

2.3. Определение и классификация свойств материалов

Строительные материалы можно классифицировать по различным признакам:

по функциональному назначению (конструкционные, теплоизоляционные, гидроизоляционные, разметочные и т.д.);

по происхождению – природные и искусственные. При этом различают их химическую природу (органические и неорганические). К природным относят каменные породы, гравий, песок и др.). Искусственные получают переработкой природного сырья (нефтяные дорожные битумы, щебень, керамические материалы, вяжущие и т.д.) или путем синтеза химических соединений (например, смолы, клеи);

по технологическим признакам различают три группы строительных материалов: безобжиговые (гипс, известь, битумы, эмульсии, пасты, цементобетоны и т.д.), обжиговые (клинкерные цементы, керамический кирпич, каменное литье, стекло, ситаллы) и автоклавного твердения.

Природные материалы получают непосредственно из недр земли или путем переработки лесных массивов в «деловой лес».

Древесные материалы – хвойные и лиственные – разделяются по ассортименту на круглые, пиленные и штучные изделия, а получаемые при переработке побочного продукта (стружка, опилки) также используются для производства плитных и других штучных изделий.

Каменные природные материалы и изделия классифицируют либо по генетическому признаку, либо техническим свойствам – средней плотности, прочности, морозостойкости. По химическому составу их подразделяют на кислые (например, SiO_2) и основные (например, CaCO_3).

Искусственные материалы имеют более обширную классификацию, учитывающую вид вяжущего (органические, неорганические, полимерные), а также технологию их получения (обжиговые, необжиговые).

Самостоятельную группу в классификации строительных материалов занимают металлические материалы.

На основе органических вяжущих (битумы, дегти, эмульсии) получают асфальто- и дегтебетоны, а также эмульсионно-минеральные смеси.

Полимерные вяжущие вещества (термопластичные, терморезистивные) являются важной матричной частью полимербетонов, строительных пластмасс, стеклопластиков и других, которые получили название «композиционные материалы».

Использование комплексных вяжущих веществ является основой для создания сложных бетонов (например, полимерцементные бетоны, силикатоплимерные бетоны и др.).

Обжиговый способ обработки исходных керамических веществ при высоких температурах формирует такие материалы как керамобетон, а на основе стекла – ситалл. Технология каменного литья позволяет получать очень прочные материалы (например, на основе горной породы – базальта получают базальтин).

В классификационной схеме строительных материалов в группе «искусственные» материалы могут быть зарезервированы «вакантные места» для еще не созданных новых строительных материалов. Например, вполне возможно появление «металлоцементобетонов» с использованием металлофибровой тонкодисперсной матрицы или песчаных асфальтобетонов на целлюлозно матричной основе.

В зависимости от порядка расположения атомов и молекул, материалы могут иметь строго упорядоченное строение - кристаллическое и неупорядоченное, хаотическое - аморфное. Кристаллическая структура образуется при очень медленном охлаждении расплавов, когда атомы (ионы) имеют возможность перемещаться в пространстве и занимать наиболее устойчивое положение. Линии, условно проведенные через центры атомов в трёх направлениях в таких структурах, являются прямыми и образуют так называемую кристаллическую решётку. Поэтому кристаллическими называют материалы, в которых атомы и молекулы расположены в правильном геометрическом порядке в трёхмерном пространстве и образуют кристаллическую решётку (рисунок 2). Примером может служить металл, гранит, мрамор и др.

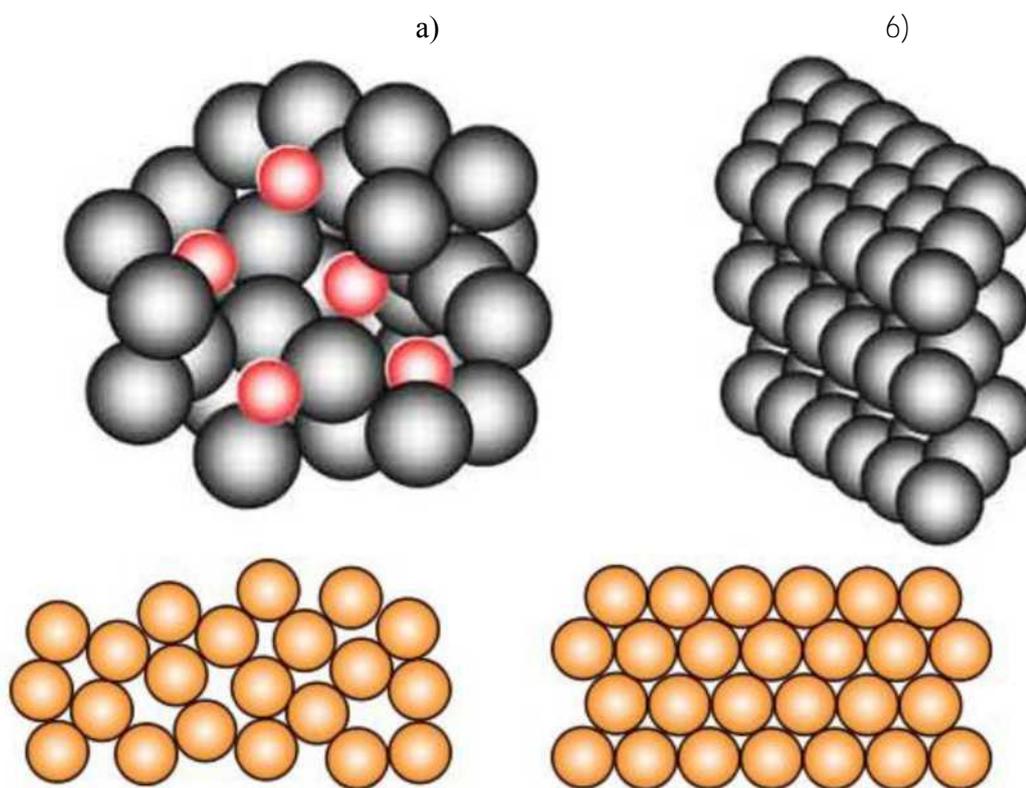


Рисунок 2 – Аморфная (а) и кристаллическая (б) структуры

Аморфная (бесформенная) структура образуется при быстром охлаждении расплавов, когда атомы при переходе в твёрдое состояние не успевают образовать кристаллическую решётку, а остаются вблизи тех положений, которые занимали в расплаве. Поэтому аморфными называют материалы, в которых атомы и молекулы расположены беспорядочно (хаотически). Однако аморфная структура не является совершенно беспорядочной. Некое подобие порядка наблюдается в ближайшем окружении атомов. Кроме того, в отличие от кристаллического состояния веществ, аморфное является термодинамически неустойчивым (метастабильным). При определённых условиях (температура, давление, время) аморфные материалы могут перейти в кристаллические. Примером может служить система «стекло - ситалл». По прошествии некоторого времени аморфные вещества тоже переходят в кристаллические. Однако время это может быть весьма значительным и измеряться годами и десятилетиями.

2.4 Физические, физико-химические и реологические свойства материалов

К физическим свойствам относятся свойства, связанные со строением и физическим состоянием материала, например, плотность (истинная, средняя, насыпная) (таблица 1), свойства, связанные с отношением материала к воде (водопоглощение, водонасыщение, влажность, гигроскопичность, водонепроницаемость, водостойкость, морозостойкость), свойства, связанные с отношением материала к действию тепла и изменению температуры окружающей среды (теплопроводность, теплоемкость, термостойкость, огнестойкость, огнеупорность), а также к звуковым волнам, действию химических реагентов.

Истинная плотность (часто просто плотность) ρ_i – плотность того вещества, из которого состоит материал. При расчете этой характеристики объем материала вычисляют без пор и пустот, т.е. в абсолютно плотном состоянии.

Средняя плотность ρ_0 – плотность материала, когда при ее расчете берется его полный объем (V_0) в естественном состоянии, включая поры и пустоты.

Относительная плотность – это степень заполнения объема материала плотным веществом (φ). Величина φ характеризует структуру материала и равна отношению средней плотности к истинной:

$$\varphi = \frac{\rho_0}{\rho_i}$$

Насыпная плотность ρ_n – отношение массы свободно насыпанного сыпучего рыхлого зернистого материала (песка, гравия, щебня), в том числе материала в виде порошка (цемент, известь, минеральный порошок для асфальтобетона) с учетом пор и межзерновых пустот, ко всему занимаемому им объему

Пористость – степень заполнения объема материала порами.
Пористость можно рассчитать по следующей формуле

$$P = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_u}\right) 100.$$

Таблица 1 - Плотность дорожно-строительных материалов

Материал	Плотность, кг/м	
	истинная	средняя (насыпная)
Сталь	7850 - 7900	7800 (7850)
Гранит	2700 - 2800	2600 (2700)
Мрамор	2700 - 2730	2600 (2700)
Бетон тяжёлый ячеистый	2600 - 2900	2200 (2500)
	2500 - 2600	350 (1200)
Кирпич полнотелый пустотелый	2600 - 2700	1700 (1900)
	2600 - 2700	1450 (1600)
Древесина сосны	1540	450 (500)
дуба	1540	700
Пенополистирол	1000 - 1200	50 (150)
Песок	2500 - 2600	1500 (1700)
Гравий	2500 - 2600	1500 (1700)
Щебень	2600 - 2700	1350 (1450)
Керамзит	2650	350 (600)
Цемент	3050 - 3150	900 (1300)
Пеностекло	2500	200 (400)

Пустотность. Пустоты в рыхлых насыпных материалах (межзерновое пространство) значительно крупнее пор. Поры обычно заполнены воздухом или водой, тогда как вода в пустотах не задерживается (быстро испаряется или стекает). Расчет пустотности производят по формуле

$$Пуст. = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_0 \cdot 1000}\right) 100,$$

где ρ_n – насыпная плотность выражена в кг/м³;

ρ_0 – средняя плотность, измеряется в г/см³.

Водопоглощение – способность открытых пор материала поглощать воду в течение определенного времени при обычном давлении и температуре. Полному и быстрому заполнению открытых пор препятствует находящийся в них воздух.

водопоглощение по массе (W_m) определяется как отношение массы поглощенной воды к массе сухого материала

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\%$$

где m_1 – масса сухого материала, m_2 – масса насыщенного водой материала.

водопоглощение по объему (W_V) определяется как отношение массы поглощенной воды к объему сухого материала (V):

$$W_V = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 100\%$$

Водонасыщение – определяется количеством воды, которое может поглотить материал при вакууме или повышенном давлении. При этом из открытых пор полностью вытесняется воздух и они целиком заполняются (насыщаются) водой.

Гигроскопичность – способность капиллярно-пористого материала поглощать влагу из окружающего влажного воздуха или парогазовой смеси. Степень поглощения воды или паров, которые частично конденсируются в порах и капиллярах материала, зависит от относительной влажности и температуры воздуха.

Влажность – содержание влаги в материале (естественная влажность в данный конкретный момент), отнесенная к массе материала в сухом состоянии (%):

$$W_{\text{вл}} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100,$$

Водопроницаемость (или водонепроницаемость) – способность материала пропускать (или не пропускать) воду под давлением. Это свойство материала характеризуют коэффициентом фильтрации K_f (м/ч).

$$K_f = \frac{V_e \cdot a}{S(\rho_1 - \rho_2) \cdot t'}$$

где V_e – количество воды (м³), проходящей через стенку площадью $S=1$ м², толщиной $a=1$ м за время $t'=1$ ч при разности гидростатического давления на границах стенки $p_1 - p_2 = 1$ м водного столба. Коэффициент фильтрации имеет размерность скорости.

Усадка (усушка) – уменьшение размеров материала при его высыхании. Этот процесс вызывается уменьшением толщины пленок воды, окружающих частиц материала и действием внутренних капиллярных сил, стремящихся сблизить частицы материала.

В таблице 2 представлены значения усадки некоторых строительных материалов.

Таблица 2 - Усадка строительных материалов

Материал	Усадка, мм/м
Древесина поперек волокон	30...100
Ячеистый бетон	1...3
Тяжелый бетон	0,02...0,06
Строительный раствор	0,5...1
Кирпич	0,03...0,1

Набухание (разбухание) – увеличение объема материала после водопоглощения. Причина этого явления состоит в том, что полярные молекулы воды, проникая в полости между частицами или волокнами материала, как бы «расклинивают» их и при этом утолщаются гидратные оболочки вокруг частиц.

Морозостойкость – свойство насыщенного водой материала выдерживать попеременное замораживание – оттаивание.

Теплопроводность – свойство материала передавать тепловой поток через свою толщину. Это свойство является главным для теплоизоляционных материалов, а также очень важным для устройства теплоизоляции и дорожных одежд автомобильных дорог.

Теплоемкость – это способность материала аккумулировать теплоту при нагревании и выделять ее при остывании.

Термическая стойкость – это свойство материала не растрескиваться при резких и многократных изменениях температуры. Она зависит от степени однородности материала и от способности каждого компонента к тепловому расширению, что оценивается температурным коэффициентом линейного расширения.

Огнестойкость – это способность материала не гореть. По степени огнестойкости – способности противостоять действию высоких температур, развивающихся в условиях пожара (до 1000 °С) материалы могут быть:

Огнеупорность – способность материала противостоять, не расплавляясь, действию высоких температур.

Акустические свойства материалов – свойство материалов поглощать или проводить звук сквозь свою толщину.

Постепенное или быстрое изменение структуры и ее разрушение под влиянием агрессивных химических и электрохимических процессов в материале называют коррозией.

Растворимость – способность вещества в смеси с одним или несколькими другими веществами образовывать однородные устойчивые системы – растворы (например, раствор солей в воде).

Кристаллизация – процесс образования кристаллов из паров, растворов, расплавов, т.е. переход из одного состояния (в основном, газообразного, жидкого) в другое – твердое.

Коррозионная (химическая) стойкость – свойство материала сопротивляться коррозионному воздействию химически активной жидкости, газообразной среды или физических воздействий в виде облучения, электромагнитных полей.

Удельная поверхность – суммарная поверхность всех частиц единицы массы порошкообразного материала (см²/г).

Атмосферостойкость – способность органических вяжущих (битумов, дегтей, смол) и материалов на их основе (например, пластмасс, мастик, асфальтобетона, гидроизоляционных и теплоизоляционных материалов) не разрушаться под действием атмосферных факторов внешней