilon_{\text{поп}}$  и продольными  $\epsilon_{\text{прод}}$  относительными деформациями (по модулю) при растяжении и сжатии характеризуется коэффициентом Пуассона  $\mu$ , определяемым выражением:

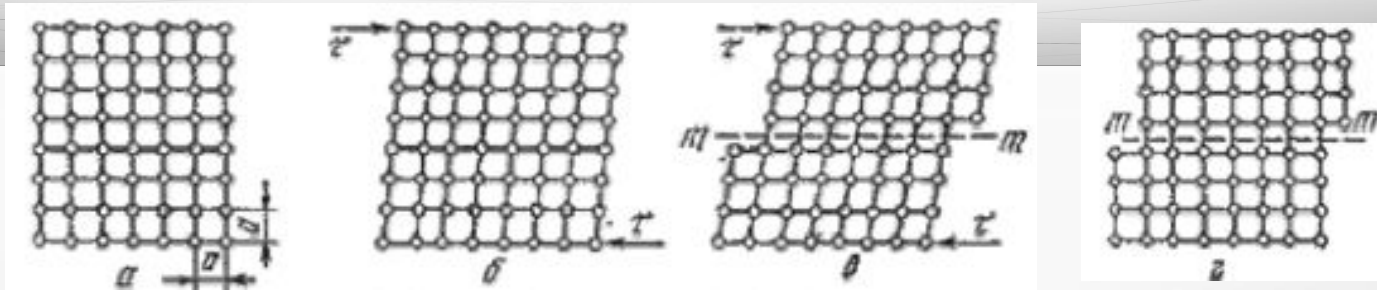
$$* \mu = \epsilon_{\text{поп}} / \epsilon_{\text{прод}} = 0,08 \div 0,45 \approx 0,25.$$

# Деформационные свойства

\* Пластические деформации кристаллов связаны с перемещением путем скольжения вдоль некоторой плоскости одной части кристалла относительно другой при сдвиге, так как при снятии внешних нагрузок исчезают только упругие деформации сдвига, а перемещения атомов остаются. Перемещение путем скольжения значительно облегчается при наличии линейных дефектов структуры - дислокаций, поэтому с увеличением концентрации дислокаций пластичность материалов в основном возрастает.

\* Необратимые деформации в материалах (хотя и не пластические в классическом понимании) могут происходить вследствие образования микротрещин, а также за счет наличия в их составе коагуляционных структур.

# Деформационные свойства



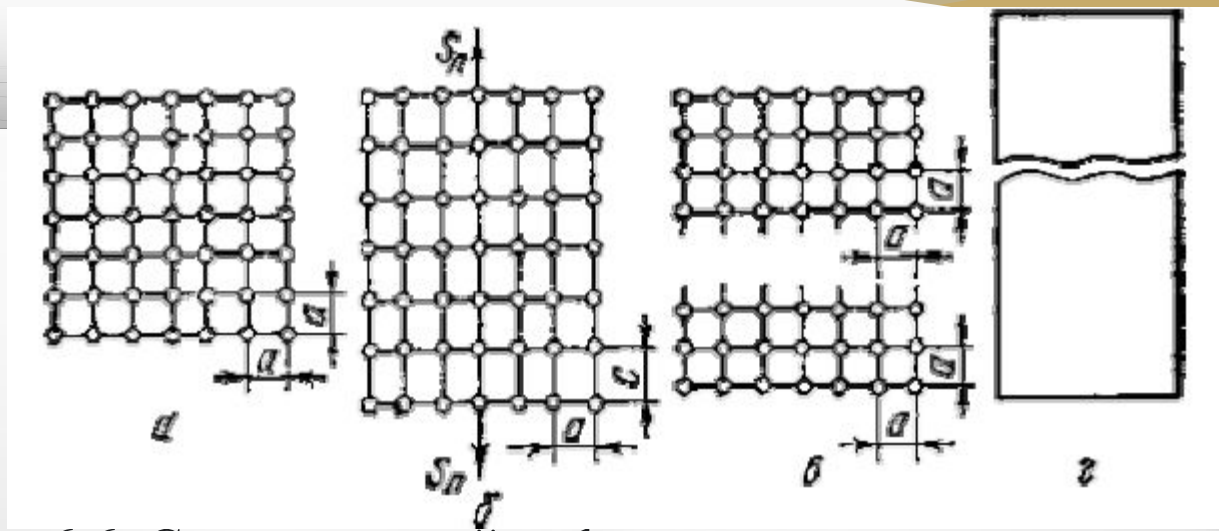
\* Рис. 6.5. Схема образования пластической деформации сдвига материалов под действие внешней нагрузки на атомарном уровне.

- \* а – ненапряженная кристаллическая решетка;
- \* б – упругое деформирование кристаллической решетки под нагрузкой;
- \* в – упругое и пластическое (с перемещением атомов одной части кристалла относительно другой) деформирование кристаллической решетки под нагрузкой;
- \* г – оставшиеся после снятия нагрузки пластические деформации кристаллической решетки вследствие перемещения атомов одной части кристалла относительно другой.

# Деформационные свойства

- \* При достижении растягивающих усилий значений сил межатомного взаимодействия без перемещения при сдвиге происходит хрупкое разрушение материала путем отрыва (рис. 6.6).
- \* При наличии перемещения при сдвиге происходит упругопластическое или пластическое разрушение путем среза (рис. 6.7).

# Деформационные свойства

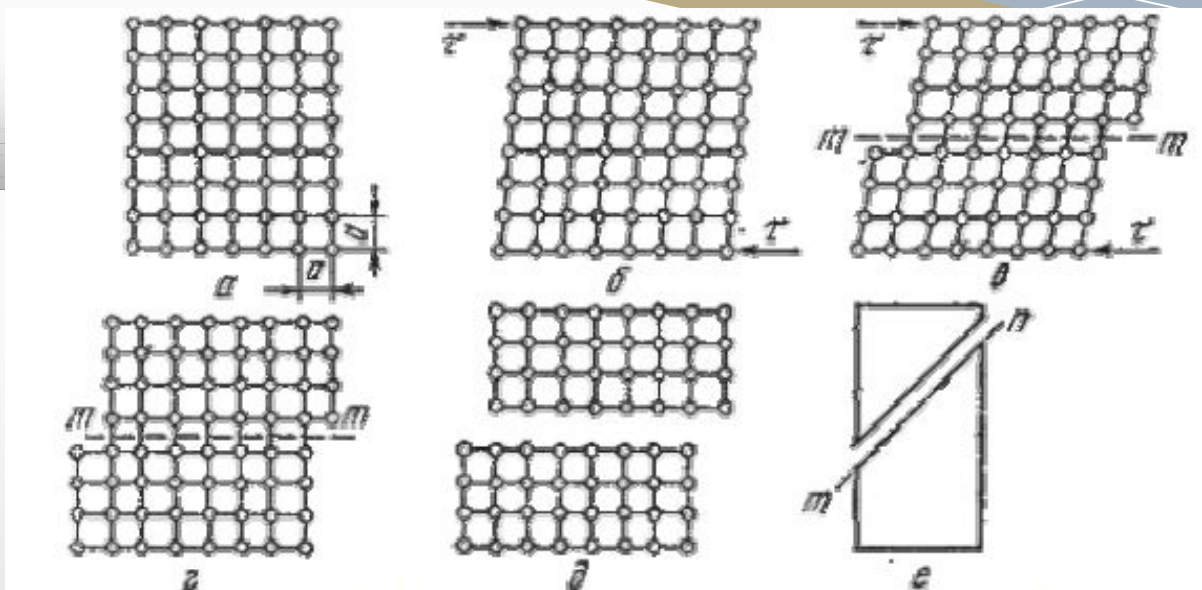


\* Рис. 6.6. Схема упругой деформации и хрупкого разрушения материалов с отрывом под действием внешних растягивающих сил.

- \* а – ненапряженная кристаллическая решетка;
- \* б – упругое деформирование кристаллической решетки;
- \* в и г – хрупкое разрушение в результате отрыва кристаллической решетки и образца материала.



# Деформационные свойства



- \* Рис. 6.7. Схема упругопластической деформации и пластического (вязкого) разрушения материала под действием внешних сил с образованием касательных напряжений
- \* а – ненапряженная кристаллическая решетка; б – упругое деформирование кристаллической решетки под нагрузкой; в – упругое и пластическое (с перемещением атомов одной части кристалла относительно другой) деформирование кристаллической решетки под нагрузкой; г – оставшиеся после снятия нагрузки пластические деформации кристаллической решетки вследствие перемещения атомов одной части кристалла относительно другой; д и е – пластическое (вязкое) разрушение в результате среза при перемещении атомов одной части кристалла относительно другой кристаллической решетки и образца материала.



# Деформационные свойства

- \* Поведение хрупких, упругопластических и пластических материалов под нагрузкой существенно отличается. (рис. 6.8).
- \* Хрупкие материалы разрушаются при наименьших деформациях и в большей части диаграммы наблюдается линейная связь между деформациями и напряжениями под углом  $\alpha$ , тангенс которого равен модулю упругости материала  $E$ .
- \* Материалы с преобладанием пластических деформаций разрушаются при максимальных деформациях и линейная связь между деформациями и напряжениями наблюдается лишь на начальной части диаграммы.
- \* Упругопластические (или упруго-пластичные) материалы разрушаются при средних величинах деформаций и линейная связь между деформациями и напряжениями наблюдается не только на большей части диаграммы, чем у материалов с преобладанием пластических деформаций.

# Деформационные свойства

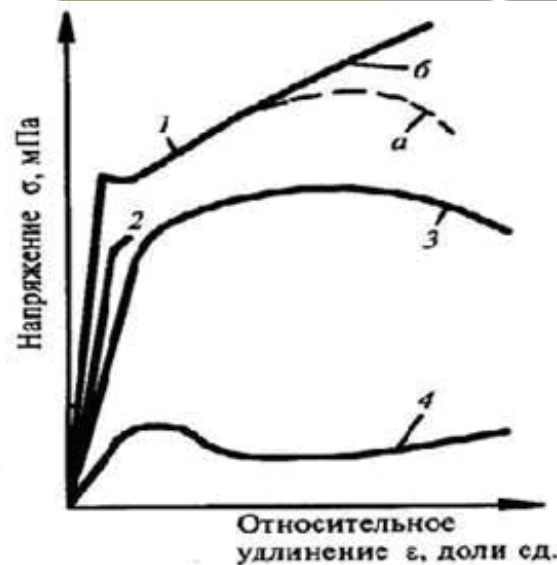
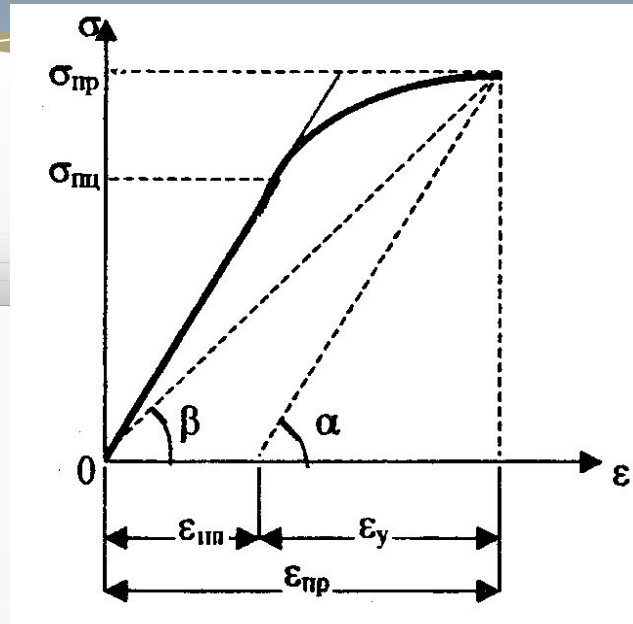


Рис. 6.8. Диаграммы деформации - напряжения для различных материалов.

- \* 1 – упругопластические материалы с площадкой текучести на примере строительных сталей (*а* — условная кривая; *б* — истинная кривая); 2 — хрупкие материалы (чугун, керамика, скальные горные породы); 3 – упругопластические материалы без площадки текучести (алюминиевые сплавы, высокоуглеродистые и легированные стали, бетоны, растворы); 4 — материалы с преобладанием пластических деформаций на примере полиэтилена.

# Деформационные свойства

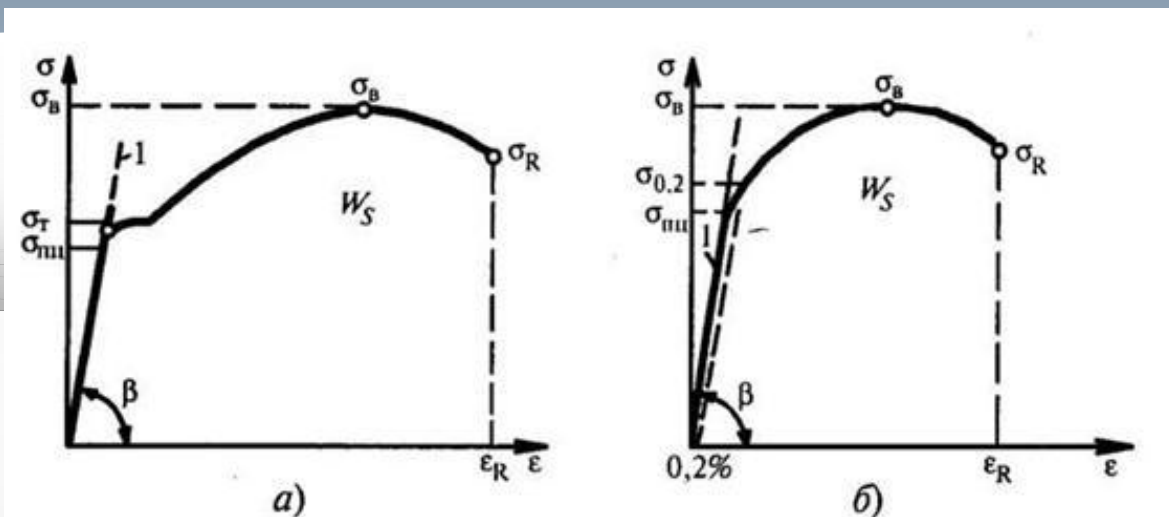


\* Рис. 6.9. Диаграмма деформации – напряжения упругопластических материалов с преобладанием упругих деформаций (бетоны, растворы).

- \*  $\sigma_{\text{пл}}$  – предел пропорциональности;  $\sigma_{\text{пр}}$  – предельное (разрушающее) напряжение;  $\epsilon_{\text{пр}}$  – предельная относительная деформация;  $\epsilon_{\text{у}}$  – упругая относительная деформация;  $\epsilon_{\text{пл}}$  – относительная пластическая деформация;  $\alpha$ - угол, характеризующий начальный модуль упругости ( $\tan \alpha = E_0$ );  $\beta$  - угол, характеризующий модуль деформации при предельных напряжениях с учетом развития пластических деформаций ( $\tan \beta = E$ ).



# Деформационные свойства

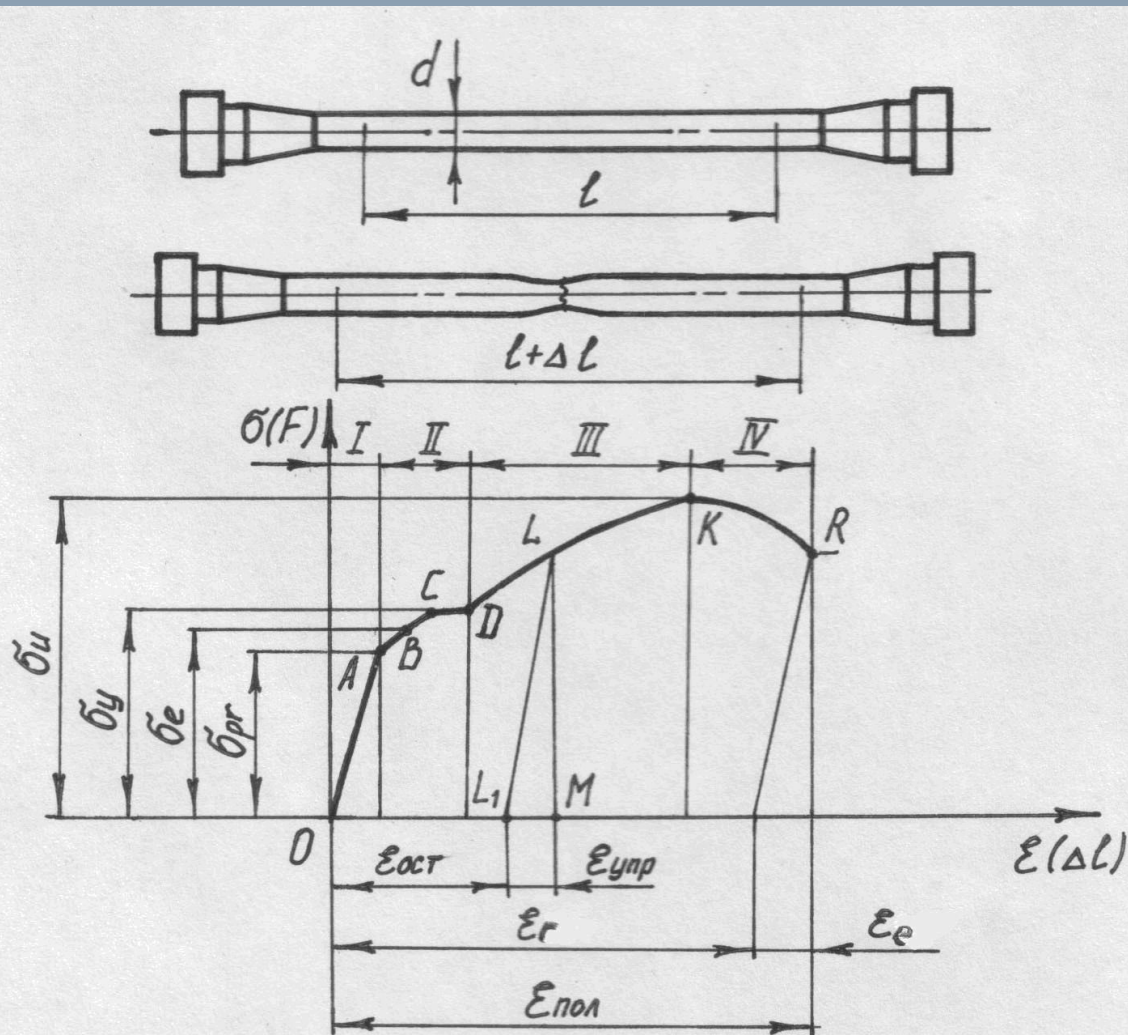


\* Рис. 6.10. Диаграмма деформации – напряжения упруго-пластичных материалов с преобладанием пластических деформаций с четко выраженной площадкой текучести – низкоуглеродистые стали (а) и без площадки текучести.- высокоуглеродистые и легированные стали (б).

$\sigma_{III}$  – предел пропорциональности;  $\sigma_T$  – предел текучести;  $\sigma_{0,2}$  – условный предел текучести при  $\sigma$ , соответствующем остаточной деформации  $\epsilon_{oc}=0,2\%$ ;  $\epsilon_R$  – предельная относительная деформация;  $\sigma_B$  – предельное (временное) напряжение;  $\sigma_R$  – предельное (разрушающее) напряжение без учета уменьшения сечения.

\*  $\sigma_{пр}$  – предельное (разрушающее) напряжение;  $\epsilon^{пр}$  – предельная относительная деформация;  $\epsilon_y$  – упругая относительная деформация;  $\epsilon_{III}$  – относительная пластическая деформация;  $\alpha$ - угол, характеризующий модуль упругости;  $\beta$  - угол, характеризующий модуль деформации при предельных напряжениях с учетом развития пластических деформаций.  $\beta$  - угол наклона диаграммы в области упругих деформаций, характеризующий модуль упругости ( $\text{tg}\beta=E$ ).

# Деформационные свойства





# Прочностные свойства

- \* **Прочность** – способность материала сопротивляться, не разрушаясь, внутренним напряжениям, возникающим под действием внешних нагрузок и иных факторов (например, температурных).
- \* Прочность материалов обычно характеризуется пределом прочности при сжатии, растяжении, изгибе, скалывании, срезе и т.п.
- \* **Пределом прочности** называют напряжение, соответствующее нагрузке, разрушающей образец испытываемого материала.

\*

# Прочностные свойства

- \* Предел прочности  $R$  (в  $\text{кг/см}^2$  или МПа) при сжатии или растяжении принимается равным разрушающему напряжению  $\sigma_{\text{разр}}$ , которое вычисляется путем деления максимальной нагрузки, разрушившей образец материала ( $P$ , в кг, т или МН) на площадь поперечного сечения ( $S$ ,  $\text{см}^2$  или  $\text{м}^2$ ):

- \* 
$$R = \sigma_{\text{разр}} = \frac{P}{S}$$

- \* Основными регламентирующими характеристиками механических свойств материала является **марка по прочности, класс по прочности, расчетное сопротивление** (все на конкретное вид испытания – на сжатие, растяжение и т. д.).



# Прочностные свойства

\*

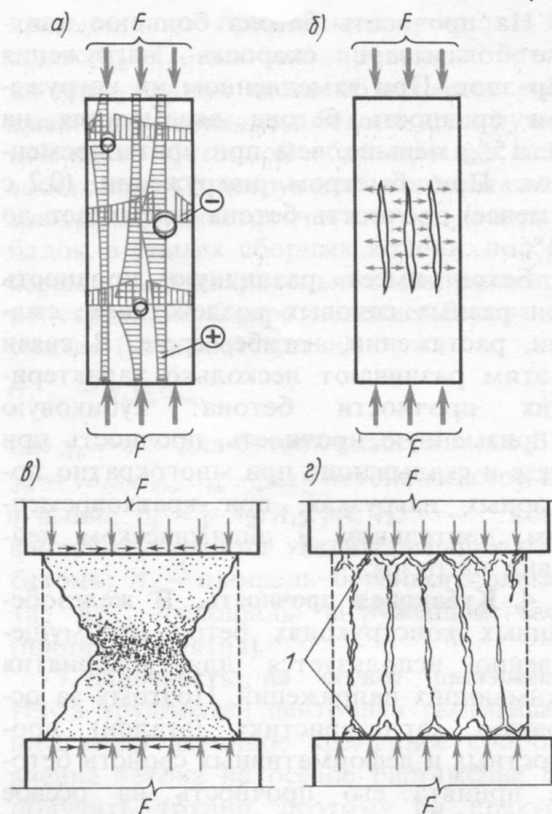


Рис. 16. Схема работы бетона при сжатии:  
а – концентрация напряжений у микро- и макропор;  
б – разрыв бетона в поперечном направлении; в –  
при наличии трения по опорным плоскостям; г – при  
отсутствии трения; 1 – смазка

# Прочностные свойства

- \* **Марка по прочности** строительных материалов – принимается по среднему арифметическому значению пределов прочности  $\bar{R}$  при испытаниях образцов и принимается численно равной округленному в меньшую сторону значению среднего арифметического значения прочности в  $\text{кг/см}^2$  с буквой М.
- \* Например, при  $\bar{R} = 312 \text{ кг/см}^2$  марка принимается М300.

# Прочностные свойства

- \* В общем случае среднее арифметическое значение пределов прочности бетона сжатию по результатам испытания партии стандартных кубов определяется по формуле:

$$\sum_{i=1}^n R_i$$

- \* где  $R_i$  – предел прочности  $i$ -того образца;
- \*  $n$  – число испытанных образцов в партии.

# Прочностные свойства

- \* **Класс по прочности** принимается с учетом вариаций значений предела прочности образцов при испытаниях и гарантирует, что с доверительной вероятностью 0,95 (в 95 случаях из 100) предел прочности не будет ниже прочности, соответствующей классу по прочности.
- \* Значение  $B$  (в МПа) класса по прочности рассчитывается по величине среднеарифметического значения предела прочности  $\sigma_{cp}$  (в МПа) и коэффициенту вариации прочности  $V$  по формуле:
  - \*  $B = (1 - \alpha V) \text{ в МПа}$
- \* и округляется до ближайшего значения класса по СНиП и СП.

\*

# Прочностные свойства

\* Коэффициент вариации  $V$  определяется по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{R}$$

\* где  $\sigma$  - среднее квадратичное отклонение прочности бетона в партии, характеризующее ее изменчивость и определяемая по формуле :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(R - R_i)^2]}{n - 1}}$$

# Прочностные свойства

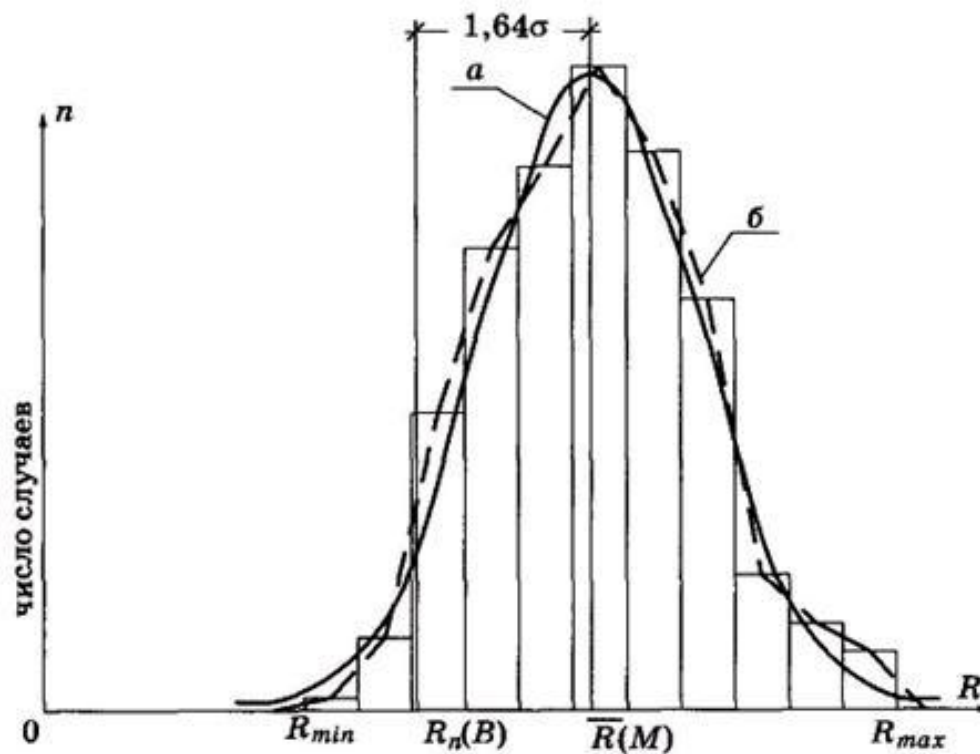


Рис. 1.5. Кривые распределения прочности бетона: а — теоретическая; б — опытная

# Прочностные свойства

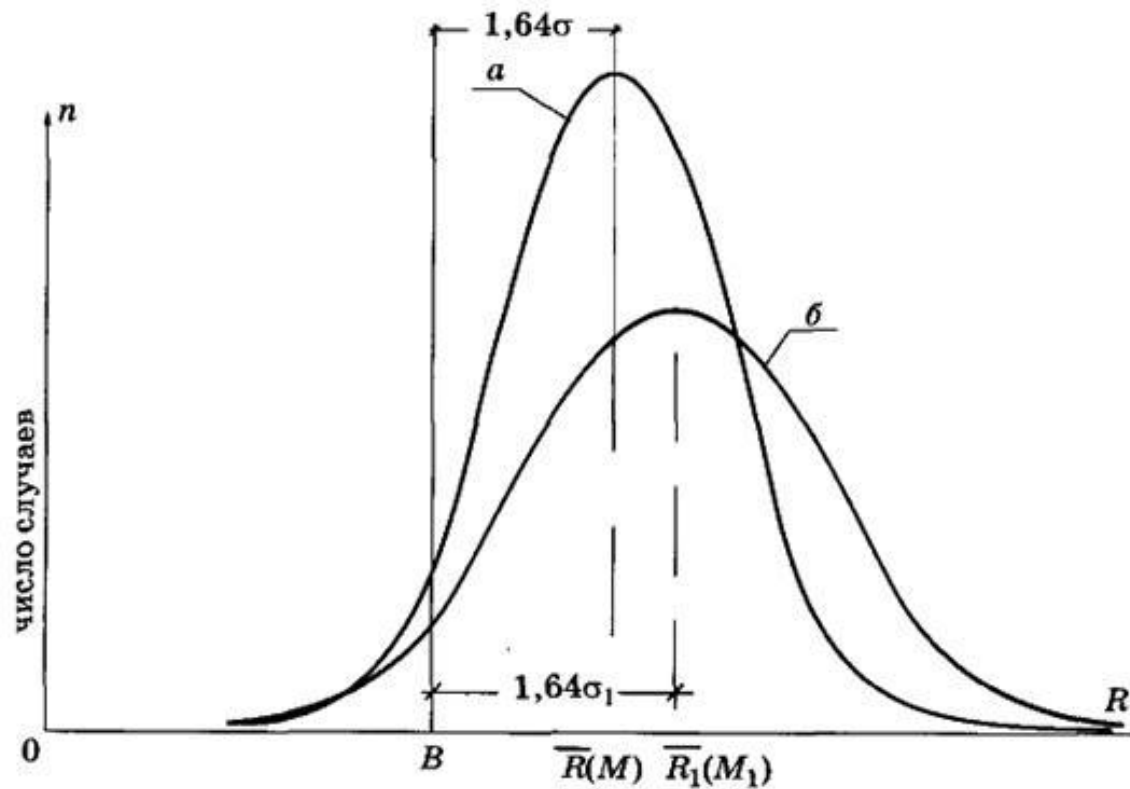


Рис. 1.6. Кривые распределения прочности бетонов: а --- однородно; б — менее однородного



# Прочностные свойства

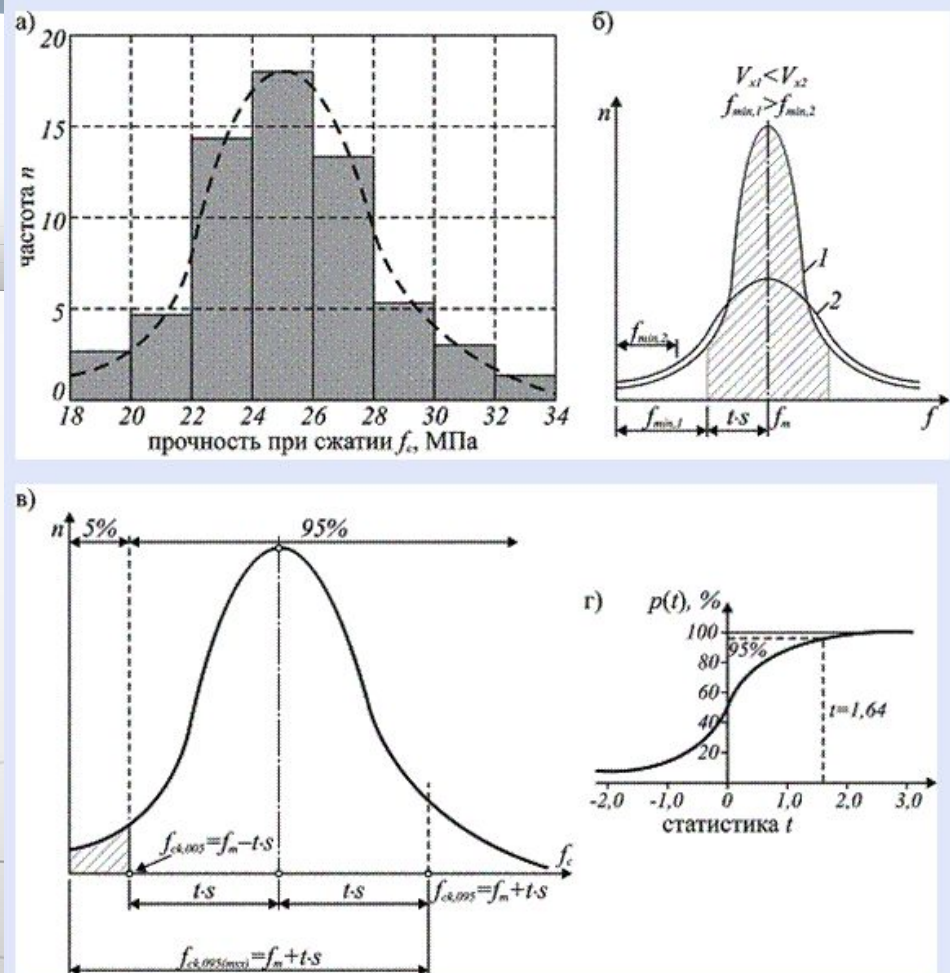


Рис. 6.8. Гистограмма опытных результатов при испытании прочности бетона (а), кривые нормального распределения прочностей материала (б, в) и зависимость « $p$ – $t$ » (г)

# Прочностные свойства

\* Для бетонов в большинстве случаев  $\alpha = 1,64$  и  $V=0,135$  поэтому

$$B = (1 - 1,64 \sqrt{0,135}) \bar{R} = 0,779 \bar{R}$$

\*  $B = 0,0779M$ .

\* В таком случае М300 соответствует  $B=300 \times 0,0779 = 23,4 \approx B25$ .

\* **Расчетное сопротивление (нормативное  $R^H$  и расчетное  $R$ ) по прочности принимается по классу  $B$  с использованием понижающих коэффициентов пересчета. Для бетонов они принимаются по СНиП и СП по классу  $B$  и составляют на сжатие  $R^H \approx 0,75B$ ,  $R \approx 0,58B$ .**

# Прочностные свойства

- \* Предел прочности при сжатии большинства строительных материалов колеблется в широких пределах: от 0,5 МПа (торфоплиты) до 100 МПа и более (специальные стали, высокопрочные бетоны).
- \* У большинства строительных материалов (за исключением древесины, полимерных материалов и стали) предел прочности при изгибе и особенно при растяжении значительно ниже, чем при сжатии.
- \* Наиболее эффективными являются материалы, имеющие наименьшую объемную массу и наиболее высокую прочность.
- \* Для сталей устанавливаются нормативные и расчетные сопротивления:
  - \* - по пределу текучести  $R_{yn} = \sigma_T$ ;  $R_y = \sigma_T / \gamma_M$
  - \* - по временному сопротивлению  $R_{un} = \sigma_B$ ;  $R_y = \sigma_a / \gamma_M$

# Прочностные свойства

\* Значения пределов прочности некоторых строительных материалов приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4

⊕ Материал	Предел прочности, МПа		
	при сжатии	при растяжении	при изгибе
Гранит	130-180	5-15	-
Кирпич глиняный	7,5-30	0,5-2	1,7-4,5
Бетон на цементной основе (тяжелый)	10-60	1-4	-
Сталь углеродистая Ст3	350-450	350-450	-

# Физико-механические свойства

- \* **Твердость** – способность материала сопротивляться проникновению в него другого материала. Ее определяют разными методами; например, твердость древесины, стали, бетона, строительных растворов и пластмасс определяют путем вдавливания стального шарика при определенной нагрузке и времени погружения.

\*

# Физико-механические свойства

\* **Истираемость** – разрушение материала при трении о поверхность другого материала. Показателем истираемости служит потеря в массе, отнесенная к площади образца после определенного воздействия истирающих усилий на специальных приборах – кругах истирания. Истираемость  $I$  (г/см<sup>2</sup>) может быть определена по формуле:

$$I = \frac{m_1 - m_2}{S}$$

\* где  $m_1$  – масса образца материала до истирания, г;

\*  $m_2$  – масса образца после истирания, г;

\*  $S$  - площадь истирания, см<sup>2</sup>.



# Физико-механические свойства

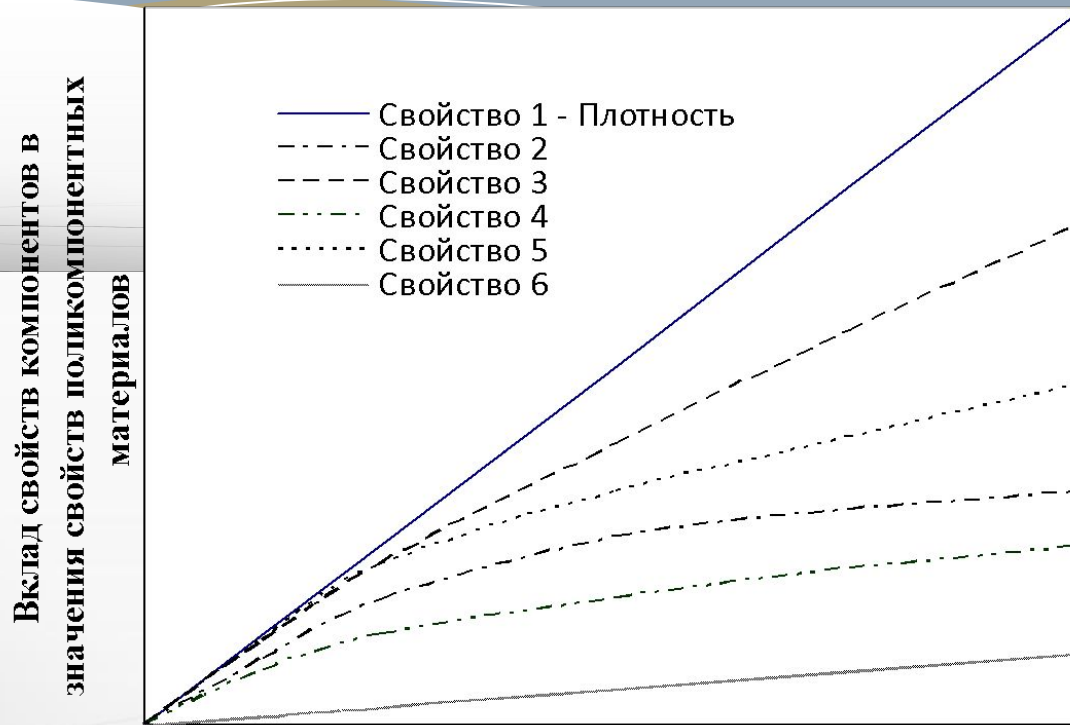
- \* **Сопротивление удару** – способность материала сопротивляться ударным воздействиям; характеризуется работой, затрачиваемой на разрушение стандартного образца в Дж и отнесенной к единице его объема в  $\text{м}^3$ . Сопротивление удару имеет большое значение для многих конструкций (дорожные покрытия, система скрепленной внешней теплоизоляции и т.д.). Этот показатель определяется на специальных маятниковых копрах и выражается в  $\text{Дж}/\text{м}^3$ . Существуют и другие, предусмотренные стандартом, методы испытания материала на сопротивление удару.
- \* **Износ** – разрушение материала при одновременном воздействии истирания и удара. Показателем износа служит потеря массы (в процентах) образца материала после испытания на износ в стандартном полочном барабане.



## Взаимосвязь между составом, микро-, макроструктурой и физическими свойствами строительных материалов.

- \* Значения всех свойств материалов увеличиваются с ростом значений свойств слагающих их компонентов (кристаллов, минералов, фаз, компонентов). Однако характер зависимостей значений различных свойств материалов различен и обычно не линеен.
- \* Значения прочности, модуля упругости, плотности, коэффициентов теплопроводности и температурного расширения, морозостойкость уменьшаются, а размеров и объема материалов возрастают с ростом величины пористости  $P$  и трещиноватости  $V_{тр}$ .

# Взаимосвязь между составом, микро-, макроструктурой и физическими свойствами строительных материалов.



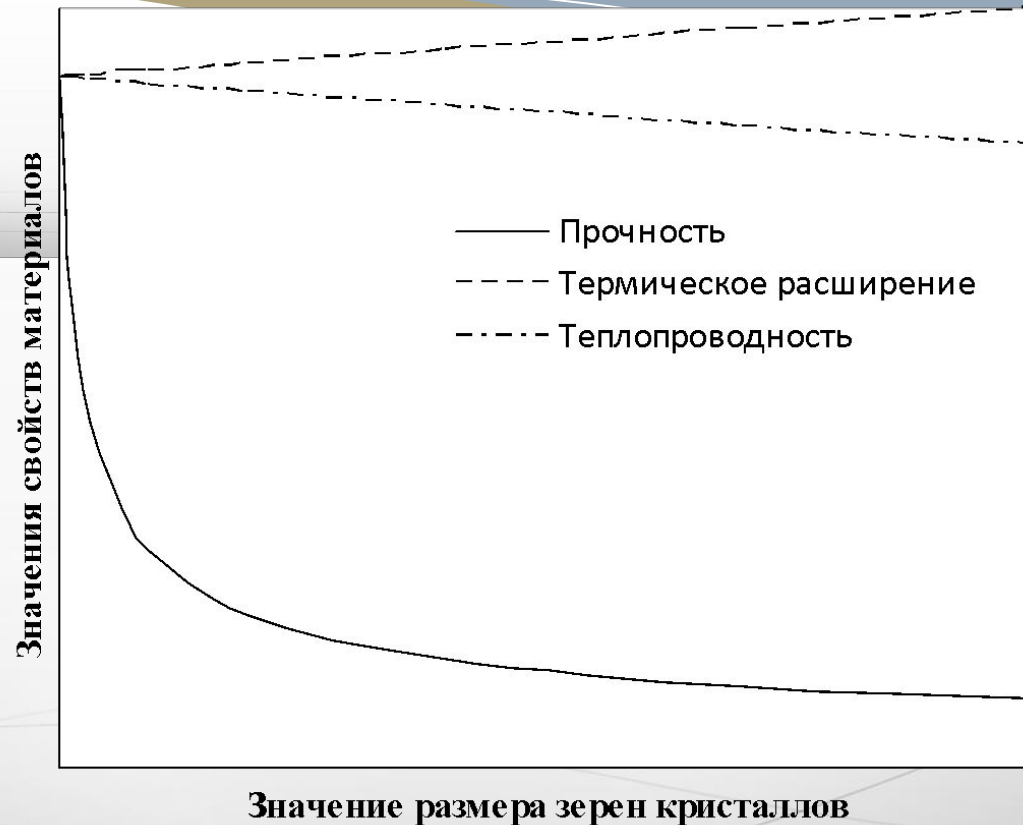
\* Рис. 6.11. Зависимость свойств материалов от значений свойств слагающих их составляющих (кристаллов, минералов, фаз, компонентов).

# Взаимосвязь между составом, микро-, макроструктурой и физическими свойствами строительных материалов.



Рис. 6.12. Зависимость свойств материалов от пористости.

# Взаимосвязь между составом, микро-, макроструктурой и физическими свойствами строительных материалов.



\* Рис. 6.13. Зависимость свойств поликристаллических материалов от крупности зерен.

# Взаимосвязь между составом, микро-, макроструктурой и физическими свойствами строительных материалов.

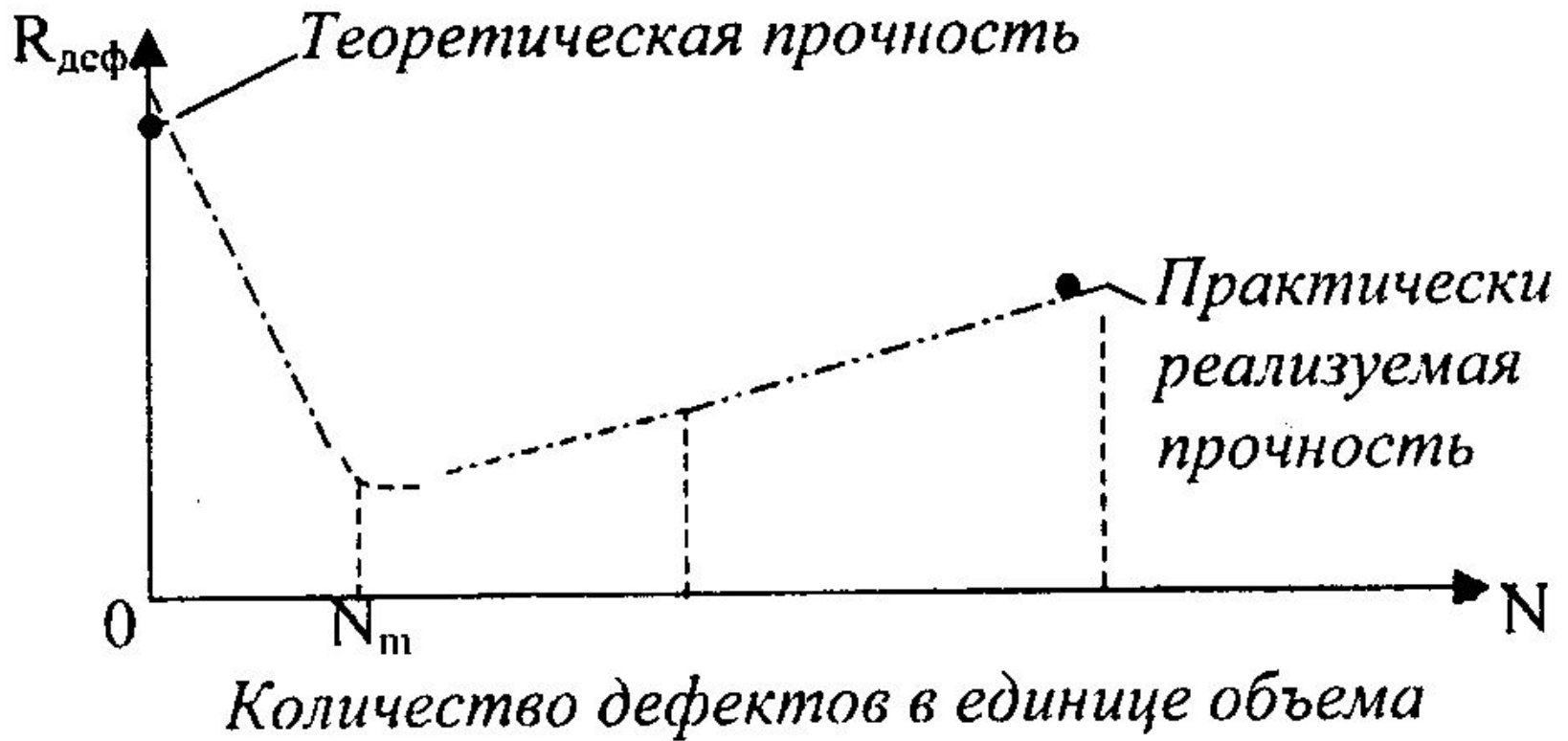


Рис. 6.14. Зависимость свойств материалов от количества дефектов микроструктуры в единице объема

# Физико-химические свойства

\* **Физико-химические свойства** – это свойства материалов, определяющие протекание в материалах физико-химических процессов.

\* К ним относятся:

\* - Дисперсность;

\* - Гидрофильность;

\* - Гидрофобность;

\* - Химическая и коррозионная стойкость;

\* - Биостойкость;

\* - Химическая активность.

# Физико-химические свойства

**Дисперсность** – характеристика размеров твердых частиц и капель жидкостей строительных материалов, находящихся в тонкоизмельченном (дисперсном) состоянии (цемент, гипсовое вяжущее, пигменты, кварцевая и известняковая мука).

\* Такое состояние вещества характеризуется большой суммарной поверхностью частиц, так как при уменьшении размеров частиц удельная поверхность частиц материала возрастает обратно пропорционально размеру частиц.

В связи с этим обычно дисперсность характеризуется размерами частиц и удельной поверхностью.



# Физико-химические свойства

\* Удельная поверхность  $S_{уд}$  единицы объема дисперсного материала в зависимости от размера  $d$  и формы зерен определяется по формулам:

\*  $S_{уд} = (1 - V_{пус}) 6/d$ ,  $см^2/см^3$  - для частиц шаровой формы;

\*  $S_{уд} = (1 - V_{пус}) 7,2/d$ ,  $см^2/см^3$  - для частиц кубической формы.

\* где  $V_{пус}$  – пустотность дисперсного материала, доли ед.;

\* Удельная поверхность  $S_{уд}$  единицы массы дисперсного материала в зависимости от размера  $d$  и формы зерен определяется по формулам:

\*  $S_{уд} = (1 - V_{пус}) 6/(d\rho_{нас})$ ,  $см^2/г$  - для частиц шаровой формы;

\*  $S_{уд} = (1 - V_{пус}) 7,2/(d\rho_{нас})$ ,  $см^2/г$  - для частиц кубической формы.

\* где  $\rho_{нас}$  – насыпная плотность дисперсного материала.

# Физико-химические свойства

\* Поверхностный слой материала по своему состоянию отличается от этого же вещества «в массе». Причина подобного явления в том, что атомы (молекулы) вещества, находящиеся внутри материала уравновешены действием окружающих атомов (молекул), в то время как атомы (молекулы) на поверхности вещества находятся в неуравновешенном состоянии и обладают особым запасом энергии. Таким образом, с возрастанием удельной поверхности вещества возрастает его физико-химическая активность. Например, кусок каменного угля трудно поджечь, в то же время пылеобразный уголь образует с воздухом взрывоопасные смеси. На этом же основано получение быстротвердеющих цементов путем увеличения тонкости его помола: обычный цемент имеет удельную поверхность (3000-3500) см<sup>2</sup>/г, а быстротвердеющий (4500-5000) см<sup>2</sup>/г.

# Физико-химические свойства

- \* **Гидрофильность** – способность материалов смачиваться водой.
- \* **Гидрофильными** материалами являются материалы, хорошо смачиваемые водой. Капля воды, попавшая на поверхность такого материала, растекается по нему. Это происходит потому, что сила взаимодействия молекул гидрофильного вещества с водой больше, чем между молекулами воды. Гидрофильность характерна для материалов, имеющих полярное строение молекул (каменные материалы, растворы, древесина, металлы и др.).

# Физико-химические свойства

\* **Гидрофобность** – особенность материалов не смачиваться водой.

\* **Гидрофобными** материалами называют материалы, не смачиваемые водой. Вода на их поверхности не растекается, а собирается в виде капель. Сила взаимодействия молекул таких материалов с молекулами воды меньше, чем между молекулами воды.

Гидрофобность характерна для многих органических веществ, имеющих неполярные молекулы или большие неполярные участки в молекулах. Пример гидрофобных веществ – масла, парафин, битум, многие полимерные материалы, кремнийорганические вещества. Для придания гидрофобности гидрофильным материалам их поверхность обрабатывают гидрофобизаторами. В строительстве для гидрофобизации часто используют кремнийорганические вещества.

# Физико-химические свойства

- \* **Адгезия** (прилипание) – это наличие сил связи (прилипания) между различными материалами. Это сопротивление, которое необходимо преодолеть при разделении двух образцов материалов, находящихся в контакте, зависящее от природы материалов, формы и состояния поверхности, условий контакта и т.д.
- \* Адгезия двух различных материалов, например, жидкости и твердого, развивается вследствие сложных поверхностных явлений, возникающих на границе раздела фаз (жидкость – твердое тело): смачиваемость, абсорбция (проникновение одного материала в другой), хемосорбция (проникновение с химическим взаимодействием) и др.

# Физико-химические свойства

\* Величина адгезии определяется различными методами. Однако в общем случае адгезия характеризуется величиной усилия, необходимого для разъединения склеенных поверхностей тел (усилие разъединения  $F$  на единицу площади  $S$  либо на единицу длины поверхности установленной ширины).

\* Это усилие, или прочность склеивания определяется (в МПа либо кгс/м<sup>2</sup>) целым рядом факторов, из которых наиболее существенные - природа поверхности твердого тела и смачивающая способность, а также вязкость (консистенция) клеящего вещества. Гидрофилизация (смачиваемость) поверхности твердого тела и оптимальное снижение вязкости материала (растворной смеси) всегда способствуют повышению адгезии.



# Физико-химические свойства

\* **Коррозия** – самопроизвольное разрушение материалов, которое вызывается химическими и электрохимическими процессами, протекающими в них при взаимодействии с внешней средой. Коррозионному разрушению подвергаются не только металлы, но и каменные материалы, бетон, пластмассы.

\* Коррозия строительных материалов опасна не только из-за химических изменений в их структуре, но и связанными с ними отрицательными изменениями физико-химических свойств материалов.

\* **Химическая и коррозионная стойкость** – способность материала в эксплуатационных условиях противостоять действию кислот, щелочей, агрессивных газов без процессов коррозии.



# Физико-химические свойства

\* Основными агрессивными веществами, вызывающими коррозию строительных материалов зданий и сооружений при химических и электрохимических процессах являются пресная и соленая вода, минерализованные почвенные воды, растворенные в дождевой воде газы, соли ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_2$  и т.д.) – выбросы и отходы промышленных предприятий, неупорядоченных свалок, выхлопные газы автомашин и т.п.

\* На промышленных предприятиях коррозию строительных материалов и конструкций часто вызывают растворы кислот и щелочей, расплавленные материалы и горячие газы.

# Физико-химические свойства

\* Особый вид коррозии – **биокоррозия** – разрушение материалов под действием живых организмов (грибков, бактерий и т.п.). Биокоррозия - это не только гниение и разрушение органических материалов (древесины, битума, тепло- звукоизолирующей подосновы линолеума, других отделочных материалов из химических волокон и т.д.), но и разрушение камня, металла продуктами жизнедеятельности поселившихся и развивающихся в них микроорганизмов. Наиболее сильно биокоррозия проявляется в местах с жарким и влажным климатом, а также во влажной и мокрой среде.

\* **Биостойкость** – способность материалов сопротивляться влиянию биологических процессов, возникающих при эксплуатации материала в сооружении.

\*

# Физико-химические свойства

\* **Химическая активность** материалов характеризует их реакционную способность (активное химическое взаимодействие) при соединении с другими материалами. Она зависит от многих факторов. Например, химическая активность таких строительных материалов, как вяжущие вещества и активные минеральные и органические добавки, зависит как от состава и строения вещества (т.е. от активности составляющих его молекул), так и от тонкости его помола – дисперсности.

# Технологические свойства

- \* **Технологические свойства** материалов – это свойства, характеризующие его восприимчивость к выполнению определенных технологических операций по получению конечного или промежуточного продукта, предназначенного для использования по назначению, дальнейшей переработки либо применения в составах других, более сложных материалов.
- \* Технологические свойства материалов охватывают очень широкую область их применения, и требования к этим свойствам приобретают вполне определенный характер в зависимости от конкретного назначения той технологической операции, в которой участвует либо сам материал, либо один из продуктов его переработки.

# Технологические свойства

\* Основными технологическим свойствам строительных материалов являются:

- \* - восприимчивость исходного материала (горной породы) к выполнению операций с целью изменения размеров частиц (дробления и измельчения);
- \* - качество поверхности при изготовлении изделий (для различных подделочных и облицовочных камней, блоков, плит и т.п.).
- \* - равномерность распределения компонентов в сухих смесях, строительных растворах и водно-дисперсионных полимерных составах;
- \* - пластичность, реология и укрываемость растворных смесей и готовых к применению водно-дисперсионных составов.

# Технологические свойства

\* **Пластичность, реология и укрывистость** являются очень важными при работе с готовыми для применения смесями строительных материалов при их нанесении на поверхность (клеевые, штукатурные, шпаклевочные, гидроизоляционные растворные смеси, окрасочные составы и т.п.).

\* **Пластичность** (подвижность, удобоукладываемость, консистенция) растворной и бетонной смеси – показатель, характеризующий пластические свойства (вязкость) растворных и бетонной смесей.

\* **Пластичность** выражает способность к текучести растворных и бетонных смесей, заполнению пустот между строительными элементами, выравниванию поверхности, транспортированию растворомасосами и бетононасосами и т.п. В зарубежной литературе адекватным этому понятию является термин **удобообрабатываемость**.



# Технологические свойства

\* При большой дисперсности твердых частиц (например, в цементном, гипсовом тесте) вода играет двойную роль: придает такой смеси структурную прочность и устойчивость (масса не расслаивается и не течет), и одновременно служит как бы смазкой, препятствуя прямому контакту твердых частиц между собой и облегчая деформацию массы под действием внешних сил (шпателя, валика). Хорошо иллюстрирует это явление пример с двумя стеклами, соприкасающимися смоченными водой поверхностями: вода удерживает соприкасающиеся стекла (их трудно разъединить) и в то же время облегчает их взаимное скольжение.



# Технологические свойства

\* Итак, пластичность зависит от двух факторов: дисперсности (удельной поверхности) твердых частиц и возможности образования на их поверхности оболочек связанной воды. Последнее определяется степенью гидрофильности поверхности частиц. Эти же факторы определяют пластичность и неводных смесей, например, полимерных мастик.

\* Повысить пластичность смесей можно, увеличив в ней содержание тонкодисперсных частиц или улучшив смачиваемость их поверхности. Последнее достигается с помощью поверхностно-активных веществ (ПАВ) или пластификаторов.

# Технологические свойства

*Реология* (реологические свойства материала) – способность материалов к деформации и течению под влиянием механических воздействий, т. е. особенность поведения растворной смеси (дисперсионного полимерного состава) при нанесении на поверхность. Реология – одна из важнейших технологических характеристик, основанных на вязкости материала и определяющих его *перерабатываемость*, – также существенной технологической характеристики.

\*

# Технологические свойства

\* В соответствии с реологическими свойствами все вязкие

материальные системы могут относиться:

- \* - к **ньютоновским** – системам, вязкость которых не зависит от напряжения сдвига (воздействия рабочего инструмента). Скорость их течения пропорциональна приложенному напряжению, поэтому течение таких систем называется пластическим.
- \* - к **псевдопластическим** – системам, вязкость которых зависит от приложенного напряжения

# Технологические свойства

- \* Суспензии могут вести себя как ньютоновские жидкости лишь при очень низкой концентрации твердой фазы и отсутствии взаимодействия между ее частичками.
- \* Как правило, композиционные материалы (растворные смеси, дисперсионные составы) не являются ньютоновскими жидкостями.

# Технологические свойства

Особый интерес для готовых к применению смесей строительных материалов представляет явление *тиксотропии*, которое характеризуется тем, что при механическом воздействии, например под воздействием рабочего инструмента, (при перемещении, встряхивании, нанесении материала) дисперсные системы разжижаются со снижением вязкости системы за счет уменьшения сил связи между частицами. По окончании механического воздействия связи восстанавливаются и возникают структуры, аналогичные разрушенным.

**Тиксотропия** характеризуется *периодом релаксации*, т. е. временем, необходимым для восстановления структуры.

# Технологические свойства

\* При этом различают:

\* - прочностную тиксотропию, связанную с изменением, разрушением и восстановлением относительно прочных связей между частицами;

\* - вязкостную тиксотропию, связанную с изменением только вязкости сил связи между частицами.

\* Прочностная тиксотропия характерна для высоконаполненных систем и обусловлена образованием молекулярных структур..

\* Вязкостная тиксотропия характерна для систем с низким наполнением и обусловлена образованием пространственных надмолекулярных структур.

# Технологические свойства

\* Явление тиксотропии используют при виброуплотнении бетонных и растворных смесей и при нанесении растворных и дисперсионных составов кистью или шпателем. В последнем случае материал под действием шпателя (кисти) течет, равномерно распределяясь по поверхности, а когда инструмент прекращает свое действие, материал вновь обретает структурную прочность и, например, будучи нанесенным на вертикальную поверхность, не стекает с нее.



# Технологические свойства

- \* *Дилатантное* течение готовых к употреблению смесей строительных материалов характерно для очень концентрированных суспензий в том случае, когда между частицами нет прочных связей и они сохраняют достаточно высокую подвижность под действием небольших сдвиговых усилий либо при малых скоростях сдвига. Для таких композиций с увеличением сдвиговых усилий или скорости сдвига начинают проявляться взаимные механические препятствия взаимному перемещению частиц относительно друг друга – вязкость возрастает.
- \* Проявление суспензиями дилатантных свойств может привести к поломке перемешивающих устройств или выходу из строя насосов.

# Технологические свойства

\* **Структурная прочность** – это напряжение, которое нужно затратить, чтобы нарушить внутренние связи пластично вязких растворов.

\* Пластично-вязкие растворные смеси, мастики и т.п., в отличие от жидкостей, при малых нагрузках ведут себя как твердые тела. Если повышать нагрузку, то по достижении определенных напряжений в материале, называемых *предельным напряжением сдвига*, характеризующим структурную прочность, материал начинает течь подобно жидкости. Причина этого в том, что при указанных напряжениях в материале нарушаются внутренние связи между его частицами – разрушается его структура.

# Технологические свойства

\* **Укрывистость** (кроющая способность) – способность пигмента, диспергированного в полимерном составе, создавать при минимальном слое непрозрачное покрытие. Это свойство, обусловленное отражением и поглощением света в поверхности покрытия, зависит от разности показателей этих характеристик – разности показателей преломления пигмента, образующего цвет покрытия, и пленкообразующего компонента состава этого покрытия. Чем больше разность, т.е. чем интенсивней действие цвета, тем выше укрывистость.

\*  
\*

# Технологические свойства

\* Для минеральных вяжущих, кроме таких показателей, как плотность, тонкость помола, влажность, определяющих технологичность переработки композиций, с этой точки зрения очень существенны также *водопотребность, сроки схватывания, рабочее время использования растворных смесей.*

\* Важным показателем ряда модифицирующих добавок в композиционных материалах является *водородный показатель pH*, определяющий щелочную или кислотную природу композиции, поскольку он оказывает существенное влияние на стабильность (устойчивость характеристик) системы растворных смесей и водно-дисперсионных полимерных составов.

# Влияние различных факторов на физико-химические и технологические свойства материалов

- \* **Удельная поверхность дисперсных материалов** увеличивается с уменьшением размеров частиц и с увеличением угловатости частиц.
- \* **Химическая и коррозионная стойкость** — зависит от коррозионной активности среды, химического состава материалов, пористости, дисперсности.
- \* **Химическая активность** строительных материалов зависит как от состава и строения вещества (т.е. от активности составляющих его молекул), так и от тонкости его помола — дисперсности.

# Влияние различных факторов на физико-химические и технологические свойства материалов

\* **Восприимчивость исходных материалов** (горных пород) к выполнению операций с целью изменения размеров частиц (дробления и измельчения) увеличивается с ростом хрупкости материалов.

\* **Качество поверхности** при изготовлении изделий (для различных поделочных и облицовочных камней, блоков, плит и т.п.) улучшается с уменьшением размера зерен, прочности, хрупкости, пористости.

\*



# Влияние различных факторов на физико-химические и технологические свойства материалов

\* **Равномерность распределения компонентов** в сухих смесях, строительных растворах улучшается с увеличением окатанности частиц.

\* **Равномерность распределения компонентов** в водно-дисперсионных полимерных составах улучшается с увеличением окатанности частиц, содержания жидкой фазы, при введении поверхностно-активных веществ (ПАВ) .

\* **Пластичность смесей** увеличивается с ростом дисперсности частиц, с повышением смачиваемости их поверхности, увеличением количества жидкой фазы при введении поверхностно-активных веществ (ПАВ) или пластификаторов.



# Влияние различных факторов на физико-химические и технологические свойства материалов

- \* **Реологические свойства и структурная прочность** зависят от дисперсности частиц, смачиваемости их поверхности, количества жидкой фазы, от введения поверхностно-активных веществ (ПАВ) или пластификаторов.

\*

\*

\*