

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

## **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Учебно-методическое пособие  
к контрольным работам для студентов  
строительных специальностей  
заочной формы обучения

Красноярск  
СФУ  
2012

УДК 691. 42. 011  
ББК 35. 41

Составитель: М. С. Карасев

**Строительные материалы:** учебно-методическое пособие [Текст]  
/сост. М. С. Карасев. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 72 с.

В пособие рассмотрены вопросы применения строительных материалов, их свойства.  
Приведены варианты контрольных работ по данной тематике.

Предназначено для студентов заочной формы обучения строительных специальностей.

УДК 691. 42. 011  
ББК 35. 41

Сибирский  
федеральный  
университет, 2012

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Учебная работа студента-заочника по курсу “Строительные материалы ” складывается из следующих основных элементов: изучение теоретического курса, выполнение контрольных и лабораторных работ, сдача зачета и экзаменов.

Теоретическая часть курса должна быть изучена студентами самостоятельно. Кроме основного учебника студентам следует пользоваться дополнительной литературой, а также журналами, в которых отражаются новые достижения в отрасли строительных материалов.

Для облегчения усвоения теоретической части курса студентам читаются установочные и тематические лекции в период лабораторно-экзаменационной сессии. В этих лекциях излагаются наиболее сложные вопросы отдельных разделов курса и последние данные о современных достижениях науки и производства в промышленности строительных материалов (в СНГ и за рубежом).

К выполнению контрольной работы студент должен приступить после изучения теоретического материала.

Контрольная работа выполняется чернилами в обычной школьной тетради. Для замечаний преподавателя оставляются поля. Условие задачи и контрольные вопросы записываются полностью на новой странице, решение задач сопровождается краткими пояснениями.

В конце контрольной работы студент указывает, какой литературой он пользовался при изучении темы.

Выполненную контрольную работу студент высылает на проверку в установленные сроки. Замечания и пояснения преподаватель дает на полях тетради. Проверенная работа возвращается студенту или может быть оставлена на кафедре.

Лабораторные работы проходят под руководством преподавателей и лаборантов кафедры. При проведении занятий преподаватель дает пояснения по каждой работе, а потом студенты приступают к их выполнению под наблюдением лаборантов. Каждая лабораторная работа оформляется в тетради, затем она подписывается студентом и преподавателем. Посещение занятий по лабораторным работам обязательно, задания также можно выполнять в индивидуальном порядке по договоренности с кафедрой строительных материалов.

Студент, получивший зачет по контрольным и лабораторным работам, допускается к экзамену.

Студент определяет вариант своей работы по последней цифре шифра, который совпадает с номером зачетной книжки. Например: шифр № 254226, вариант контрольной работы – 6

### 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Свойством называют способность материалов реагировать определенным образом на воздействие внешних или внутренних силовых, тепловых, усадочных и других факторов. Основные свойства строительных материалов условно можно разделить на несколько групп:

- физические (истинная и средняя плотность, пористость);
- определяющие отношение материалов к действию воды и отрицательных температур (водопоглощение, водопроницаемость, водостойкость, морозостойкость);
- характеризующие отношение материалов к действию тепла (теплопроводность, теплоемкость, огнестойкость, огнеупорность, термостойкость);
- механические (прочность, твердость, истираемость).

#### Физические свойства

*Истинная плотность* – это масса вещества, содержащаяся в единице объема, не считая пор. Для определения истинной плотности,  $\text{г/см}^3$  или  $\text{кг/м}^3$ , необходимо массу сухого материала ( $m$ ) разделить на объем ( $V$ ), занимаемый материалом без пор и пустот:

$$\rho = m / V.$$

**Пример.** Определить истинную плотность твердого вещества цилиндрического образца горной породы диаметром и высотой 4 см, масса которого в сухом состоянии 145 г.

$$m = 145 \text{ г} \quad V = \pi R^2 h = 3,14 \cdot 4 \cdot 4 = 50,24 \text{ см}^3;$$

$$d = 4 \text{ см} \quad \rho = m / V = 145 / 50,24 = 2,88 \text{ г/см}^3.$$

$$h = 4 \text{ см}$$

-----  
 $\rho = ?$

**Средняя плотность** – это масса единицы объема в естественном состоянии (вместе с порами). Средняя плотность, г/см<sup>3</sup> или кг/м<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$\rho_0 = m / V_e.$$

Массу образца определяют на весах. Объем образца определяют в зависимости от его формы и пористости различными способами. Тела образцов правильной геометрической формы измеряют, их объем вычисляют по формулам:

для параллелепипеда  $V = S \cdot h$ ; для пирамиды  $V = S \cdot h / 3$ ;  
 для цилиндра  $V = S \cdot h$ ; для конуса  $V = 3 \cdot S \cdot h / 2$ ; для куба  $V = h^3$ ,  
 где  $V$  – объем тела, см<sup>3</sup>;  $S$  – площадь основания, см<sup>2</sup>;  $h$  – высота тела, см.

Если плотное тело не имеет правильной геометрической формы, то его среднюю плотность находят гидростатическим взвешиванием в инертной по отношению к нему жидкости или по объему вытесненной им жидкости при погружении в нее.

Когда требуется определить величину средней плотности пористого тела неправильной формы, после взвешивания его покрывают тонким слоем парафина или воска и определяют объем гидростатическим взвешиванием.

**Пористостью** материала называют степень заполнения объема материала порами. Пористость материала, %, определяют по формуле

$$\Pi = [(p - p_0) / p] 100.$$

Пористость является важнейшей физической характеристикой большинства строительных материалов. При одном и том же веществе строительный материал тем слабее сопротивляется механическим силам, усилиям другого происхождения (тепловым, усадочным и т. п.), чем больше и крупнее поры в его объеме. Открытые поры строительного материала, сообщающиеся со средой, увеличивают проницаемость и водопоглощение, снижают морозостойкость. Увеличение закрытой пористости улучшает теплозащитные свойства, повышает долговечность.

**Пример.** Масса образца камня в сухом состоянии 77 г, а после насыщения водой 79 г. Определить среднюю плотность и пористость камня, если его истинная плотность 2,67 г/см<sup>3</sup>, а объемное водопоглощение 4,28%.

$$m_c = 77 \text{ г} \quad \text{Вычисляем водопоглощение по массе:}$$

$$m_b = 79 \text{ г} \quad V_{\text{мас}} = [(m_b - m_c) / m_c] 100 = [(79 - 77) / 77] 100 = 2,6\%.$$

$$\rho = 2,67 \text{ г/см}^3 \quad \text{Находим среднюю плотность:}$$

$$V_{\text{об}} = 4,28\% \quad \rho_0 = V_{\text{об}} / V_{\text{мас}} = 4,28 / 2,6 = 1,645 \text{ г/см}^3.$$

-----  
 Определяем пористость:  
 $\Pi = ? \quad \rho_0 = ? \quad \Pi = [(p - p_0) / p] 100 = [(2,67 - 1,645) / 2,67] 100 = 38\%.$

### Свойства строительных материалов по отношению к действию воды и отрицательных температур

**Водопоглощением** называется свойство материала впитывать и удерживать в себе воду при непосредственном соприкосновении с ней. Количественное выражение водопоглощения характеризуется массовым или объемным водопоглощением. В лабораторных условиях образец постепенно погружают в воду или путем кипячения в воде достигают полного водопоглощения. Образцы выдерживают в воде в течение определенного срока или до постоянной массы.

Величина водопоглощения по массе, %, представляет собой отношение массы поглощенной материалом воды ко всей массе сухого материала и определяется по формуле

$$W_{\text{мас.}} = [(m_{\text{в}} - m_{\text{с}}) / m_{\text{с}}] \cdot 100.$$

Величина объемного водопоглощения, %, представляет собой отношение массы поглощенной воды ко всему объему тела и определяется по формуле

$$W_{\text{об.}} = [(m_{\text{в}} - m_{\text{с}}) / V_{\text{е}}] \cdot 100.$$

Повышенное водопоглощение строительных материалов снижает прочность, увеличивает массу, повышает теплопроводность, снижает устойчивость по отношению к действию агрессивных сред, способствует появлению сырости в жилых помещениях.

**Водостойкость** – степень снижения прочности материала при предельном его водонасыщении; она численно характеризуется коэффициентом размягчения, определяемым по формуле

$$K_{\text{разм.}} = R_{\text{нас}} / R_{\text{сух}},$$

где  $R_{\text{нас}}$  – предел прочности при сжатии материала в насыщенном водой состоянии, МПа;  $R_{\text{сух}}$  – предел прочности при сжатии материала в сухом состоянии, МПа.

**Морозостойкость** – способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без видимых признаков разрушения и значительного снижения прочности. Замораживание испытуемых образцов производится при температуре - 17-20°C, оттаивание осуществляется в водной среде, температура которой поддерживается в пределах + 17 – 20 °С.

Степень морозостойкости характеризуется наибольшим числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое способны выдерживать соответствующие образцы без снижения предела прочности при сжатии более чем на 15% и без потери в массе более чем на 5%. Марки материала по морозостойкости следующие: Мрз 10; Мрз 15; Мрз 25; Мрз 50; Мрз 100; Мрз 150; Мрз 200; Мрз 300.

### Свойства материалов по отношению к действию тепла

**Теплопроводность** – это способность материала передавать через свою толщину тепловой поток, возникающий вследствие разности температур на поверхностях, ограничивающих материал.

Теплопроводность материала зависит от пористости, характера пор и вида материала, влажности и средней температуры, при которой происходит передача тепла. Величина ее характеризуется коэффициентом теплопроводности, Вт/(м·°С):

$$\lambda = Q \cdot a / S \cdot (t_1 - t_2) \cdot z.$$

Ориентировочно величину коэффициента теплопроводности можно определить по средней плотности, пользуясь эмпирической формулой, предложенной профессором В. П. Некрасовым:

$$\lambda = 1,163 (\sqrt{0,0196 + 0,22 p_0^2} - 0,14) \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$$

**Теплоемкость** – это свойство материала поглощать при нагревании определенное количество тепла, причем с повышением теплоемкости больше выделяется теплоты при охлаждении материала. Теплоемкость оценивается с помощью так называемой удельной теплоемкости, которая показывает количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг материала на 1°C. Удельную теплоемкость (С) называют коэффициентом теплоемкости и определяют по формуле

$$C = Q / m \cdot (t_2 - t_1),$$

где  $Q$  – количество теплоты, затраченное на нагревание материала, Дж;  $m$  – масса материала, кг;  $(t_2 - t_1)$  – разность температур материала до и после нагрева, °С.

**Огнестойкость** – способность материала выдерживать действие высоких температур при сохранении конструкцией несущей способности и устойчивости в течение сравнительно короткого промежутка времени (пожара). По огнестойкости строительные материалы делятся на три группы: негорючие, трудногорючие и горючие. Негорючие материалы при

воздействии огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются. При этом некоторые материалы незначительно деформируются (кирпич, черепица, бетоны), другие же могут сильно деформироваться (сталь) или разрушаться (природные камни, например гранит, мрамор, известняк), особенно при одновременном воздействии воды. Трудногораемые материалы под воздействием огня или высокой температуры с трудом воспламеняются, тлеют и обугливаются. Горение таких материалов (фибrolит, гидроизол, асфальтовый бетон и др.) происходит только при наличии огня, а после его удаления прекращается. Сгораемые материалы (дерево, рубероид, пластмассы и др.) под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются или тлеют и продолжают гореть или тлеть после удаления источника огня.

### Механические свойства

**Прочность** – свойство материала сопротивляться разрушениям под действием напряжений, возникающих от нагрузок, температуры, атмосферных осадков и других факторов. Под влиянием этих сил материал может подвергаться сжатию, растяжению, изгибу, срезу и удару.

Прочность строительных материалов характеризуется так называемым пределом прочности при сжатии  $R_{сж}$  или пределом прочности при изгибе  $R_{изг}$ , т.е. напряжениями, соответствующими нагрузке, вызывающей разрушение образца материала. Предел прочности при сжатии, кгс/см<sup>2</sup> (МПа),

$$R_{сж} = P/S ;$$

напряжение при изгибе при одном сосредоточенном грузе, кгс/см<sup>2</sup> (МПа),

$$R_{изг} = 3 \cdot P \cdot l / 2 \cdot b \cdot h^2 ,$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка, кгс;  $S$  – средняя рабочая площадь образца, см<sup>2</sup>;  $l$  – расстояние между опорами, см;  $b$  – ширина поперечного сечения балочки, см;  $h$  – высота поперечного сечения балочки, см.

**Твердость** – способность материала сопротивляться прониканию в него другого, более твердого тела.

Твердость приходится учитывать при использовании материала в различных сооружениях, а также при изготовлении режущих инструментов.

Для определения твердости металлов, бетонов существует несколько способов. Одним из наиболее распространенных является способ, заключающийся во вдавливании стального закаленного шарика в испытуемый материал.

Величина, характеризующая твердость, кгс/мм<sup>2</sup>, вычисляется по формуле

$$HВ = P / S ,$$

где  $P$  – нагрузка на шарик, кгс;  $S$  – площадь поверхности луночки, мм<sup>2</sup>.

Кроме прочностных характеристик, важнейшими являются деформационные свойства конструкционных материалов. Деформации в конструкциях возникают под действием нагрузок, нагревания, охлаждения и др. Обычно в конструкции в процессе эксплуатации имеются упругие и пластические деформации. В некоторых материалах под сравнительно небольшой, но длительно действующей нагрузкой возникают значительные пластические деформации (бетон, пластмассы, асфальтобетон), что может привести к большим прогибам конструкции и даже к разрушению. Такое свойство материала называют **ползучестью**.

На материал в конструкции действует не только механическая нагрузка, но и внешняя среда, при воздействии которой могут разрушаться даже прочные материалы. Например, высокопрочный плотный бетон на обычном портландцементе подвергается коррозии в морских сооружениях, а силикатный кирпич нельзя применять для кладки печей и фундаментов; поэтому при выборе материала нужно руководствоваться всеми его свойствами, в том числе и стойкостью к воздействию среды, в которой работает конструкция.

### Контрольные вопросы

1. Истинная и средняя плотность материалов. Методы определения. 2. Пористость материалов. Как влияет пористость на свойства материалов? 3. Теплопроводность и теплоемкость материалов. Факторы, их определяющие. 4. Свойства материалов по отношению к действию тепла и высоких температур (огнестойкость, огнеупорность) 5. Свойства материалов по отношению к действию воды. Как изменяются свойства строительных материалов при увлажнении? 6. Морозостойкость и способы ее оценки. 7. Механические свойства (прочность, твердость, истираемость).

## 2. ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Природные каменные материалы являются наиболее простыми и доступными строительными материалами. Их применяют с древнейших времен в виде изделий (камни, блоки, плиты) и в виде рыхлых масс (песок, гравий, щебень), а также в качестве сырья для производства неорганических вяжущих веществ. Из горных пород (базальта, диабаз и др.) получают минеральную вату, а глина является основным сырьем для производства керамических материалов и изделий. Природные каменные материалы применяют для облицовки фасадов и сооружений различного назначения, например опор мостов, трубопроводов, набережных, плотин, а также в дорожном строительстве.

Горной породой называется минеральная масса, состоящая из одного или нескольких минералов. Она возникла в земной коре под влиянием определенных геологических процессов, что нашло отражение в ее структуре и свойствах. Горные породы подразделяются на три типа: магматические, осадочные и метаморфические.

Минералом называют однородный по химическому составу и физическим свойствам продукт физико-химических процессов, совершающихся в земной коре. Основными свойствами минерала являются твердость, которую определяют по шкале Мооса, спайность, цвет, блеск, строение, химический состав.

### Контрольные вопросы

1. Какие строительные материалы и изделия получают из горных пород? 2. Что называют горной породой? 3. Что называют минералом? 4. Назовите основные физические свойства минералов 5. Перечислите горные породы, состоящие в основном из карбонатов и сульфатов кальция и магния. 7. Для каких целей в строительстве применяют гранит, базальт, диабаз, диатомит, трепел, пемзу, вулканические туфы, глинистые сланцы, глину? 8. Какие горные породы применяют в качестве стеновых материалов? 9. Защита природного камня от разрушения в конструкциях зданий и сооружений.

## 3. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Керамикой принято называть изделия самого разнообразного назначения, обладающие свойствами искусственного камня, полученного спеканием предварительно отформованных керамических масс, состоящих из тонко измельченного минерального сырья.

Керамические изделия делят на две группы: пористые и плотные. Первые характеризуются водопоглощением 5% и более, вторые – менее 5%. К пористым изделиям относят глиняный обыкновенный кирпич, пористый и пустотелый, пустотные стеновые камни, черепицу кровельную, облицовочную плитку и трубы, к плотным изделиям – плитки для полов и дорожный кирпич.

Сырьевыми материалами для производства керамических изделий являются различные глины, а также шамот, кварцевый песок, шлак и органические добавки (древесные опилки, угольная и торфяная пыль), выгорающие при обжиге.

Глинами называют землистые минеральные массы, способные образовывать с водой пластичное тесто, сохраняющее при высыхании приданную форму, а после обжига необратимо переходящее в камнеподобное состояние.

Глины образовались в результате выветривания изверженных полевошпатовых горных пород. Процесс выветривания горной породы состоит из механического разрушения и химического разложения. Механическое разрушение происходит в результате воздействия переменной температуры, воды, ветра, химическое – в результате воздействия различных реоагентов, например воды и углекислоты, на полевоый шпат и может быть для случая каолинита выражено уравнением



Важнейшими свойствами глин являются пластичность, отношение к сушке (воздушная усадка) и отношение к высокой температуре.

Пластичность обуславливает возможность формования из глин различных керамических изделий. Степень пластичности зависит от минералогического и гранулометрического (зернового) состава, формы и характера поверхности зерен (шероховатая или окатанная), а также от содержания растворимых солей, органических примесей и воды.

Глины по степени пластичности делят на высокопластичные с водопотребностью более 28%, воздушной усадкой от 10 до 15%; средней пластичности (водопотребностью 20 – 28%, воздушной усадкой от 7 до 10%); малопластичные (водопотребностью менее 20%, воздушной усадкой 5 – 7% ).

Воздушной усадкой называется уменьшение объема глины, происходящее при сушке отформованных изделий в условиях нормальной, т. е. комнатной, температуры воздуха (вследствие удаления из нее воды и сближения глиняных частиц); величина усадки выражается в процентах и для кирпичных глин колеблется в пределах от 4 до 15%.

Производство керамических изделий состоит из следующих основных технологических операций: добычи, транспортирования и хранения сырьевых материалов, их переработки и обогащения, приготовления керамических масс, формования сырца, сушки и обжига изделий.

### Контрольные вопросы

1. Какие материалы называются керамическими, и как они разделяются по основным классификационным признакам? 2. Сырьевые материалы для керамического производства, и их основные свойства. 3. Какова общая технологическая схема производства керамических изделий? 4. Стеновые керамические изделия: группы, основные требования к ним, свойства и области применения. 5. Керамические изделия для наружной и внутренней облицовки зданий.

### 4. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Неорганическими, или минеральными, вяжущими веществами принято называть неорганические тонкодисперсные порошки, которые, будучи затворенными водой или водными растворами солей, способны образовывать сначала тестообразные массы, которые с течением времени схватываются, твердеют и превращаются в искусственный камень. Они бывают воздушными и гидравлическими.

К воздушным относятся такие минеральные вяжущие вещества, которые при затворении водой могут образовывать искусственный камень (твердеть) только в воздушно-сухой атмосфере. Искусственный камень (раствор, бетон), полученный на основе воздушных вяжущих веществ, может эксплуатироваться только на воздухе, при обеспечении защиты от прямого действия влаги.

Воздушные вяжущие вещества включают группы гипсовых (строительный и высокопрочный гипс, ангидритовые вяжущие, экстрих-гипс), известковых (строительная, карбонатная, магнезиальная извести), магнезиальных (каустический магнезит и доломит).

Гидравлические вяжущие вещества после затворения их водой способны твердеть, а после предварительного твердения на воздухе сохраняют и наращивают свою прочность в воде. В группу гидравлических вяжущих входят портландцемент и его разновидности: пуццолановые и шлаковые вяжущие, глиноземистый цемент и др.

### Строительный гипс

Строительный гипс применяют в производстве гипсовой сухой штукатурки, перегородочных стеновых плит и панелей, элементов заполнения междуэтажных перекрытий, для изготовления вентиляционных коробов и других строительных деталей зданий и сооружений, работающих при относительной влажности ниже 65%.

Сырьем для получения гипсовых вяжущих веществ служит гипсовый камень – двугидрат сульфата кальция  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и примеси.

Производство строительного гипса состоит из дробления, тонкого помола и термической обработки гипсового камня. Процесс помола осуществляется в шахтных или аэробильных мельницах с последующей термической обработкой измельченного полупродукта в гипсоварочных котлах или путем совместного помола и дегидратации гипсового камня в шаровых мельницах.

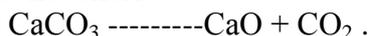
Природный гипсовый камень во время нагревания в температурном интервале 110 – 170°C теряет некоторую часть кристаллизационной воды и превращается в гипсовое вяжущее вещество или в так называемый полуводный гипс. Этот процесс может быть представлен в таком виде:



Полуводный гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  при затворении водой присоединяет ее и превращается в двухводный  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; при этом масса схватывается, твердеет и превращается в мелкопористый камень.

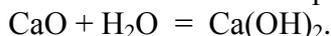
### Воздушная известь

Воздушная известь получается в результате разложения известковых пород во время обжига их при температуре 900 – 1200 °C по схеме



Полученный в результате обжига сырья кусковой продукт называется комовой (негашеной) известью, или известью-кипелкой.

Гидратная известь представляет собой продукт химического взаимодействия негашеной извести с водой. Процесс гидратации негашеной извести протекает по такой схеме:



Гидратная известь кроме,  $\text{Ca(OH)}_2$ , содержит некоторое количество  $\text{Mg(OH)}_2$ , силикаты, алюминаты и ферриты кальция, песок, глины и другие минеральные примеси, количество которых определяется составом негашеной извести. Гашение извести может производиться до гидратной извести в твердом виде (пушонка), до известкового теста и до известкового молока.

Гидратная известь (пушонка) – тонкодисперсный порошок, получающийся при гашении комовой извести без избытка воды. Теоретически для гашения извести требуется 32,13% воды от массы кипелки. Учитывая, что в процессе гашения выделяется тепло и часть воды при этом испаряется, ее берется в 2 – 3 раза больше против теоретического, т. е. 60 – 80% от массы кипелки.

Известковое тесто представляет собой пластическую тестообразную массу, состоящую из гидратной извести и воды, масса которой составляет 50 – 60% от теста. Средняя плотность теста около 1400 кг/м<sup>3</sup>.

**Пример.** Рассчитать, сколько получится негашеной извести из 20 т известняка. Содержание  $\text{CaCO}_3$  в известняке - 85% по массе.

$m = 20\,000$ кг	Находим массу примесей в известняке:
$\text{CaCO}_3 = 85\%$	$20000 \cdot 0,15 = 3000$ кг.
<hr/>	Чистого карбоната кальция в известняке:
$m = ?$	$20000 - 3000 = 17000$ кг.
	Вычисляем массу CaO в негашеной извести:
	$\text{CaO} = 17000 \cdot 56 / 100 = 9520$ кг.
	Вычисляем массу негашеной извести:
	$m = 9520 + 3000 = 12520$ кг.

### Портландцемент

Портландцементом называется гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким измельчением портландцементного клинкера с гипсом, а иногда и со специальными добавками.

Клинкер получают обжигом до спекания тонкодисперсной однородной сырьевой смеси, состоящей из известняка и глины или некоторых других материалов (мергеля, доменного шлака и др.).

Для регулирования сроков схватывания цемента к клинкеру при помоле добавляют гипсовый камень в количестве не менее 1,5 и не более 3,5% массы клинкера в пересчете на ангидрид серной кислоты  $\text{SO}_3$ .

Качество клинкера зависит от его химического и минералогического составов.

Известняк, используемый для производства портландцемента, состоит из двух основных окислов ( $\text{CaO}$  и  $\text{CO}_2$ ), а глина – из различных минералов, содержащих окислы  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . В процессе обжига сырьевой смеси  $\text{CO}_2$  удаляется, а оставшиеся окислы  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  образуют клинкерные минералы. Химический состав портландцементного клинкера характеризуется следующим содержанием основных окислов, % :

окись кальция	$\text{CaO}$	63 - 67;
кремнезем	$\text{SiO}_2$	21 - 24;
глинозем	$\text{Al}_2\text{O}_3$	4 - 7;
окись железа	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2 - 4.

Кроме основных окислов в портландцементном клинкере могут присутствовать и другие окислы: окись магния  $\text{MgO}$ , щелочные окислы  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ , снижающие качество цемента. Окись магния, обожженная при температуре около  $1500^\circ\text{C}$ , при взаимодействии с водой очень медленно гасится и вызывает появление трещин в уже затвердевшем растворе или бетоне. Наличие в цементе свыше 1% щелочных окислов может вызвать разрушение отвердевшего бетона на таком цементе.

Перечисленные окислы не находятся в клинкере в свободном виде, а образуют силикаты, алюминаты и алюмоферриты кальция в виде минералов кристаллической структуры, и часть их входит в соединения стекловидной фазы. Основными минералами портландцемента являются такие:

трехкальциевый силикат	$3\text{CaO SiO}_2$ ----- $\text{C}_3\text{S}$ ;
двухкальциевый силикат	$2\text{CaO SiO}_2$ ----- $\text{C}_2\text{S}$ ;
трехкальциевый алюминат	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ ---- $\text{C}_3\text{A}$ ;
четырекальциевый алюмоферрит	$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$ ---- $\text{C}_4\text{AF}$ .

Минералогический состав клинкера имеет прямую связь с основными физико- механическими свойствами цемента, дает возможность предопределять свойства портландцемента и проектировать его состав для бетона конкретных эксплуатационных условий.

Технологический процесс производства портландцемента состоит из следующих основных операций: добыча известняка и глины, подготовка (дробление, помол) сырьевых материалов и корректирующих добавок, приготовление из них однородной смеси заданного состава, обжиг смеси, измельчение клинкера в тонкий порошок совместно с гипсом, а иногда с добавками.

В зависимости от способа приготовления сырьевой смеси различают два основных способа

производства портландцемента: мокрый и сухой. При мокром способе измельчают и смешивают сырьевые материалы в присутствии воды, смесь обжигают в виде жидкого шлама во вращающихся печах; при сухом – материалы измельчают, смешивают и обжигают в сухом виде.

При затворении портландцемента водой образуется пластичное цементное тесто, постепенно густеющее и превращающееся в камень.

Типичными реакциями, характерными для твердения портландцемента и других вяжущих веществ, являются реакции гидратации, протекающие с присоединением воды. Они могут идти без распада основного вещества или сопровождаться его распадом (реакции гидролиза). Процесс твердения портландцемента в основном зависит от гидратации силикатов, алюминатов и алюмоферритов кальция

### **Контрольные вопросы**

1. Строительный гипс: технология производства, свойства и область применения.
2. Стандартные испытания строительного гипса (определение нормальной густоты, сроков схватывания, прочности).
3. Виды воздушной строительной извести.
4. Как происходит твердение строительных растворов на основе гашеной и негашеной извести?
5. Свойства воздушной извести и области применения.
6. Портландцемент. Минералогический состав клинкера и его влияние на свойства цемента.
7. Сухой и мокрый способы производства портландцемента.
8. Твердение цемента, гидролиз и гидратация минералов портландцемента.
9. Виды коррозии цементного камня и меры борьбы с ней.
11. Основные строительные-технические свойства портландцемента и область его применения.
12. Быстротвердеющий и высокопрочный портландцемент: состав, свойства и области применения.
13. Сульфатостойкие портландцементы: состав, свойства и области применения.
14. Шлокопортландцемент: состав, свойства и области применения.
15. Пуццолановый портландцемент: состав, свойства и области применения.

## **5. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ**

Строительным раствором называют искусственный каменный материал, полученный в результате затвердевания рационально подобранной и тщательно перемешанной смеси, состоящей из вяжущего вещества, мелкого заполнителя и воды.

Строительные растворы имеют различное функциональное назначение, и по этому признаку их классифицируют на кладочные, штукатурные, монтажные и специальные, к которым относятся акустические, тампонажные, гидроизоляционные, рентгенозащитные и др.

Растворные смеси изготавливают в двух видах: готовые растворы с необходимой подвижностью, пригодные для употребления, и сухие растворные смеси, требующие предварительного смешивания с водой. Оптимальный состав раствора устанавливается общим методом, но с учетом специфической особенности этого материала: необходимости его укладки на пористое основание или на пористую поверхность при оштукатуривании стен.

Технология изготовления строительного раствора на специализированных заводах или отдельных растворных узлах складывается из следующих операций: подготовка исходных материалов, просеивание природного песка, домол при необходимости и рассев искусственного песка; дозирование материалов по массе; перемешивание отвешенных компонентов до однородного состояния растворной смеси.

Контроль качества раствора заключается в проверке качества исходных материалов, их дозирования и времени перемешивания, кроме того, определяются удобоукладываемость растворной смеси и прочность раствора в определенные сроки твердения.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие существуют виды строительных растворов и чем они отличаются от бетонов?
2. Из каких материалов изготавливают строительные растворы и требования, предъявляемые к ним?
3. От чего зависит прочность раствора и какой формулой выражается эта зависимость?
4. Штукатурные и кладочные растворы: состав, свойства и области применения.

## **6. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

Теплоизоляционными называют неорганические и органические строительные материалы, которые обладают малой теплопроводностью и предназначены для тепловой изоляции строительных конструкций, промышленного оборудования и трубопроводов.

Эти материалы имеют небольшую среднюю плотность, не выше  $600 \text{ кг/м}^3$ , что достигается с помощью повышения их пористости.

Снижение массы конструкций, помимо уменьшения общей материалоемкости, позволяет снизить трудовые затраты, уменьшить расходы на транспорт, создает возможности для новых конструктивных решений.

Теплоизоляционные материалы в зависимости от исходного сырья делят на два класса: неорганические и органические. К неорганическим материалам относят минеральную вату и изделия из нее, стеклянную вату, пеностекло, вспученный перлит и вермикулит, ячеистые бетоны с плотностью менее  $500 \text{ кг/м}^3$ . Из органических теплоизоляционных материалов наиболее распространенными являются фибролит, древесноволокнистые плиты, пенопласты и др.

Теплоизоляционные материалы различают не по пористости, а по средней плотности. Их делят на три группы: особо легкие (ОЛ), имеющие марку по средней плотности ( $\text{кг/м}^3$ ) в сухом состоянии 15, 25, 35, 50, 75 и 100; легкие (Л) – марок 125, 150, 175, 200, 225, 300 и 350; тяжелые (Т) – марок 400, 450, 500 и 600.

По форме материалов различают штучные (плиты, блоки, кирпич, цилиндры, сегменты), рулонные (маты, полосы), сыпучие и рыхлые (керамзит, вспученный перлит, аглопорит и др.).

По способности к сжимаемости (%) под нагрузкой теплоизоляционные материалы делят на три вида: мягкие (М), имеющие сжимаемость свыше 30% под удельной нагрузкой  $2000 \text{ Па}$ ; полужесткие (ПЖ), со сжимаемостью соответственно 6 – 30%, жесткие (Ж), до 6%, повышенной жесткости до 10% под удельной нагрузкой  $4000 \text{ Па}$  и твердые (до 10% под удельной нагрузкой  $10 \text{ кПа}$ ).

### **Контрольные вопросы**

1. Для каких целей применяют теплоизоляционные материалы?
2. Какими технологическими способами достигается высокая пористость теплоизоляционных материалов?
3. Что такое минеральная вата и для каких целей она применяется?
4. Какие основные разновидности органических теплоизоляционных материалов и изделий применяются в строительстве?
5. Основные разновидности полимерных теплоизоляционных материалов их свойства и область применения.

## **7. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ**

Органические вяжущие вещества представляют собой смеси высокомолекулярных углеводов и их неметаллических производных, изменяющие свои физико-механические свойства в зависимости от температуры. Эти вяжущие вещества хорошо сцепляются с поверхностью камня, песка, бетонов, кирпича и многих других твердых материалов, имеют повышенную водонепроницаемость, пластичность и устойчивость к атмосферным воздействиям.

К органическим вяжущим веществам относятся битумные и дегтевые материалы. Битумные материалы могут быть как природными, так и искусственными, дегтевые – только искусственными, получаемыми в заводских условиях.

Природные битумы находятся в виде озерных скоплений или пропитывают горные породы. Их выработка ведется в основном для химической промышленности. Нефтяные битумы получают на нефтеперегонных заводах главным образом из продуктов (гудронов), остающихся после извлечения из нефти горючих и смазочных веществ. Эти битумы в горячем или холодном состоянии получили наибольшее распространение в строительстве.

Битумы применяют для изготовления асфальтобетона и асфальтового раствора, в которых в качестве связующего служит асфальтовое вяжущее вещество (смесь битума с минеральным порошком). Асфальтовым бетоном называется строительный материал, полученный в результате уплотнения специально рассчитанной и приготовленной при соответствующей температуре смеси щебня, песка, минерального порошка и битума.

Битумы применяют также для изготовления кровельных и гидроизоляционных материалов. Кровельные и гидроизоляционные битумные материалы являются дешевыми и доступными.

### Контрольные вопросы

1. Какой материал называют битумом? 2. Какие марки битумов вы знаете, и как их определяют? 3. Асфальтовые бетоны и растворы: классификация, материалы, свойства и область применения растворов и бетонов. 4. Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы на основе битумов. 5. Исходные материалы, производство, свойства и области применения рулонных гидроизоляционных материалов. 6. Холодные и горячие мастики: состав, свойства и область применения.

## 8. ПОЛИМЕРНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Полимерные строительные материалы и изделия получают из пластических масс. Пластическими массами (пластмассами) называют материалы, полученные на основе природных или синтетических полимеров. Из них под влиянием нагревания и давления можно получать изделия сложной конфигурации, устойчиво сохраняющие приданную форму и размеры после прекращения термомеханического воздействия.

Кроме полимера (связующего вещества) пластмассы содержат наполнители, пластификаторы, красители, стабилизаторы и другие специальные добавки. По составу различают простые и сложные пластмассы. К простым относятся пластмассы, состоящие только из полимера (полиэтилен, оргстекло и др.), к сложным – пластмассы, содержащие кроме полимера различные добавки (текстолит, гетинакс и др.).

Одним из ценных свойств пластмасс является их относительная легкость. Например, для большой группы поропластов средняя плотность находится в пределах 15 – 400 кг/м<sup>3</sup>. Однако для пластмасс в целом она колеблется в широких пределах: от 10 до 2200 кг/м<sup>3</sup>.

Большинство пластмасс (особенно с листовыми наполнителями) обладает высокими механическими свойствами. Они хорошо сопротивляются сжимающим, растягивающим, изгибающим, истирающим и ударным воздействиям. Так, например, предел прочности при растяжении стеклотекстолита достигает 280 МПа, а стекловолокнистого анизотропного материала (СВАМ) – 450 - 900 МПа. Предел прочности при сжатии большинства пластмасс с порошкообразными или волокнистыми наполнителями составляет 120-160 МПа, а при изгибе 40 – 60 МПа и более. Кроме того, пластмассы характеризуются высоким коэффициентом конструктивного качества (ККК = 1 – 2).

Положительные характеристики пластмасс – их малая теплопроводность и водопоглощение. Теплопроводность у большинства обычных изделий из пластмасс составляет 0,25 – 0,70 Вт/(м · °С), а у пористых материалов - всего лишь 0,03 Вт/(м · °С), т. е. приближается к теплопроводности воздуха. Пластмассы и изделия на их основе имеют высокую химическую стойкость к воздействию растворов кислот, щелочей и органических растворителей.

К положительным свойствам пластмасс следует отнести также их способность прокрашиваться на всю толщину изделия и легко поддаваться технологической обработке. Отдельные виды пластмасс (например, органическое стекло) обладают высокой прозрачностью, которая находится в пределах 85 – 94% относительно прозрачности алмаза, принятой за 100%.

Существенными недостатками пластмасс являются малая поверхностная твердость, низкая теплостойкость, горючесть, токсичность некоторых компонентов и повышенная ползучесть. В ряде случаев имеют место недолговечность вследствие деструкции полимера, нестабильность структуры в эксплуатационный период и (как следствие) изменение физико-механических свойств во времени.

### Основные компоненты пластмасс

**Полимеры** получают методами полимеризации или поликонденсации. Важнейшими термопластичными полимерами для производства пластмасс являются полиолефины (полиэтилен), имеющие наибольшие потенциальные возможности наличия сырьевой базы и широкой области применения; поливинилхлорид, позволяющий получать пластмассы и изделия удовлетворительных свойств и малой стоимости. Из термореактивных полимеров наибольшее значение для производства строительных материалов и изделий имеют феноло-формальдегидные, мочевино-формальдегидные, кремнийорганические и эпоксидные полимеры.

**Наполнители** вводятся в количестве 40 – 70% (по массе) для улучшения механических свойств пластмасс, уменьшения усадки при отверждении, повышения стойкости к воздействию различных сред, снижения стоимости. В качестве наполнителей используют органические и минеральные материалы. Особое значение имеют порошкообразные (мел, тальк, известняк и др.), волокнистые (стекловолокно, древесное волокно) и листовые наполнители (бумага, хлопчатобумажные ткани и др.).

**Пластификаторы** (камфара, дибутилфталат, олеиновая кислота и др.) вводятся в количестве 10 – 20% для повышения пластичности массы при повышенной температуре и придания большей упругости и морозостойкости отформованному изделию.

**Стабилизаторы** (крахмал, желатин, свинцовый сурик и др.) вводятся для придания пластмассам термостабильности, замедления процессов старения.

**Отвердители** (органические перекиси и др.) вводятся для «сшивания» макромолекул, превращения линейной структуры полимера в трехмерную.

### Основные технологические операции при изготовлении пластмасс

При изготовлении пластмасс и изделий из них осуществляются технологические операции, свойственные искусственным строительным материалам: подготовительные работы по активизации составляющих; дозирование компонентов и их перемешивание в смесительных установках. Формование изделий производится следующими способами:

**прессование** – изготовление изделий в металлических пресс-формах; в нагретую до 130 – 200 °С пресс-форму подают пропитанные смолами, нарезанные в листы, спакетированные слоистые пластмассы; прессование производят на гидравлических прессах под давлением 10 – 60 МПа; в результате термомеханического воздействия прессуемый материал размягчается, заполняет пресс-форму; так получают текстолит, гетинакс и др.; прессуют порошки и таблетированный материал;

**вальцевание на каландрах** – технологический передел, при котором размягченная композиция формуется в зазоре между вращающимися валками каландров, образующими ленту изделий, толщину и ширину которой можно регулировать. Такая технология применяется для обработки поливинилхлоридных пластмасс при изготовлении пленок, рулонных материалов и т. п.

## Материалы и изделия из пластмасс

Стеклопластик представляет собой материал, обычно в виде листов, получаемый путем пропитки стеклянного волокна или стеклянной ткани синтетическими смолами.

Стеклопластики отличаются высокой прочностью при небольшой средней плотности и малой величиной водопоглощения.

Из стеклопластиков можно изготавливать волокнистые полупрозрачные листы для кровель и ограждения лестниц, плоские листы с декоративной отделкой для перегородок, а также двери, оконные переплеты, трубы, ванны, раковины, плинтусы, уголки разного профиля. Стеклопластики могут служить и для изготовления панелей или щитов, предназначенных для устройства наружных стен, перегородок и перекрытий. Панели и щиты состоят из трех слоев, примыкающих друг к другу. Для наружных слоев панелей используют тонкий стеклопластик, а для внутреннего слоя – теплоизоляционный материал.

Линолеум изготавливают из оксидированных растительных масел, алкидных смол, поливинилхлорида, синтетических каучуков и других полимеров (с применением тканевой основы или без нее).

Поливинилхлоридный линолеум на тканевой подоснове – рулонный материал для полов, основным компонентом которого является поливинилхлорид. Такой линолеум производят промазным способом на тканевой или теплоизоляционной основе.

Сырьем для изготовления линолеума кроме связующего поливинилхлорида служат наполнители (тальк, боррит, гидрофобизированный мел, древесная мука и т. д.), пластификаторы (диоктилфталат), а также различные добавки.

Для окрашивания линолеума применяют мумию, железный сурик, литопон, ультрамарин, хромовую зелень и т. п. Линолеум на тканевой подоснове изготавливают пяти типов: А – с лицевым слоем из прозрачной пленки с печатным рисунком; Б – с рисунком, защищенным от истирания поливинилхлоридным слоем; В – одноцветный; Г – двухцветный; Д – мраморовидный. Линолеум на тканевой подоснове выпускают в рулонах длиной 12 м, шириной до 2,0 м и толщиной 1,6 – 2,0 мм. Он предназначен для полов жилых и общественных зданий.

Алкидный линолеум – рулонный материал для полов, состоящий из модифицированного глифталевого полимера, наполнителей и красителей, нанесенных на джутовую основу. Его выпускают в рулонах длиной 15 – 30 м, шириной 2,0 м и толщиной 2,2 – 5,0 мм (марок А и Б). Алкидный линолеум изготавливают с одно- или многоцветным печатным рисунком или окрашивают по всей толщине. Он предназначен для покрытия пола жилых и общественных зданий, вагонов железнодорожного транспорта и метрополитена.

Древесностружечные плиты – листовые материалы, получаемые горячим прессованием органических наполнителей (древесная стружка), обработанных синтетическими полимерами. Для покрытий полов применяют трехслойные плиты (П-3) длиной 2,44; 2,75; 3,50; 3,66 и 5,50 м, шириной от 1,22 до 2,44 м, толщиной 10 – 24 мм. Древесностружечные плиты должны отвечать следующим техническим требованиям: средняя плотность – 800 кг/м<sup>3</sup>; водопоглощение – не более 15%; предел прочности при статическом изгибе – не менее 24,5 МПа. Полы из плит П-3 устраивают в жилых и административных помещениях с нормальным влажностным режимом эксплуатации.

Древесноволокнистые плиты – листовые материалы, получаемые путем горячего прессования волокнистой массы, состоящей из органических волокнистых наполнителей и синтетических полимеров. Сырьем для производства плит являются древесина и древесные отходы (щепа, горбыль, рейки, стружка). Кроме древесного сырья для изготовления плит можно использовать камыш, кенаф и некоторые другие волокнистые растения.

В зависимости от назначения древесноволокнистые плиты выпускаются со средней плотностью от 200 до 1100 кг/м<sup>3</sup>. Для устройства и облицовки стен и перегородок используют полутвердые (400 – 850 кг/м<sup>3</sup>), а также твердые и сверхтвердые плиты (850 – 1100 кг/м<sup>3</sup>). Для

устройства пола применяются только твердые и сверхтвердые плиты. Производятся также твердые плиты с окрашенной поверхностью; в заводских условиях их лицевая поверхность покрывается эмалями.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называют полимерами? 2. Какую реакцию называют полимеризацией и какую поликонденсацией? 3. Полимерные строительные материалы: достоинства и недостатки. 4. Что называется пластмассой, и из каких компонентов ее изготавливают? 5. Назовите основные способы производства изделий из пластмасс и какие материалы при этом можно получить? 6. Какие материалы изготавливают из древесины с применением полимеров? 7. Какие полимерные материалы применяют для полов, какие требования к ним предъявляются?

## **9. КОМПОЗИЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Композиционные материалы состоят из основного материала (матрицы) и упрочняющего компонента в виде волокон или твердых частиц. Сочетание в одном материале разнородных компонентов создает композиционный материал с высокой механической прочностью и стойкостью к коррозии. По свойствам он значительно превосходит природные и традиционные искусственные материалы, что позволяет изготавливать конструкции и изделия, наиболее полно удовлетворяющие эксплуатационным требованиям.

Асбестоцемент - цементный композиционный материал, упрочненный асбестовым волокном.

Для изготовления асбестоцементных изделий применяются три основных компонента: цемент и вода, формирующие вяжущую часть этих композиционных материалов; асбест, который является активным заполняющим компонентом. Он успешно выполняет функции армирования цементного камня, который, в свою очередь, выполняет функции матрицы.

Производство асбестоцементных изделий включает следующие операции: расщепление (распушка) асбеста на тонкие волокна; приготовление асбестоцементной суспензии; отфильтрование из жидкой асбестоцементной массы тонкого полотна; формование из него изделий; твердение изделий в пропарочных камерах, водных бассейнах, автоклавах и выдерживание их в утепленных складах до приобретения заданной прочности.

Асбестоцементные изделия имеют высокую механическую прочность, морозостойкость, водостойкость и поэтому широко применяются в строительстве. Асбестоцементные изделия выпускают в виде волнистых листов и плиток (кровельные материалы); гладкие и волнистые листы используют для обшивки наружных стен и изготовления стеновых панелей, асбестоцементные трубы могут применяться взамен стальных, чугунных и керамических.

### **Контрольные вопросы**

1. Из каких материалов производят асбестоцементные изделия, и какие требования предъявляются к этим материалам? 2. По какой технологической схеме изготавливают асбестоцементные изделия? 3. Какие существуют разновидности асбестоцементных изделий, и какие требования предъявляют к этим изделиям?

## **10. БЕТОНЫ**

Бетоны – искусственные каменные материалы, получаемые в результате затвердевания рационально подобранной смеси, состоящей из вяжущих материалов, воды, крупных (щебня или гравия) и мелкого (песка) заполнителей.

Бетоны классифицируются по средней плотности (особо тяжелые, тяжелые, облегченные, легкие на пористых заполнителях и особо легкие), виду вяжущего вещества (цементные, силикатные и др.), назначению в строительстве (конструкционные, теплоизоляционные, дорожные, гидротехнические, химически стойкие, жаростойкие, высокопрочные), а также по другим показателям.

Основным показателем качества бетонов является предел прочности при одноосном сжатии образца-куба с ребром длиной 15 см с разделением их на классы (В) или предел прочности при сжатии цилиндрических образцов размером 15 x 30 см с разделением бетонов на классы (С). Показатели качества обоих классов принимаются по стандарту с гарантированной обеспеченностью, чем классы отличаются от деления на марки. Марка бетона нормируется по среднему значению показателя прочности на сжатие и выражается в кгс/см<sup>2</sup>: от 15 (для ячеистых бетонов) до 600 и выше (для тяжелых бетонов).

Всего предусмотрено 19 классов по прочности на сжатие при испытании кубов (от В1 до В60) и 19 классов при испытании цилиндров (от С0,8 до С55); значение прочности выражается в МПа.

### **Тяжелые (обычные) бетоны**

Бетон следует начинать изучать с бетонной смеси, которая по составу и качественным признакам должна не только обеспечивать получение в установленные сроки бетона с заданными показателями физико-технических свойств, но и удовлетворять определенным технологическим требованиям, связанным с выбором машин для приготовления, укладки и уплотнения смеси, с режимом их работы. Характеристики бетонной смеси с точки зрения технической экономической целесообразности должны выявляться и в процессе технологической подготовки производства (так же, как заранее устанавливаются необходимые показатели свойств бетона в процессе проектирования конструкции).

Независимо от принятой технологии изготовления изделий и вида бетона бетонная смесь должна удовлетворять двум требованиям:

- при транспортировании, выгрузке и укладке в формы сохранять однородность, достигнутую в процессе приготовления;
- обладать хорошей удобоукладываемостью, соответствующей принятым способу и условиям формирования изделий.

Бетонные смеси в зависимости от их свойств в свежеприготовленном состоянии можно с некоторой условностью разделить на две категории:

- подвижные, относительно легко перемешиваемые и заполняющие формы главным образом под действием сил тяжести;
- жесткие, вследствие повышенных сил внутреннего трения характеризуются большим по величине предельным напряжением сдвига. Такие смеси требуют обязательного механического воздействия для принудительного заполнения формы и уплотнения.

Мерой подвижности бетонных смесей является величина оседания под действием собственной массы бетонного конуса определенных размеров, сформованного стандартным способом.

Мерой жесткости бетонных смесей служит скорость истечения, необходимая для того, чтобы контролируемая бетонная смесь, сформованная в виде конуса, переходя под действием вибрационных колебаний в состояние текучести, распределялась в стандартном техническом вискозиметре по закону сообщающихся сосудов (на одном уровне в кольце и вне кольца прибора).

Жесткие бетонные смеси (благодаря пониженному начальному содержанию воды и более высокой концентрации прочного крупного заполнителя) имеют ряд преимуществ по сравнению с подвижными, а именно - при одинаковом расходе цемента и степени уплотнения прочность у бетона жестких смесей выше, нежели у бетона из пластичных смесей, а при сохранении заданной прочности может быть снижен расход цемента;

Вместе с тем, применение жестких бетонных смесей создает известные технологические и производственные трудности:

- требуется более мощное оборудование для принудительного перемешивания смеси и интенсивного ее уплотнения при формовании изделий;
- необходим тщательный контроль за точностью дозирования воды на замес при приготовлении смеси в процессе формования;
- растут сроки обработки смеси, увеличивается удельный расход электроэнергии, повышается износ оборудования.

При выборе типа бетонных смесей и показателей их подвижности или жесткости надо учитывать конкретные условия приготовления смеси, формования изделий, а также размеры, конфигурацию изделий, характер армирования и степень насыщенности конструкции арматурой.

Подбор состава. Рациональный состав бетона должен обеспечить с учетом технологических режимов изготовления изделий заданные показатели свойств бетонной смеси и готового бетона при наименьшей стоимости материалов и наименьших производственных затратах.

Состав бетона выражается в виде расхода составляющих материалов по массе на 1 м<sup>3</sup> бетона или в виде количественного соотношения между составляющими материалами на единицу массы цемента.

Разработаны ряд методов проектирования состава бетона с использованием зависимостей в виде расчетных формул, графиков и таблиц, что дает возможность предварительно рассчитать состав бетона и затем уточнить отдельные его элементы на пробных замесах. Такой расчетно-экспериментальный метод определения состава бетона получил широкое распространение.

В тех случаях, когда применяемые материалы весьма неоднородны по показателям свойств или эти показатели значительно отклоняются от усредненных, на основе которых построены расчетные формулы и таблицы, а также в случае значительных отличий технологии формования и твердения изделий от принятой, состав бетона подбирается на основе нескольких пробных замесов по методу последовательного приближения.

При любом методе подбора состава бетона последовательно определяют следующие параметры:

- рациональный зерновой состав заполнителей и их смеси (при наибольшей допускаемой крупности), в виде количественного соотношения отдельных фракций заполнителей или мелкого и крупного заполнителя в целом;
- содержание воды (В) в 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси, необходимое для получения заданных показателей подвижности или жесткости смеси;
- водоцементное отношение (В/Ц), рассчитываемое по формуле прочности

$$; R_b = A \cdot R_{ц} \cdot (B/C \pm 0,5),$$

где  $R_b$  - прочность бетона в возрасте 28 суток;  $R_{ц}$  - активность или марка цемента;  $A$  - эмпирический коэффициент;

- расход цемента (Ц) на 1 м<sup>3</sup> бетона:  $C = B \cdot C/B$
- расход щебня (или гравия), рассчитываемый по формуле

$$Щ (Г) = 1000 / (a \cdot v / p_o + 1/p)$$

где  $a$  - коэффициент раздвижки зерен;  $v$  - пустотность крупного заполнителя;  $p_o$   $p$  - средняя и истинная плотность крупного заполнителя;

- расход мелкого заполнителя (П), рассчитываемый по формуле

$$П = [ 1000 - ( \frac{Ц}{\rho_{ц}} + B + \frac{Щ}{\rho_{щ}} ) ] p_{п},$$

где  $\rho_{ц}$ ,  $\rho_{щ}$ ,  $\rho_{п}$  истинная плотность цемента, щебня, песка.

### Свойства тяжелого бетона

Тяжелый бетон оценивается пределом прочности при сжатии и пределом прочности на растяжение при изгибе, являющимися основной характеристикой механических свойств бетона. Прочность бетона характеризуется его маркой, которая определяется пределом прочности при

сжатии стандартных бетонных кубов размером 15 x 15 x 15 см, изготовленных из рабочей бетонной смеси и испытанных в возрасте 28 сут после твердения в нормальных условиях. Прочность бетона зависит от активности цемента, В/Ц, качества заполнителей, степени уплотнения бетонной смеси и условий твердения. Основными факторами, влияющими на прочность бетона, являются активность цемента и В/Ц. Цементы высокой активности дают более прочные бетоны, однако при одной и той же активности цемента можно получить бетон различной прочности в зависимости от изменения количества воды в смеси.

Зависимость прочности бетона от В/Ц объясняется следующими причинами. Известно, что цемент при твердении присоединяет всего 15 – 25% воды от своей массы в зависимости от качества цемента и срока твердения. Однако, для придания бетонной смеси подвижности в нее добавляют воды значительно больше (40 – 70% массы цемента В/Ц = 0,4 – 0,7). Избыточная вода, не вступает в химическую реакцию с цементом, остается в бетоне в виде водяных пор или испаряется, оставляя на своих местах воздушные поры. Наличие пор ослабляет бетон: чем больше их будет, т.е. чем больше В/Ц, тем ниже прочность бетона.

Прочность бетона со временем изменяется по логарифмическому закону; исходя из этого при расчетах прочности бетона для разных сроков твердения пользуются приближенной формулой

$$R_n = R_{28} ( \lg n / \lg 28 ) \text{ МПа,}$$

где  $R_n$  - прочность бетона в возрасте  $n$  суток

### **Морозостойкость**

Долговечность бетонных ж/б конструкций, подвергающихся в условиях эксплуатации совместному действию воды и мороза, зависит от морозостойкости бетона. Морозостойкость бетона характеризуется наибольшим числом циклов замораживания и оттаивания, которые способны выдержать образцы без снижения предела прочности при сжатии более чем на 15% и без потери в массе более чем на 5%. Морозостойкость бетона зависит от его строения. В плотном бетоне имеются поры различных размеров и свойств. Мелкие поры (микропоры), например поры цементного геля, имеющие размер менее 10 мкм, непроницаемы для воды. В них содержится, обычно, связанная вода, которая не переходит в лед даже при температуре (- 70° С). Морозостойкость и водонепроницаемость бетона очень зависят от количества крупных пор (макропор) в бетоне, которые образуются водой, не вступивших в химическое взаимодействие с цементом, и имеют размер более 10 мкм. Макропористость бетона уменьшится, а его морозостойкость улучшается при понижении В/Ц и с увеличением возраста бетона. Обычно для получения достаточно морозостойкого бетона В/Ц принимают менее 0,5. Морозостойкость бетона можно повысить введением в его состав специальных гидрофобных воздухововлекающих добавок, уменьшающих проницаемость его пор и капилляров для воды и снижающих внутренние напряжения в бетоне при ее замерзании.

### **Усадка и расширение бетона**

Усадка бетона, т.е. уменьшение его объема, проявляется при твердении бетона в атмосферных условиях при недостаточной влажности среды. При твердении в воде или во влажных условиях усадка резко уменьшается. Наибольшую усадку дает чистый цементный камень. Введение заполнителя уменьшает усадку. В среднем годовая усадка тяжелого бетона составляет 0,2 – 0,4 мм/м. Усадка бетона уменьшается при сокращении расходов цемента и воды. Быстрое высыхание бетона, особенно в раннем возрасте, приводит к значительной и неравномерной усадке и может вызвать появление на поверхности материала усадочных трещин. Во избежание этого применяют правильно подобранные составы бетона, обеспечивают надлежащие условия его твердения, устраивают специальные швы, бетон в массивные сооружения укладывают отдельными блоками, применяют химические добавки, уменьшающие усадку бетона.

При бетонировании массивных сооружений в первый период твердения бетона могут происходить объемные изменения, вызванные расширением бетона от нагревания теплом, выделяющимся при экзотермических реакциях цемента с водой. Объемные изменения бетона могут вызвать значительные деформации конструкций и даже появление трещин. Чтобы уменьшить экзотермию бетона, применяют цементы с малым выделением тепла (низкоэкзотермичные).

### Специальные виды бетонов

**Высокопрочный бетон.** Бетон высокой прочности получают, применяя цементы высоких марок и высококачественные заполнители.

При бетонировании массивных сооружений желательнее применять цементы с пониженным содержанием  $C_3S$ , особенно  $C_3A$ , лучше всего белитовые. Такие цементы твердеют постепенно, в течение длительного срока, обеспечивая высокую конечную прочность бетона.

При бетонировании сборных ж/б конструкций, или когда необходимо быстрое твердение бетона, наоборот, предпочитают цементы, содержащие повышенное количество  $C_3S$  и  $C_3A$ . В этом случае лучше всего применять БТЦ. Заполнители должны быть чистыми и обладать хорошим зерновым составом и малой пустотностью. Песок требуется классифицированный, разделенный на 2 – 3 фракции, и, как правило, кварцевый (с модулем крупности не менее 2,0) с содержанием отмучиваемых примесей не более 1% по массе. В качестве крупного заполнителя следует применять фракционный щебень из плотных и прочных горных пород по возможности кубической формы. При приготовлении бетона используют все средства, способствующие повышению его прочности: применяют низкое В/Ц, суперпластификаторы, высокий расход цемента, особо тщательное перемешивание и уплотнение бетонной смеси и уход за бетоном, различные способы повышения активности цемента и качества бетона. (активация цемента, виброактивация бетонной смеси).

**Кислотоупорный бетон** – получают на основе специального кислотоупорного цемента. Кислотоупорный цемент состоит из смеси тонкоизмельченного кварцевого песка и кремнефтористого натрия ( $Na_2SiF_6$ ), затворяемых водным раствором силиката натрия, т.е. жидким стеклом. К кислотостойким заполнителям относятся кварцевый песок и щебень из андезита, диабазы, базальта и т.п.

Ориентировочный состав бетона в вес. ч.: жидкое стекло 1, песок тонкомолотый 1, песок 1 и щебень 2. Количество кремнефтористого натрия равно 15% от массы жидкого стекла. Твердение бетона должно проходить в теплой воздушно-сухой среде. Бетон характеризуется прочным сцеплением со стальной арматурой, стойкостью по отношению к действию таких кислот, как серная, соляная, азотная и др. за исключением плавиковой; предел прочности при сжатии через 3 суток 110 – 120, а через 28 сут. – 200 кгс/см<sup>2</sup>. При действии воды и слабых кислот бетон постепенно разрушается;

Бетон используют для различных конструкций и облицовки аппаратуры в химической промышленности.

**Жаростойкий бетон.** Жаростойким называют бетон, предназначенный для промышленных агрегатов и строительных конструкций, подверженных нагреванию и способный сохранять свои физико-механические свойства при длительном воздействии высоких температур. В качестве вяжущих для бетонов применяют портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистый цемент и жидкое стекло. Для повышения стойкости бетона и сохранения прочности при нагревании в вяжущее вводят тонкомолотые добавки из хромитовой руды, боя шамотного, магнезитового или обычного кирпича, андезита, гранулированного доменного шлака и др. В качестве мелкого и крупного заполнителей жаростойких бетонов применяют огнеупорные материалы, обладающие, как и тонкомолотые добавки, высокой огнеупорностью. В зависимости от степени огнеупорности различают следующие группы жаростойких бетонов:

высокоогнеупорные с огнеупорностью выше 1770 ; огнеупорные 1580 – 1770; жароупорные ниже 1580° С.

Высокоогнеупорные бетоны готовят из следующих материалов: высокоглиноземистый цемент, песок и щебень из хромита или высокоглиземистого кирпича. Минимальная прочность 250 кгс/см<sup>2</sup>.

Огнеупорные бетоны делают из глиноземистого цемента, песка и щебня из хромита, жидкого стекла с кремнефтористым натрием, тонкомолотой добавки, песка и щебня из хромита. Минимальная допустимая прочность бетона на глиноземистом цементе 250 кгс/см<sup>2</sup>, жидком стекле – 150 кгс/см<sup>2</sup>.

Жароупорные бетоны. В качестве вяжущих для бетонов применяются: глиноземистый цемент, портландцемент, шлакопортландцемент и жидкое стекло. В качестве мелкого и крупного заполнителей применяют шамот, бой обыкновенного глиняного кирпича, доменный шлак, диабаз, андезит и др.

Способ получения жаростойкого бетона на портландцементе с тонкомолотыми минеральными добавками основан на том, что добавки, взаимодействуя со свободной окисью кальция цементного камня, способствуют сохранению необходимой прочности и структуры цементного камня при его нагревании и после охлаждения.

Жароупорные бетоны имеют высокие показатели физико-механических свойств: минимально допустимая прочность от 100 до 250 кгс/см<sup>2</sup>. Бетон длительное время без разрушения выдерживает действие температуры до 1200° С. Из него можно изготавливать ж/б дымовые трубы, фундаменты доменных, мартеновских и других промышленных печей, полов горячих цехов.

## 11. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Железобетон представляет собой строительный материал, в котором соединены в единое целое стальная арматура и бетон. Цементный бетон хорошо сопротивляется сжимающим усилиям, но плохо работает на растяжение. Предел прочности бетона при растяжении в 10 – 15 раз ниже предела прочности при сжатии. Поэтому для восприятия растягивающих напряжений возникла необходимость введения в бетон стальной арматуры. Возможность совместной работы в железобетоне двух резко различных по своим свойствам материалов определяется следующими факторами:

бетон прочно сцепляется со стальной арматурой, вследствие чего при возникновении напряжений в железобетонных конструкциях оба материала работают совместно; сталь и бетон обладают почти одинаковым коэффициентом температурного расширения, что обеспечивает полную монолитность железобетона;

бетон не только не оказывает разрушающего влияния на заключенную в нем сталь, но предохраняет ее от коррозии.

*Классификация железобетонных изделий.* Железобетонные изделия классифицируют по следующим признакам: плотности и виду бетона, внутреннему строению, назначению, по виду армирования,

По плотности применяемых бетонов различают изделия, изготовленные из тяжелых, облегченных, легких и особо легких бетонов. По виду бетонов: цементные тяжелые или легкие, силикатные, химически стойкие, декоративные и другие виды бетонов.

По внутреннему строению изделия могут быть сплошными и пустотелыми, изготовленными из бетона одного вида. Однослойные или многослойные, изготовленными из бетона разных видов или с применением различных материалов, например теплоизоляционных.

В зависимости от назначения ж/б изделия подразделяют на четыре основные группы: для жилых и общественных зданий; промышленных зданий; инженерных сооружений; изделия общего назначения.

По виду армирования различают изделия с обычной или предварительно напряженной арматурой.

### Производство железобетонных изделий и конструкций.

Железобетонные конструкции изготавливают на специальных заводах или полигонах. Технологический процесс складывается из следующих последовательно выполняемых операций: приготовления бетонной смеси, изготовления арматуры и арматурных каркасов, армирования, формования изделий (укладки бетонной смеси и уплотнения), твердения изделий, обычно в условиях тепловлажностной обработки.

Изготовление арматуры сводится к подготовке арматуры, т.е. чистке, правке, резке и гнутью; сварке арматурных элементов и сборке объемных арматурных каркасов.

Формование изделий является одним из важнейших технологических переделов. Качество ж/б изделий в значительной степени зависит от прочности и жесткости форм, которые должны обеспечить получение изделий точно заданных размеров и гладкой лицевой поверхностью. При массовом изготовлении изделий применяют только металлические формы. Перед укладкой в форму арматурного каркаса и бетонной смеси форму очищают, собирают и смазывают специальными составами, препятствующими сцеплению бетона с металлом формы. Для смазки обычно используют масляные эмульсии с добавкой кальцинированной соды. Формование изделий проводят после установки в форму арматурного каркаса. Процесс формования включает укладку бетонной смеси в форму и ее уплотнение. Основным способом уплотнения бетонной смеси является – вибрирование.

Твердение ж/б изделий происходит в естественных условиях или при тепловлажностной обработке, позволяющей ускорить отвердевание бетонной смеси. В зависимости от температуры и влажности окружающей среды различают следующие виды тепловлажностной обработки изделий: а) пропаривание при нормальном давлении и температуре 70 – 100° С; б) обработка ж/б изделий в автоклавах насыщенным паром при давлении 0,8-1,3 МПа и температуре 174 – 193°С; контактный обогрев и электропрогрев путем пропуска электрического тока через толщу бетона или обогрев его инфракрасными лучами.

Пропаривание при нормальном давлении производится в камерах периодического или непрерывного действия и является наиболее экономическим способом тепловлажностной обработки.

После тепловлажностной обработки ж/б изделия, если не требуется дальнейшая отделка поверхности, изготовление заканчивается. Освобожденное от формы изделие проверяется ОТК завода и направляется на склад готовой продукции.

### **Технологические схемы изготовления железобетонных изделий.**

На заводах сборного железобетона применяют две различные схемы производства:

Первая схема – изготовление изделий в стационарных неподвижных формах – стендовый способ.

Вторая схема – изготовление изделий в формах, перемещаемых по отдельным технологическим постам – поточно-агрегатный и конвейерный способы.

Стендовая технология. Стенд представляет собой железобетонную площадку с гладкой поверхностью, разделенную на отдельные технологические полосы. На площадке устанавливается опалубка определенной конфигурации, образуя форму будущего изделия. При стендовом способе производства изделие, находясь в стационарной форме в течение всего производственного цикла (до момента затвердевания бетона), остается на месте. В то же время технологическое оборудование для выполнения отдельных операций по укладке арматуры, бетонной смеси и уплотнения перемещается последовательно от одной формы к другой. Высокий экономический эффект стендовой способ дает при изготовлении железобетонных изделий значительных размеров плит перекрытий, ферм и балок для промышленного и транспортного строительства.

Поточно-агрегатный способ производства состоит в том, что все операции по изготовлению изделия, очистке и смазке форм, укладке арматуры и бетонной смеси, твердению и распалубке выполняются на специальных постах, образующих определенную технологическую линию.

Изделие вместе с формой последовательно перемещается от поста к посту. Основное преимущество поточно-агрегатного способа производства заключается в универсальности основного технологического оборудования. Так, например, при незначительной затрате средств на изготовление новых форм можно быстро переходить на выпуск другого вида изделий. Этот способ производства железобетона получил в нашей стране наибольшее распространение.

Конвейерный способ производства представляет собой более совершенную поточную технологию и позволяет максимально механизировать и автоматизировать основные технологические операции. При этом способе технологическая линия работает по принципу замкнутого пульсирующего конвейера. Вагонетки-поддоны, на которых собирается форма изделия, с помощью специального толкателя перемещаются по конвейерной линии для производства операций: очистки и смазки форм, укладки арматуры и бетонной смеси, уплотнения смеси, тепловлажностной обработки и распалубки. Конвейерный способ производства экономически целесообразен при выпуске однотипных изделий на заводах большой мощности.

## 12. ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ

Бетоны называются легкими, если их средняя плотность в сухом состоянии не более 1800 кг/м<sup>3</sup>, а изготовлены они с применением естественных или искусственных пористых заполнителей.

Основными техническими характеристиками легких бетонов являются показатели средней плотности и прочности при сжатии. Эти характеристики бетонов, в свою очередь, влияют на остальные строительно-технические свойства.

Плотность и прочность бетона легко регулируют с помощью подбора соответствующего заполнителя, природного или искусственного. Так как цементный камень значительно утяжеляет бетон, то стремятся его содержание довести до минимума, а макроструктуру приблизить к контактной при данной технологии формования.

В зависимости от степени пористости и характера строения различают легкие бетоны:

- плотного или слитного строения на основе вяжущего и пористых заполнителей (пористость материала определяется степенью пористости заполнителей и их содержанием в единице объема бетона);
- неплотные (крупнопористые) с межзерновой пустотностью, оставшейся не заполненной растворной составляющей;
- псевдоплотного строения, в которых все межзерновое пространство заполнено раствором, поры образованы в результате введения в смесь пены или вспучивания смеси при добавлении газообразователей.

В зависимости от назначения и технических свойств легкие бетоны разделяются на следующие типы:

- конструкционные, применяемые для несущих конструкций (стены, перекрытия и др.), плотностью 1400 – 1800 кг/м<sup>3</sup> и прочностью на сжатие 15 – 50 МПа;
- конструкционно-теплоизоляционные плотностью 500 – 1400 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 2,5 – 10 МПа, являющиеся основными материалами ограждающих конструкций зданий;
- теплоизоляционные плотностью до 500 кг/м<sup>3</sup>, широко применяемые в слоистых конструкциях как утеплитель и звукопоглощающий материал.

### Контрольные вопросы

1. Тяжелые бетоны. Определение и классификация. 2. Какие требования предъявляются к качеству исходных материалов для тяжелых бетонов? 3. Основной закон прочности бетона. Современные способы расчета и подбора состава тяжелого бетона. 4. Свойства бетонной смеси. Подвижность и жесткость, методы их определения. Производственные операции при приготовлении бетона. 5. Влияние условий твердения на прочность бетона и уход за ним. Современные

методы ускорения процессов твердения бетонной смеси. 6. Укладка бетонной смеси в конструкцию в зимнее и летнее время года. 7. Коррозия бетонов на основе неорганических вяжущих веществ и меры защиты от нее. 8. Из каких основных технологических операций состоит процесс изготовления железобетонных изделий? 9. Легкие бетоны. Классификация. Материалы для приготовления легких бетонов и требования, предъявляемые к ним. 10. Ячеистый бетон. Материалы для ячеистых бетонов. Технология приготовления, свойства и области применения.

### 13. СИЛИКАТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Силикатные материалы и изделия автоклавного твердения представляют собой мелкозернистые бетоны на основе известково-кремнеземистого вяжущего вещества, полученного в процессе автоклавной обработки под действием пара, высокой температуры и давления.

К числу автоклавных силикатных изделий относят силикатный кирпич, крупные силикатные блоки, плиты из тяжелого силикатного бетона, панели перекрытий и стеновые, колонны, балки и пр. Силикатные изделия выпускают полнотелыми или облегченными со сквозными или полужамкнутыми пустотами. Особое значение имеют силикатно-ячеистые бетоны. Они могут иметь конструктивное и теплоизоляционное значение.

#### Сырьевые материалы

##### *Известь*

В производстве силикатных автоклавных изделий применяют известь в виде молотой кипелки, пушонки, а также частично загашенного материала. Известь должна характеризоваться средней скоростью гидратации, умеренным экзотермическим эффектом, быть равномерно обожженной и отличаться постоянством свойств, содержать не более 5% MgO. Время гашения - не более 20 мин.

##### *Кварцевый песок*

В производстве силикатных изделий применяют немолотый песок или смесь немолотого и тонкомолотого песка. Песок для силикатных автоклавных изделий должен содержать не менее 70% кремнезема  $\text{SiO}_2$ . Наличие примесей отрицательно влияет на качество изделий: слюда понижает прочность изделий, её содержание в песке не должно превышать 0,5%; органические примеси вызывают вспучивание и понижают прочность. Ограничивается содержание и сернистых примесей в песке: не более 1% в пересчете на  $\text{SO}_3$ . Зерновой состав, форма и характер поверхности зерен также оказывают большое влияние на качество изделий: лучшее сцепление обеспечивают зерна с шероховатой поверхностью, а потому предпочтительными являются горные пески.

##### *Вода*

Вода должна быть чистой, не содержать вредных примесей.

Для производства автоклавных изделий используют и многие отходы промышленности: шлаки, шламы, золы, отходы горно-обогатительных предприятий.

#### Силикатный кирпич

Силикатный известково-песчаный кирпич по своей форме, размерам и основному назначению не отличается от глиняного кирпича. Сырьем для его производства служат известково-песчаные смеси следующего состава: 92-95% чистого кварцевого песка; 5-8% воздушной извести.

Изготовление силикатного кирпича включает следующие операции: измельчение известки-кипелки, смешение известки с песком, гашение известки в смеси с песком, дополнительное перемешивание и увлажнение смеси до 7-9%, формование (прессование) кирпича и запаривание сырца-кирпича в автоклавах. Формование кирпича производится на рычажных прессах под давлением 15 – 20 МПа.

Силикатный кирпич изготавливается размером 250x120x65 мм. По механической прочности различают марки 75, 100, 125, 200, 250 и 300. Средняя плотность силикатного кирпича несколько выше, нежели у обычного глиняного кирпича, и составляет 1800-1900 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность находится в пределах 0,81- 0,87 Вт/(м °С). Водопоглощение кирпича должно быть не более 16% по массе.

Себестоимость силикатного кирпича примерно на 25-35% ниже глиняного. Он широко применяется для кладки несущих стен промышленных и гражданских зданий, для столбов, опор и т. д. Однако по сравнению с обычным глиняным кирпичом силикатный имеет пониженную стойкость к воздействию некоторых агрессивных сред. Такой кирпич не следует использовать для кладки фундаментов, особенно в условиях высокого уровня грунтовых вод. Запрещается применять силикатный кирпич в изделиях и конструкциях, подверженных длительному воздействию температур свыше 500°С (печи, дымовые трубы и т.п.). При длительном нагреве силикатный кирпич разрушается вследствие дегидратации гидросиликата, кальция и других химических соединений.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие физико-химические процессы протекают при автоклавной обработке известково-песчаных смесей? 2. Состав, технология производства, свойства и область применения силикатного кирпича.

## **14. ЛЕСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

Древесина обладает ценными качествами. К достоинствам этого материала относятся, во-первых, высокая прочность (при сжатии предел прочности составляет 35-70 МПа, при растяжении и изгибе пределы прочности равны 80-120 МПа); во-вторых, легкость (средняя плотность древесины примерно 400—700 кг/м<sup>3</sup>).

Сочетание высокой прочности и легкости обеспечивает высокий коэффициент конструктивного качества (ККК) древесины. Этот коэффициент равен отношению предела прочности при сжатии материала к его средней плотности. У древесины этот коэффициент равен 0,7 и выше, тогда как у кирпича он составляет 0,06—0,15.

Низкая теплопроводность (особенно поперек волокон), высокая химическая стойкость в отношении кислот, щелочей, технологичность при использовании, надежная склеиваемость и красивый внешний вид дерева делают его эффективным отделочным материалом.

Но древесина обладает и недостатками, ограничивающими области её применения: анизотропностью, т.е. неоднородностью ее структуры и свойств в разных направлениях; повышенной гигроскопичностью. Оба эти недостатка приводят к неравномерному набуханию, короблению и растрескиванию пиломатериалов из древесины. К недостаткам относятся также загниваемость в переменно-влажных условиях, легкая возгораемость, наличие разнообразных пороков, снижающих сортность древесных материалов.

Эти недостатки следует учитывать при распиловке древесины и в процессе эксплуатации деревянных конструкций. Например, для защиты лесных материалов от загнивания их пропитывают специальными веществами антисептиками, а для защиты от возгорания – обрабатывают антипиренами. С целью снижения гигроскопичности древесину обрабатывают гидрофобными веществами. Для уменьшения влияния неоднородности структуры применяют прессование с предварительной деструкцией.

На свойства древесины существенное влияние оказывают её структура и влажность. В древесине содержится влага трех видов: связанная, или гигроскопическая; свободная, или капиллярная; химически связанная.

Истинная плотность ( $\rho$ ) древесного вещества для всех пород примерно одинакова и составляет в среднем 1,54 г/см<sup>3</sup>.

Средняя плотность ( $\rho_0$ ) различна у разных древесных пород. Ее величина зависит от строения древесины, процента поздней древесины и других факторов. В значительной мере она

зависит и от влажности. Среднюю плотность древесины с данной влажностью пересчитывают на плотность при стандартной влажности (12%), соответствующей комнатно-сырому состоянию древесины ( $\text{кг/м}^3$ ):

$$p_{012} = p_{ow} [1 + 0.01(1 - k_o)(12 - W)],$$

где  $p_{012}$  – средняя плотность образца древесины при влажности  $W=12\%$ ;  $p_{ow}$  – средняя плотность влажного образца при влажности  $W, \%$ ;  $k_o$  – коэффициент объемной усушки, который показывает, на сколько процентов изменяется объем образца при изменении влажности на 1%;  $W$  – влажность испытываемого образца, %.

Для древесины большинства пород  $k_o = 0,5$  (у березы, бука, лиственницы, граба  $k_o = 0,6$ ).

Прочность. Предел прочности древесины (с влажностью  $W$  в момент испытания) при сжатии вдоль волокон ( $R_{сж}$ ) определяют на стандартных образцах сечением  $20 \times 20$  мм и длиной 30 мм и рассчитывают по формуле

$$R_{сж} = P / (a \cdot b),$$

где  $P$  – максимальная разрушающая нагрузка, Н;  $a$  и  $b$  – размеры поперечного сечения, м.

Предел прочности при статическом изгибе ( $R_{изг}$ ) древесины с влажностью  $W$  в момент испытания определяют на образцах-балочках размером  $20 \times 20$  мм и длиной 300 мм по формуле

$$R_{изг} = 3 P \cdot l / (2 (b \cdot h^2)),$$

где  $P$  – разрушающая сила, Н;  $l$  – расстояние между опорами, м;  $b$  и  $h$  – ширина и высота балки, м.

Прочность древесины значительно понижается с увеличением влажности. Она должна быть приведена к прочности при стандартной влажности в 12% по формуле

$$R_{12} = R_w [1 + a (W - 12)],$$

где  $R_{12}$  – предел прочности при 12% - ной влажности;  $R_w$  – предел прочности при влажности  $W, \%$ ;  $W$  – влажность испытываемой древесины, %;  $a$  – поправочный коэффициент на влажность, который показывает, насколько изменяется прочность древесины при изменении влажности на 1%.

Для сосны коэффициент  $a$  при сжатии и изгибе равен 0,04.

Имеется корреляционная связь между прочностью и плотностью древесины, между прочностью и процентом поздней древесины, что выражено в соответствующих эмпирических формулах:

$$\begin{array}{ll} \text{для сосны } R_{сж15} = 1035 p_{015} - 105; & R_{сж15} = 6m + 300; \\ \text{для дуба } R_{сж15} = 850 p_{015} - 67; & R_{сж15} = 3,2m + 295, \end{array}$$

где  $R_{сж15}$  – предел прочности при сжатии,  $\text{кг/см}^2$ , при влажности 15% (после подсчета пересчитывают на стандартную влажность в 12%);  $p_{015}$  – средняя плотность древесины при влажности 15%,  $\text{г/см}^3$ ;  $m$  – процент поздней древесины.

### Контрольные вопросы

1. Какие древесные породы чаще других применяют в строительстве? 2. Положительные и отрицательные качества древесины как строительного материала. 3. В каком виде находится влага в древесине? Каково ее влияние на физико-механические свойства? 4. В каких строительных конструкциях и деталях целесообразно использовать древесину? 5. Каковы наиболее доступные меры предохранения древесины от загнивания и возгорания?

## 15. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НИХ

Металлами называют вещества, обладающие своеобразным металлическим блеском, пластичностью, высокой прочностью, электропроводностью и теплопроводностью, что обусловлено особой природой металлической связи.

У металлов своеобразные не только физические, но и химические свойства: способность к окислению и восстановлению в реакциях.

Чистые металлы в большинстве случаев обладают недостаточно высокими физическими, механическими и химическими свойствами. Для улучшения этих свойств металлы сплавляют с другими металлами и неметаллами.

Металлы разделяют на черные и цветные. К черным относятся железо и сплавы на его основе – стали и чугуны; остальные металлы являются цветным

Черные металлы в зависимости от содержания в них углерода подразделяются на стали (с содержанием углерода до 2%) и чугуны  $C > 2\%$ .

Сталь – основной конструкционный материал, применяемый в строительстве. По химическому составу стали подразделяются на углеродистые и легированные. Углеродистые стали содержат железо, углерод и примеси (марганец, кремний, серу, фосфор), которые называют нормальными при содержании их в пределах нормы. Легированные стали – кроме железа, углерода и нормальных примесей, содержат специально вводимые для изменения свойств стали легирующие добавки (никель, хром, титан, вольфрам и др.).

Свойства металлов, применяемых в строительстве, определяются в основном механическими и технологическими характеристиками. К механическим свойствам относятся прочность, относительное удлинение, твердость, ударная вязкость; к технологическим – жидкотекучесть, свариваемость, ковкость, электропроводность и др.

Прочность – способность тела сопротивляться деформации и разрушению под действием внешних нагрузок.

Прочность характеризуется пределом текучести и временным сопротивлением (пределом прочности). Различают физический и условный пределы текучести. Физический предел текучести – минимальное напряжение, при котором пластическая деформация протекает при постоянной нагрузке. При деформации большинства технических металлов и сплавов не наблюдается площадки текучести, для них определяют условный предел текучести – напряжение, вызывающее остаточную деформацию 0,2% (или другую заданную) от начальной (расчетной) длины или другого размера образца.

Предел прочности – напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, выдерживаемой образцом до разрушения.

Относительное удлинение характеризует пластичность металла и определяется как отношение приращения расчетной длины образца к его исходной длине

Под твердостью понимают способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела.

### Атомно-кристаллическое строение металлов

Металлы, в том числе металлические сплавы, являются кристаллическими телами, в которых атомы (ионы) располагаются закономерно, образуя кристаллические решетки. Природа сил, обуславливающих образование кристалла, имеет электростатический характер, но проявляется в кристаллах по-разному. Различают следующие основные типы связей в кристаллах: полярную, ионную, ковалентную, металлическую.

Наиболее общий вид связи – полярная – возникает между любыми частицами (ионами, атомами, молекулами). Она обусловлена силами Ван-дер-Ваальса, которые играют самостоятельную роль только в отсутствие других сил связи. Силы притяжения возникают между атомами за счет их поляризации при сближении.

Ионная - характерна для элементов, склонных отдавать или принимать электроны. Так, щелочные металлы, имеющие на внешней орбите всего по одному слабо связанному с ядром валентному электрону, легко отдают его. Атомы галогенов, наоборот, охотно приобретают дополнительный электрон поэтому в паре галоид – щелочной металл образуются отрицательно и положительно заряженные ионы, между которыми возникают электростатические силы притяжения.

Ковалентная связь устанавливается при заполнении внешних электронных оболочек путем объединения электронов соседними атомами. При сильном сближении атомов степень перекрытия электронных оболочек и частота обмена электронов местами увеличиваются настолько, что перестает существовать система из двух самостоятельных атомов, так как валентные электроны образуют пару, находящуюся на общей для них орбите. Электронное облако как бы стягивает ядра, стремясь максимально приблизить их друг к другу. Прочность ковалентной связи колеблется в широких пределах – от очень высокой в алмазе до очень слабой в висмуте.

Металлическая связь образуется следующим образом. На внешних оболочках атомов металлов находится меньше четырех валентных электронов, слабо связанных с атомным ядром. Поэтому при близком расположении атомов валентные электроны легко обобществляются, теряя связь с отдельными атомами. Последние превращаются в положительно заряженные ионы, а валентные электроны образуют общую энергетическую зону, внутри которой они могут свободно перемещаться от иона к иону, не принадлежа ни отдельному атому, ни какой либо малой группе их.

Таким образом, металлический кристалл представляет собой каркас из положительно заряженных ионов, между которыми перемещаются валентные электроны. Силы связи возникают так: свободные электроны как бы экранируют ионы друг от друга, предотвращая их взаимное отталкивание, а сами за счет сил электростатического взаимодействия стягивают их.

В металлах наиболее распространены следующие кристаллические решетки: объемноцентрированная кубическая (ОЦК), гранецентрированная кубическая (ГЦК) и гексагональная плотноупакованная (ГПУ). В элементарной (ОЦК) решетке находится девять атомов (восемь в вершинах куба и один в центре), такую решетку имеют: железо при температуре до 910° С и выше 1390° С, хром, вольфрам, ванадий и др. В кубической гранецентрированной решетке 14 атомов (восемь в вершинах куба и по одному в центре каждой грани). Такую решетку имеют: железо при температуре 910 – 1390°С, медь, никель, алюминий и др. В гексагональной решетке, имеющей форму шестигранной призмы, 17 атомов (12 в вершинах, два в центре оснований и три внутри призмы). Данная решетка имеется у магния, цинка и других металлов. Атомы в решетке находятся на определенных расстояниях один от другого. Расстояние между центрами двух соседних атомов, называется периодом решетки и измеряется в нанометрах. Кроме периода решетки, кристаллы характеризуются координационным числом (К), которое показывает, сколько ближайших равноудаленных соседних атомов окружает каждый атом в кристалле.

### **Кристаллизация металлов**

Процесс перехода из жидкого состояния в твердое называется первичной кристаллизацией. Кроме первичной кристаллизации, возможна и вторичная - изменение кристаллического строения металлов в твердом состоянии. Кристаллизация состоит в следующем. В жидком металле атомы непрерывно движутся. По мере понижения температуры движение замедляется, атомы сближаются и группируются в кристаллы. Эта первичная группа кристаллов получила название центров кристаллизации. Далее к этим центрам присоединяются вновь образующиеся кристаллы. Одновременно продолжается образование новых центров. Таким образом, кристаллизация состоит из двух стадий: образования центров кристаллизации и роста кристаллов вокруг этих центров. При охлаждении расплава металла с началом его кристаллизации падение температуры прекращается, на кривой охлаждения образуется горизонтальный участок. Это объясняется тем, что группировка атомов идет с выделением теплоты. По окончании затвер-

девания температура снова понижается. Форма кристаллов зависит от реальных условий кристаллизации – скорости и направления отвода тепла, наличия нерастворившихся частиц. Скорость роста кристаллов больше в направлении отвода тепла, поэтому кристалл растет неравномерно по дендритной (древовидной) схеме: сначала вырастают оси первого, затем второго ит.д. Рост дендритов заканчивается при соприкосновении их друг с другом. Получившиеся при этом сросшиеся кристаллы называются зернами или кристаллитами.

Металлы обладают свойствами полиморфизмом или аллотропией, т.е. способностью одного и того же химического элемента при различной температуре иметь разную кристаллическую структуру. Каждый вид решетки такого вещества называется модификацией, а перестройка одного типа решетки в другой – полиморфным превращением. Аллотропические превращения сопровождаются выделением или поглощением теплоты. Чистый металл переходит из одной полиморфной модификации в другую при постоянной температуре, называемой температурой полиморфного (аллотропического) превращения или критической точкой, что соответствует горизонтальной линии на термической кривой. Полиморфное превращение является кристаллизационным процессом с возникновением зародышей иной модификации и их ростом. Образующиеся новые зерна имеют другую форму и размеры по сравнению с исходными. При полиморфных превращениях скачкообразно изменяются свойства металлов.

### Металлические сплавы

Металлический сплав представляет собой кристаллическое тело, обладающее металлическими свойствами и полученное при взаимодействии двух и более компонентов. В качестве компонентов используются чаще всего другие металлы, а также неметаллы (углерод) и устойчивые химические соединения.

В процессе кристаллизации атомы сплавляемых компонентов располагаются в кристаллической решетке таким образом, чтобы свободная энергия сплава была минимальной.

В зависимости от физико-химического взаимодействия между элементами сплава образуют механические смеси, твердые растворы и химические соединения. Механические смеси образуются путем срастания кристаллов между собой при отдельной кристаллизации компонентов. В механической смеси каждый из компонентов сохраняет свои специфические свойства. Структура сплава в этом случае будет состоять из кристаллов веществ А и Б, связь между которыми осуществляется по границам зерен. Значение свойств сплава будет средними между свойствами элементов, которые его образуют.

Обычно механические смеси образуют металлы, имеющие различные типы кристаллических решеток, а при изоморфности – большую разность (от 0,59 до 0,85) атомных диаметров или температур плавления.

Твердые растворы образуются в результате проникновения в кристаллическую решетку основного металла атомов другого металла или неметалла. В зависимости от характера размещения атомов различают твердые растворы замещения и внедрения. При образовании твердого раствора замещения атомы одного из компонентов, например Б, частично замещают атомы компонента А в узлах его кристаллической решетки. Твердый раствор внедрения образуется, когда атомы одного из компонентов размещаются в междуузлиях кристаллической решетки другого. Твердые растворы замещения могут образоваться при совместной кристаллизации металлов, а твердые растворы внедрения – при совместной кристаллизации металла с неметаллом.

В растворе внедрения атомы растворимого элемента внедряются между атомами металла, искажая его решетку. К таким элементам относятся – углерод, водород, азот, бор и другие, концентрация которых в твердом растворе может составлять 1 – 2%.

Химические соединения. При сплавлении элементов, далеко отстоящих друг от друга в таблице Менделеева, т.е. сильно отличающихся по своему строению и свойствам, образуются химические соединения при этом атомы располагаются в строгом порядке. Они либо не обладают металлическим типом связи – неметаллические включения (оксиды), либо в той или

иной степени имеют металлические свойства (карбиды, нитриды и др.). Химические соединения имеют строго определенное соотношение атомов элементов, выражаемое формулой  $A_m B_n$ , новую упаковку и постоянную температуру плавления. Свойства соединений резко отличаются от свойств элементов.

Строение сплава определяет его свойства, поэтому важно знать, как это строение будет меняться при изменении температуры и состава сплава. Зависимость между строением сплава, его составом и температурой описывается при помощи диаграмм состояния.

Диаграммы состояния строятся экспериментально по критическим точкам на основании данных термического и других анализов. Для этого готовят ряд сплавов с различной концентрацией одного из компонентов. Эти сплавы нагревают до расплавления, а затем равномерно охлаждают и отмечают температуру сплава. На основании полученных данных строят кривую охлаждения каждого сплава в координатах температура – время. Полученные на кривых охлаждения характерные (критические) точки переносят в координаты температура – состав сплава. По диаграмме состояния конкретного сплава можно определить температуру кристаллизации и превращений в твердом состоянии, структуру при заданной температуре, что позволяет примерно оценить механические, физические и химические свойства сплава и правильно назначить режимы термической обработки.

Диаграмма состояния железо – углерод.

Основными структурами, составляющими диаграмму железоуглеродистых сплавов, являются следующие:

Феррит – твердый раствор углерода в  $\alpha$ -Fe. Предельное содержание углерода при  $723^\circ\text{C} = 0,02\%$ , при  $20^\circ\text{C} = 0,006\%$ . Феррит по свойствам близок к чистому железу, он мягок, его твердость  $HV = 60 - 80$ , пластичен.

Аустенит – твердый раствор углерода в  $\gamma$ -Fe. Устойчив только при высокой температуре, а с примесями Mn, Cr при обычных, даже низких температурах. Твердость аустенита  $HV = 170 - 220$ .

Цементит – карбид железа ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) – химическое соединение, содержащее 6,67% углерода. Является составной частью эвтектической смеси, а также самостоятельной структурной составляющей. Способен образовывать твердые растворы путем замещения атомами других металлов, неустойчив, распадается при термической обработке. Цементит очень твердый  $HV = 800$ , хрупок. Считается, что в цементите наблюдается слоистая структура, причем в слоях атомы имеют ковалентную связь, а между слоями – металлическую. На диаграмме цементит по условиям образования подразделяется на первичный (большие светлые пластины), образующийся при кристаллизации, вторичный и третичный, выделяющиеся при понижении температуры из аустенита и феррита.

Перлит – механическая смесь феррита с цементитом, может иметь пластинчатое или зернистое строение с различной степенью дисперсности (раздробленности) фаз. В зависимости от степени дисперсности и формы цементита (пластины или зерна) свойства перлита меняются в широких пределах:  $HV = 160 - 220$

Ледебурит – механическая смесь аустенита с цементитом при температуре выше  $727^\circ\text{C}$  и перлита с цементитом при температуре ниже  $727^\circ\text{C}$ . Ледебурит очень тверд  $HV = 700$ , хрупок.

### **Основные виды металлов применяемых в строительстве**

#### **Углеродистые конструкционные стали.**

Большая часть выплавляемых конструкционных сталей – углеродистые. Их отличает хорошие технологические свойства, экономичность, недефицитность.

Углеродистые стали имеют сложный химический состав. Кроме основных компонентов – железа и углерода – они содержат примеси никеля, хрома, серы фосфора, кислорода, азота и других элементов. Углерод и примеси оказывают непосредственное влияние на структуру и свойства стали.

**Влияние углерода.** После медленного охлаждения сталь при обычной температуре состоит из двух фаз – феррита и цементита, причем количество феррита уменьшается, а количество цементита повышается пропорционально содержанию углерода. Присутствие этих фаз влияет на твердость стали, так как твердость цементита по Бриннелю составляет ( $HВ = 800 - 850$ ), а феррита ( $HВ = 80 - 90$ ). Твердые частицы цементита затрудняют движения дислокаций и тем препятствуют деформациям, понижая пластичность и вязкость стали. С увеличением содержания углерода в стали повышается ее твердость, предел прочности и текучести, уменьшается пластичность и ударная вязкость, понижается плотность, теплопроводность и магнитная проницаемость, но возрастает ее электросопротивление.

**Влияние серы.** Сера попадает в сталь из руд и печных газов. Она является вредной примесью. Сера образует с железом сульфид железа  $FeS$  с появлением легкоплавкой и хрупкой эвтектики (эвтектической смеси  $Fe + FeS$ ). Эвтектика придает стали хрупкость при нагревании ее до  $800^{\circ}C$

и выше, т.е. до температуры красного каления. Такое явление называется красноломкостью.

Сталь, содержащая повышенное количество серы, не поддается горячей обработке давлением вследствие красноломкости. При обработке стали прокатом или ковкой с нагреванием до  $1000 - 1200^{\circ}C$  эвтектика расплавляется, вследствие чего нарушается связь между зернами стали. Возникают трещины и надрывы в местах расположения эвтектик. Сернистые включения значительно понижают механические свойства стали, ухудшают ее коррозионную стойкость и свариваемость, хотя облегчается обработка стали резанием.

**Влияние фосфора.** Фосфор содержится в железной руде и является вредной примесью в стали. Он растворяется в феррите, искажая его кристаллические решетки, вследствие чего резко повышает температуру перехода стали в хрупкое состояние, т.е. вызывает так называемую хладноломкость стали. Фосфор повышает прочность, но уменьшает пластичность и вязкость стали. Он неоднородно распределяется в стальном слитке, вследствие чего некоторые средние участки стального слитка содержат повышенное количество фосфора, обладают значительно пониженной вязкостью.

Углеродистые стали производят обыкновенного качества и качественные. В зависимости от способа и степени раскисления стали подразделяются на кипящие (кп), спокойные (сп) и полуспокойные (пс).

**Кипящая сталь** Если расплавленная сталь не раскислена, то при остывании происходит реакции между растворенными в ней углеродом и кислородом с образованием газа. Образующиеся пузырьки газа выделяются из слитка и ее поверхность бурлит. Эта сталь называется кипящей. В ней очень мало кремния, и она раскисляется только марганцем, а в слитке – много газовых пузырей, поэтому в ней отсутствуют усадочные раковины. Эта сталь обладает высокой пластичностью (неокисленные газовые пузыри в них завариваются при прокатки), более дешевые. Эти стали хуже свариваются, проявляют большую склонность к старению и хладноломкости по сравнению с лучшими раскисленными сталями.

**Спокойная сталь.** Сталь, содержащая кислород в растворенном состоянии или в виде оксида железа  $FeO$ , является красноломкой и поэтому ее нельзя обрабатывать давлением. Для уменьшения содержания кислорода в стали ее раскисляют полностью марганцем, кремнием и др. Раскисление состоит в том, что марганец и кремний соединяется с кислородом закиси железа, образует оксиды  $MnO$ ,  $SiO_2$  основная часть которых, выделяясь из стали, переходит в шлак. В результате раскисления улучшаются свойства, в частности повышается прочность, плотность горячекатаных стальных изделий. Сталь остывает в изложнице с уменьшением объема, почти не выделяет газов, вследствие чего ведет себя спокойно. Слиток из спокойной стали имеет в верхней части усадочную раковину и рыхлость эту дефектную часть отрубают или отрезают.

**Полуспокойная сталь.** При раскислении стали иногда часть растворенного кислорода остается в ней, вследствие чего происходит непродолжительное кипение стали. Такую сталь называют полуспокойной. Она занимает по качеству промежуточное положение между кипящей и спокойной.

### **Легированные конструкционные стали**

Легированной называется сталь, в которой, кроме обычных примесей, содержатся специально вводимые легирующие элементы (хром, никель, молибден, вольфрам, алюминий, титан и др.). Легированная сталь в зависимости от содержания легирующих элементов делится на низколегированную с содержанием легирующих элементов в сумме не более – 3%), легированную 2,5 – 10% и высоколегированную свыше 10%.

Легирующие элементы оказывают разностороннее влияние на свойства стали. Хром повышает твердость, уменьшает ржавление; никель повышает прочность и пластичность, коррозионную стойкость; ванадий повышает плотность, прочность, сопротивление удару, истиранию; кобальт повышает жаропрочность; ниобий повышает кислотостойкость. Легирование стабилизирует аустенит, уменьшая критическую скорость закалки, повышая прокаливаемость. Легирующие элементы в стали могут находиться в свободном состоянии, в виде твердых растворов замещения в феррите, аустените и цементите, самостоятельных специальных карбидов. Более всего легирующие элементы образуют твердые растворы и карбиды.

Маркируются стали так. Если впереди марки стоят две цифры, они указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Одна цифра в начале марки означает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если в начале марки нет цифры, то количество углерода составляет 1%. Цифры, следующими за буквами, показывают среднее содержание данного элемента в процентах. Если за буквой отсутствует цифра, то содержание данного элемента около 1%. Буква А в конце марки обозначает высококачественную сталь. В маркировке приняты следующие буквенные обозначения легирующих элементов: Х – хром, Н – никель, А – азот, В – вольфрам, Е – селен, Г – марганец, Д – медь, Б – ниобий, Р – бор, П – фосфор, Ю – алюминий, М – молибден, К – кобальт, Ц – цирконий, Ф – ванадий, С – кремнезем, Т – титан.

Например, 12Х2Н4А – легированная сталь, высококачественная, с содержанием углерода 0,12%, хрома 2%, никеля 4%; Г13 – легированная сталь с содержанием углерода 1%, марганца 13%.

### **Низколегированные строительные стали**

Они содержат <0,22% С и до 2,5 % в основном недефицитных легирующих элементов марганца, хрома, азота и др. Низколегированная сталь при большей, чем у углеродистых, прочности имеют высокую пластичность, хорошо свариваются, не образуя холодных и горячих сварочных трещин, обладают меньшей чувствительностью к старению и хладноломкости, коррозии.

Их применяют для изготовления строительных конструкций (ферм, мостов) арматуры ж/бетонных конструкций.

### **Термическая обработка стали**

Целью термической обработки стали является изменение ее структуры и свойств. При термической обработке сталь нагревают обычно до температур, при которых образуется аустенит, и охлаждают. При этом происходит фазовые превращения, переход менее устойчивой структуры, полученной предшествующей обработкой, в более устойчивую и равновесную.

Большое влияния на структуру стали оказывает скорость его охлаждения. При медленном охлаждении аустенит полностью превращается в перлит и получается равновесная структура стали (феррит + перлит, перлит и перлит + цементит). При быстром охлаждении образуется среднезернистая смесь цементита с ферритом, получившая название сорбит. Сорбит – имеет хорошее сочетание твердости (НВ – 230...320), прочности, пластичности, ударной вязкости. При более быстром охлаждении стали зерна получают еще более мелкими, в результате образуется высокодисперсная смесь цементита с ферритом, получившая название троостит. Троостит – высокотвердая составляющая (НВ - 330...430), с высоким пределом упругости, достаточно прочная и вязкая.

При резком охлаждении стали происходит перестройка кристаллической решетки  $\gamma$ -Fe в  $\alpha$ -Fe, однако атомы углерода не успевают выделиться из образовавшейся решетки. Получается пересыщенный раствор углерода в  $\alpha$ -Fe с искаженной (тетрагональной) кристаллической решеткой, называемой мартенситом; он является наиболее неустойчивой и в то же время наиболее твердой и хрупкой структурой стали. При нагреве мартенситовая структура переходит в более устойчивые структуры: троостит, сорбит и перлит.

При изотермическом распаде аустенита, переохлажденного до  $700^{\circ}\text{C}$ , получается перлит; соответственно при  $600 - 650^{\circ}\text{C}$  – сорбит; при  $450 - 600^{\circ}\text{C}$  – троостит. При температуре ниже  $230^{\circ}\text{C}$  часть аустенита мгновенно превращается в мартенсит, другая часть сохраняет структуру аустенита. Чем ниже температура переохлаждения, тем больше образуется мартенсита.

В зависимости от требований к стальным полуфабрикатам и изделиям применяют следующие основные виды термической обработки: отжиг, нормализацию, закалку отпуск.

Отжиг стали производится в тех случаях, когда необходимо уменьшить твердость, повысить пластичность и вязкость, ликвидировать последствия перегрева, получить равновесное состояние, улучшить обрабатываемость при резании. Полный отжиг стали производится путем нагрева ее до температуры выше верхних критических точек на  $30 - 50^{\circ}\text{C}$ , выдержки при такой температуре до

полного прогрева слитка с последующим очень медленным охлаждением (вместе с охлаждаемой печью, под слоем песка, золы, шлака). При этом в стали протекают фазовые превращения – перекристаллизация, в результате которых ее структура практически становится близкой к равновесной в соответствии с

диаграммой состояния железоуглеродистых сплавов. При фазовой перекристаллизации происходит измельчения зерна, снимаются внутренние напряжения, уменьшается структурная неоднородность, что и обуславливает повышение пластичности и вязкости. После отжига сталь имеет низкие прочность и твердость, что облегчает обработку резанием среднеуглеродистой высокоуглеродистой стали. При неполном отжиге нагрев стали производится до температуры выше нижних критических точек на  $30 - 50^{\circ}\text{C}$  с выдержкой при этих температурах и последующем медленном охлаждении. При неполном отжиге происходит только частичная перекристаллизация.

Нормализация применяется в тех случаях, когда необходимо получить мелкозернистую однородную структуру с более высокой твердостью и прочностью, но с несколько меньшей пластичностью, чем после отжига. При нормализации производят нагрев стали до температуры на  $30 - 50^{\circ}\text{C}$  выше верхних критических точек с выдержкой и затем охлаждение на воздухе. В результате нормализации стали с содержанием углерода менее  $0,3\%$  приобретают ферритоперлитовую структуру, стали с содержанием углерода  $0,3 - 0,7\%$  а также низколегированные – сорбитовую. Нормализация экономнее отжига, так как сталь охлаждается за пределами печи.

Закалка стали – процесс нагрева металла выше критических точек на  $30 - 50^{\circ}\text{C}$  с выдерживанием при этих температурах до полного прогрева слитка и последующим очень быстрым его охлаждением. При этом из аустенита образуется мартенсит. При закалке доэвтектоидные стали нагревают до температуры на  $30 - 50^{\circ}\text{C}$  выше верхних критических точек, а заэвтектоидные – на  $30 - 50^{\circ}\text{C}$  выше нижних критических точек, выдерживают при этих температурах для завершения фазовых превращений и с большой (выше критической) скоростью охлаждают до низких температур, когда невозможны диффузионные процессы. Углеродистые стали охлаждают в воде, а легированные – в минеральном масле или других средах.

В результате закалки значительно повышается твердость стали. Закалка является промежуточной, не окончательной термической операцией. После закалки сталь подвергают отпуску для уменьшения внутренних напряжений и хрупкости, возникших в результате закалки и для придания стали необходимых механических свойств. Применяют следующие способы закалки: непрерывную, прерывистую и ступенчатую.

Непрерывная закалка – с полным охлаждением в одной охладителе (в воде или масле) – самая простая и применяется наиболее широко. Ее применяют для простых изделий из углеродистых и легированных сталей.

Прерывистая закалка или закалка в двух средах: изделие быстро охлаждают в воде до температуры несколько выше температуры начала мартенситного превращения, затем деталь переносят в среду с меньшей скоростью охлаждения. При охлаждении во второй среде в стали уменьшаются внутренние напряжения. Этим способом закаляют инструменты из высокоуглеродистой стали.

Ступенчатая закалка. Стальные изделия охлаждают в среде расплавленных солей и щелочей, температура которых обычно составляет 180 – 250° С, выдерживают в ней в течение времени, необходимого для приобретения деталью температуры закалочной среды, а затем либо окончательно охлаждают на воздухе до комнатной температуры, либо изделие вынимают и, используя высокую пластичность стали, производят рихтовку, правку, гибку и прочие операции.

Отпуск стали. Отпуском называют температурную обработку, состоящую из нагрева закаленной стали ниже температуры равновесного фазового превращения, выдержке при этой температуре и охлаждении на воздухе или в воде с целью получения более устойчивого состояния структуры стали.

Различают низко-, средне- и высокотемпературный отпуск.

Низкий отпуск (нагрев и выдержка при температурах 150 – 250° С в течение 1...3 ч) применяется для закаленных и химикотермически обработанных углеродистых и легированных сталей, от которых требуется высокая твердость износостойкость и стабильность размеров (измерительный инструмент, детали работающие на истирание).

Средний отпуск (350 – 450° С) дает зернистую трооститную структуру, обладающую высокой твердостью, очень высокой упругостью и достаточной прочностью. Такой отпуск применяют для массивных пружин и рессор, а также для штампов.

Высокий отпуск (500 – 680° С) практически полностью снимает внутренние напряжения, дает зернистую сорбитную структуру, обладающую наиболее благоприятным сочетанием пластических и прочностных свойств. При этом резко повышается ударная вязкость стали. прокатных станов, кузнечно-прессовое оборудование, корпуса турбин, коленчатые валы и многие другие ответственные детали

### **Защита металлов от коррозии**

Защиту металлов от коррозии следует начинать правильным подбором химического состава и структуры. На практике для защиты металла от коррозии применяют легирование и защитные покрытия.

Легирующие элементы образуют с основным металлом сплавы, твердые растворы, которые повышают коррозиестойкость металла.

Для защиты металла от коррозии на его поверхности создают также пленки. Эти пленки могут быть металлическими, оксидными, лакокрасочными. Металлические пленки представляют собой механическую защиту (катодное покрытие) или электрохимическую (анодное покрытие).

Катодное покрытие – это покрытие металлом, который более электроположителен, чем основой. Например, железо способом лужения покрывают оловом. Разрушение основного металла может произойти только в том случае, если на покрытии образуется трещина или отверстие, и пленка уже не будет механически защищать металл.

Анодное покрытие – это покрытие более электроотрицательным металлом, чем основной. В соответствующих условиях будет разрушаться покрывающий металл. В случае повреждения электрохимическое растворение металла покрытия препятствует коррозии основного металла. Примерами этого вида защиты стали являются цинкование и хромирование.

При оксидировании естественную оксидную пленку, всегда имеющуюся на металле, делают более прочной путем ее обработки сильным окислителем, например, водным раствором NaOH + NaNO<sub>3</sub> при 120 – 140° С в течение 40 – 60 мин.

Лакокрасочные покрытия основаны на механической защите металла пленкой из различных красок и лаков.

При временной защите металлических изделий от коррозии (транспортировании, складировании) используют для покрытия металла невысыхающие масла (технический вазелин, лак этиноль), а также ингибиторы – вещества, замедляющие протекание коррозии (нитрат натрия).

### Контрольные вопросы

1. Свойства металлов применяемых в строительстве и их определения. 2. Что такое твердость металла? Методы определения твердости металла по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу. 3. Атомно-кристаллическое строение металлов (ионная, ковалентная и металлическая связи, ОЦК, ГЦК, ГПУ, первичная и вторичная кристаллизация, аллотропия). 4. Строение железоуглеродистых сплавов (механические смеси, твердые растворы, химические соединения). 5. Диаграмма состояния железо-углерод (феррит, цементит, аустенит, перлит, ледебурит, линия ликвидуса, линия солидуса). 6. Углеродистые стали обыкновенного качества. Применение этих сталей в строительстве. 7. Легированные стали. Основные легирующие элементы и их влияния на свойства сталей. 8. Термическая обработка стали (сорбит, троостит, мартенсит, отжиг, нормализация, закалка, отпуск). 9. Защита металла от коррозии.

### 7. Асфальтовые бетоны и растворы

Асфальтобетоном называют искусственный строительный материал, получаемый в результате уплотнения и затвердевания рационально подобранной и тщательно перемешанной асфальтобетонной массы, состоящей из смеси минеральных материалов (щебня, песка, минерального порошка) с битумом.

Асфальтовый раствор, или песчаный асфальт, является разновидностью асфальтового бетона без щебня.

Асфальтовый бетон классифицируется по разным признакам.

По производственному назначению различают асфальтобетоны дорожные, аэродромные, гидротехнические, промышленного назначения.

В зависимости от вида крупного заполнителя асфальтобетоны разделяют на щебеночные, состоящие из щебня, песка, минерального порошка и битума; гравийные, в состав которых входят гравий, песок, минеральный порошок и битум; песчаные в которых отсутствует крупный заполнитель.

По вязкости применяемого битума и по температуре укладки асфальтобетонной массы в конструктивный слой они подразделяются на горячие, теплые, холодные.

По наибольшему размеру зерен крупного заполнителя разделяются на крупно- зернистые – наибольший размер зерен до 40 мм; мелкозернистые – до 20 мм; песчаные – до 5 мм. Кроме того в зависимости от использования их в дорожной конструкции разделяют на плотные – для верхних слоев покрытия дорог с остаточной пористостью от 2 до 7%; пористые – для нижнего слоя и оснований дорожных покрытий, с остаточной пористостью от 7 до 12%.

Материалы для асфальтового бетона

Щебень применяют из изверженных и метаморфических горных пород с пределом прочности при сжатии не менее 100 – 120 МПа или пород осадочного происхождения. Щебень или гравий должны быть чистыми, разделенными по фракциям 20 ...40, 10 ...20, 5 ...10 мм с морозостойкостью не менее Мрз25.

Песок природного происхождения или полученный в результате дробления горных пород. Природные пески должны быть чистыми с модулем крупности более 2,0 и содержанием пылевато-глинистых частиц не более 3%.

Минеральный порошок изготавливают путем измельчения известняков и доломитов, а также основных доменных шлаков.

Битум обычно применяют нефтяной дорожный вязкий разных марок (БНД – 200/300 до БНД – 40/60) или жидкие битумы.

#### Свойства

Технические свойства асфальтобетона значительно изменяются в зависимости от температуры. При обычной температуре он имеет упругопластичные свойства, при повышенных – вязкопластичные, а при пониженных температурах становится хрупким.

Для асфальтобетона большое значение имеют прочностные свойства, т. е. способность при разных температурах сопротивляться внутренним напряжениям без нарушения структуры. В соответствии с ГОСТом предел прочности при сжатии должен быть не менее 2,5 МПа при 20° С, а при 50° С – 0,9 МПа.

Износостойкость характеризуется потерей в массе асфальтобетона с 1 см<sup>2</sup> поверхности истирания и определяют по разнице масс образца до и после истирания.

Водостойкость зависит главным образом от минерального состава компонентов. Она характеризуется величиной набухания и специальным коэффициентом водостойкости. Этот коэффициент определяют как отношение пределов прочности образца асфальтобетона, испытанного при сжатии в водонасыщенном и такого же образца в сухом состоянии при 20° С. Он должен находиться в пределах 0,6 – 0,9.

### Контрольные вопросы

1. Асфальтовые бетоны и растворы. Классификация. 2. Сырьевые материалы для асфальтового бетона. 3. Что такое горячий асфальтовый бетон и как его изготавливают. 4. Назовите основные свойства дорожного асфальтобетона. 5. От каких факторов зависит прочность и деформативность асфальтового бетона?

### ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Общие технические свойства строительных материалов.
2. Испытание строительного гипса.
3. Испытание воздушной извести.
4. Испытание портландцемента.
5. Испытание органических вяжущих веществ (битумов).
6. Строительные растворы
7. Проектирование состава тяжелого бетона.

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

#### ВАРИАНТ 1

#### Задачи

1. Масса образца камня в сухом состоянии 50 г. Определите массу образца после насыщения его водой, а также истинную плотность твердого вещества камня, если известно, что водонасыщение по объему равно 18%, пористость камня - 25%, средняя плотность - 1800 кг/м<sup>3</sup>.

2. Сколько получится известкового теста, содержащего 50% воды, из 2 т известки-киселки, имеющей активность 85% ?

#### Вопросы и задания

1. Как меняются свойства строительных материалов под воздействием атмосферных факторов?

2. Какие материалы называют огнеупорными? Область применения огнеупорных материалов.

3. Какие добавки вводятся в глины при изготовлении керамических изделий и каково их назначение?
4. Чем отличаются способы производства глиняного кирпича (пластическое формование и полусухое прессование) ?
5. Что такое глиноземистый цемент? Каков его химический состав? Какие химические реакции протекают при твердении цемента?

## ВАРИАНТ 2

### Задачи

1. Определите пористость горной породы, если известно, что ее водопоглощение по объему в 1,7 раза больше водопоглощения по массе, а истинная плотность твердого вещества равна  $2,6 \text{ г/см}^3$ .
2. Вычислите, сколько получится строительного гипса после термической обработки 10 т гипсового камня. Содержание примесей в гипсовом камне – 8% , а естественная влажность – 5%.

### . Вопросы и задания

1. Охарактеризуйте технические свойства горных пород осадочного происхождения, применяемых в строительстве.
2. Перечислите разновидности керамического кирпича, укажите основные требования к сырью для его производства.
3. В чем заключается сущность процесса твердения гипса ?
4. В каком виде и для каких целей применяют воздушную известь ?
5. Какое сырье применяют для производства портландцемента и по каким схемам технологического процесса получают этот материал?

## ВАРИАНТ 3

### Задачи

1. Камневидный материал в виде образца кубической формы, длина ребра которого равна 6,5 см, в воздушно-сухом состоянии имеет массу 520 г. Определите коэффициент теплопроводности и возможное название материала.
2. Рассчитайте, сколько получится негашеной и гидратной извести из 20 т известняка. Содержание в известняке  $\text{CaCO}_3$  – 85% по массе, а естественная влажность – 8%.

### Вопросы и задания

1. Как изменяются свойства строительных материалов по мере их увлажнения ? Приведите примеры.
2. Как образовались глины в природе и каковы их основные минеральные компоненты ?
3. Что представляет собой высокопрочный гипс ?
4. Как происходит твердение известковых строительных растворов ?
5. Что такое шлакопортландцемент ? Какие химические реакции протекают при твердении цемента ?

## ВАРИАНТ 4

### Задачи

1. Масса образца камня в сухом состоянии - 76 г. После насыщения образца водой его масса увеличилась до 79 г. Определите среднюю плотность и пористость камня, если его водопоглощение по объему составляет 8,2%, а истинная плотность твердого вещества равна  $2,68 \text{ г/см}^3$ .
2. Определите выход сухой извести-кипелки из 20 т известняка, содержащего 8% глинистых примесей. Естественная влажность известняка - 5%.

### Вопросы и задания

1. Что такое пуццолановый портландцемент? Его свойства и области применения.
2. В каком виде и для каких целей применяют известь в строительстве?
3. Что служит сырьем для портландцемента и какова технология его производства?
4. Асбестоцементные материалы и изделия и их применение в строительстве.
5. Теплоизоляционные материалы на основе полимеров. Принципы их производства, свойства и применение.

### ВАРИАНТ 5

#### Задачи

1. Масса образца камня в сухом состоянии - 250 г. При погружении образца в градуированный цилиндр с водой уровень воды поднялся на 100 см<sup>3</sup>. После того как образец был вынут из воды, вытерт и снова погружен в цилиндр, он вытеснил уже 125 см<sup>3</sup> воды. Затем образец был снова высушен и измельчен для измерения абсолютного объема, который оказался равным 90 см<sup>3</sup>. Вычислите среднюю и истинную плотность камня в сухом состоянии, водопоглощение по массе и объему, пористость камня.
2. Определите расход по массе и объему глины, необходимой для изготовления 1000 шт. красного обыкновенного кирпича, при следующих данных: средняя плотность кирпича - 1750 кг/м<sup>3</sup>; средняя плотность глины - 1650 кг/м<sup>3</sup>; влажность глины - 13%. При обжиге сырца в печи потери при прокаливании составляют 8,5% от массы сухой глины.

### Вопросы и задания

1. Впишите в таблицу названия главнейших изверженных (глубинных) пород, укажите их среднюю плотность, предел прочности при сжатии, минералогический состав и область применения в строительстве.
2. Как образовались глины, каковы их основные свойства?
3. Что такое гидрофобный цемент, какими свойствами он обладает и где применяется в строительстве?
4. Опишите способ изготовления керамических облицовочных плиток.
5. Как изготавливают ячеистые бетоны с применением алюминиевой пудры и пены? Каковы основные этапы технологии?

### ВАРИАНТ 6

#### Задачи

1. Определите среднюю плотность каменного образца неправильной формы, если на воздухе его масса равна 80 г. Масса образца, покрытого парафином, равна 80,75 г. При взвешивании парафинированного образца в воде масса составила 39 г. Истинную плотность парафина принять равной 0,93 г/см<sup>3</sup>.
2. Определите, сколько получится кирпича из 2,5 м<sup>3</sup> глины, если средняя плотность кирпича - 1700 кг/м<sup>3</sup>, средняя плотность глины - 1600 кг/м<sup>3</sup>, влажность глины - 12%. При обжиге сырца в печи потери его при прокаливании составляют 8% от массы сухой глины.

### Вопросы и задания

1. Приведите химико-минералогический состав портландцемента и опишите основные процессы, протекающие при обжиге исходного сырья.
2. Назовите горные породы, состоящие из карбонатов, сульфатов кальция и магния, используемые для производства минеральных вяжущих веществ.

3. Что такое керамзит, каковы его свойства, для каких целей он применяется в строительстве?
4. Как изменить тепловые свойства глин?
5. Что такое пуццолановый цемент, какими свойствами он обладает и где применяется в строительстве?

### ВАРИАНТ 7

#### Задачи

1. Масса сухого образца известняка составляет 400 г, а после насыщения его водой – 412 г. Средняя плотность известняка -  $2500 \text{ кг/м}^3$ . Определите водопоглощение по массе и объему, а также пористость известняка, если его истинная плотность составляет  $2,65 \text{ г/см}^3$ .
3. Определите коэффициент размягчения, если при испытании образца ( $15 \times 15 \times 15 \text{ см}$ ) в сухом состоянии на сжатие максимальное показание манометра прессы было равно  $38,8 \text{ кН}$ , тогда как при испытании образца в водонасыщенном состоянии показание манометра было  $34,1 \text{ кН}$ .

#### Вопросы и задания

1. Какие технические свойства являются основными характеристиками качества строительных материалов?
2. Какие разновидности облицовочной керамики применяют в строительстве и какие требования предъявляют к исходной глине?
3. Что представляет собой строительное стекло, какие сырьевые материалы применяют для его изготовления?
4. Какие существуют современные представления о соединениях, возникающих при гидратации портландцемента?
5. Отделочные полимерные материалы и изделия. Номенклатура, состав и область применения.

### ВАРИАНТ 8

#### Задачи

1. Во сколько раз пористость камня В отличается от пористости камня А, если известно, что истинная плотность твердого вещества обоих камней практически одинакова и составляет  $2,72 \text{ г/см}^3$ , но средняя плотность камня А на 20% больше, чем камня В, у которого водопоглощение по объему в 1,8 раза больше водопоглощения по массе?
2. Определите количество строительного гипса, полученного из 5 т природного гипсового камня, содержащего 8% примесей и имеющего влажность 5%.

#### Вопросы и задания

1. Что называется коэффициентом теплопроводности и от чего он зависит?
2. К каким типам и к каким группам горных пород относятся гравий, кварцит, доломит, базальт, песок, известняк, мрамор?
3. Виды черепицы. Основные требования, предъявляемые к ним.
4. Опишите характерные свойства специальных портландцементов: гидрофобного, расширяющегося и пластифицированного.
5. Коррозия цементного камня и меры защиты от коррозии.

### ВАРИАНТ 9

### Задачи

1. Масса сухого известняка - 300 г, а после насыщения водой - 308 г. Средняя плотность известняка -  $2450 \text{ кг/м}^3$ . Вычислите водопоглощение по массе и объему.
2. Определите выход известкового теста по массе и объему из 5 т негашеной извести, если она имеет активность (содержание  $\text{CaO}$ ) 75%. Содержание воды в тесте - 50% от общей массы, а средняя плотность известкового теста -  $1400 \text{ кг/м}^3$ .

### Вопросы и задания

1. Перечислите горные породы, состоящие из карбоната и сульфата кальция и магния, применяющиеся в строительстве и производстве строительных материалов.
2. Какой кирпич относится к легковесному, в чем его преимущество перед обыкновенным кирпичом?
3. Что происходит с глинами при их нагревании?
4. Охарактеризуйте сульфатостойкий, дорожный и пуццолановый портландцементы.
5. Рулонные материалы для полов. Состав, свойства и области применения.

## ВАРИАНТ 10

### Задачи

1. Цилиндрический образец горной породы диаметром и высотой 5 см весит в сухом состоянии 245 г. После насыщения водой его масса увеличилась до 249 г. Определите среднюю плотность камня и его водопоглощение по массе и объему.
2. Определите среднюю плотность известкового теста, в котором содержится более 50% воды (по массе), если истинная плотность извести-пушонки равна  $2,08 \text{ г/см}^3$ .

### Вопросы и задания

1. Каково влияние минералогического состава цементного клинкера на величину тепловыделения цементов? В каких случаях применения цементов полезна его высокая экзотермия, а в каких вредна? Приведите примеры.
2. Что такое выветривание горных пород, какие существуют меры для защиты от выветривания камня в конструкциях?
3. Какие добавки и для каких целей вводятся в глину при изготовлении керамических изделий?
4. Какие искусственные пористые заполнители получают из глины? Приведите одну из технологических схем производства.
5. Минеральная вата и минераловатные изделия.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2

### ВАРИАНТ 1

### Задачи

1. Номинальный состав бетона по объему при проектировании оказался  $1 : 2,5 : 3,1$ ;  $\text{В/Ц} = 0,45$ . Определите количество составляющих материалов на  $145 \text{ м}^3$  бетона, если на  $1 \text{ м}^3$  его расходуется 310 кг цемента, а влажность песка и гравия в момент приготовления бетонной смеси была соответственно равна 5,0 и 3,0%. Плотность цемента в насыпном состоянии -  $1,3 \text{ г/см}^3$ .
2. Рассчитать расход материалов по массе и объему (количество извести, воды для гашения, песка сухого и влажного) для изготовления 1000 шт. силикатного кирпича. Средняя плотность силикатного кирпича  $1800 \text{ кг/м}^3$  при влажности его 5%. Содержание  $\text{CaO}$  в сухой смеси

составляет 8,5 % по массе. Активность извести 85 %, песок имеет влажность 6 %, а средняя плотность песка и извести соответственно 1,6 и 1,8 г/см<sup>3</sup>.

### Вопросы и задания

1. Что такое цементный бетон, из каких материалов его изготавливают, от чего зависит его прочность?
2. Отпуск стали. Виды и назначение отпуска стали. Влияние различных видов отпуска закаленной стали на механические свойства.
3. Классификация асфальтовых бетонов. Технология изготовления горячих и холодных асфальтобетонных смесей.
4. Материалы и изделия для деревянных конструкций.

## ВАРИАНТ 2

### Задачи

1. Определите коэффициент выхода и среднюю плотность бетонной смеси, если для получения 500 м<sup>3</sup> бетонной смеси было израсходовано 165 т цемента, 275 м<sup>3</sup> песка, 525 м<sup>3</sup> щебня с насыпной плотностью соответственно 1,3; 1,5 и 1,6 г/см<sup>3</sup>; В/Ц = 0,44.
2. Масса образца стандартных размеров, вырезанного из древесины (дуба), равна 8,25 г; при сжатии вдоль волокон его предел прочности оказался равным 37,1 МПа. Найти влажность, среднюю плотность и предел прочности дуба при влажности 12%, если масса высушенного такого же образца составляет 7,5 г.

### Вопросы и задания

1. Что такое коррозия бетона, какие работы проведены учеными в области защиты бетона от коррозии?
2. Какие из цветных металлов имеют наибольшее применение в строительстве и каковы их свойства?
3. Что такое горячий асфальтовый бетон? Состав, технология производства, свойства и область применения.
4. Формы связи воды в древесине, равновесная влажность, влияние влажности на свойства древесины

## ВАРИАНТ 3

### задачи

1. Определите пористость цементного бетона состава 1 : 1,9 : 4,5 (по массе) при В/Ц = 0,65, если химически связанная вода составляет 15% от массы цемента. Средняя плотность бетона - 2450 кг/м<sup>3</sup>, истинная плотность цемента - 3,1 г/см<sup>3</sup>, песка - 2,6 г/см<sup>3</sup>, а щебня - 2,8 г/см<sup>3</sup>.
2. Определите среднюю плотность древесины сосны при влажности 22%, если при влажности 12% она составляет 450 кг/м<sup>3</sup>, а коэффициент объемной усушки равен 0,5.

### Вопросы и задания

1. Как изготавливают газо- и пенобетон, в чем основное отличие их технологий?
2. Опишите способы предохранения древесины от гниения.
3. Битумные эмульсии и пасты. Их составы, изготовление и применение.
4. Способы уплотнения бетонной смеси при изготовлении железобетонных изделий.

## ВАРИАНТ 4

### Задачи

1. Определите состав бетона с прочностью при сжатии  $R_{сж} = 200$  кгс/см<sup>2</sup>. Осадка конуса бетонной смеси 1 – 2 см. Материалы: портландцемент активностью  $R_{ц} = 410$  кгс/см<sup>2</sup> и

истинной плотностью  $3,1 \text{ г/см}^3$ ; песок средней крупности с истинной и средней плотностью соответственно  $2,6$  и  $1,6 \text{ г/см}^3$ ; щебень гранитный с истинной и средней плотностью  $2,65$  и  $1,54 \text{ г/см}^3$ .

2. Определите, во сколько раз дуб прочнее сосны при сжатии вдоль волокон, если известно, что дуб тяжелее сосны в  $1,4$  раза, а средняя плотность сосны при  $15\%$ -ной влажности равна  $0,54 \text{ г/см}^3$ .

### Вопросы и задания

1. Назовите основные гидроизоляционные материалы, получаемые на основе полимеров и битумополимеров.
2. Что такое предварительно напряженный железобетон, и каковы его преимущества по сравнению с обычным железобетоном?
3. Что такое термозит и аглопорит? Основы их производства, свойства и применение.
4. Опишите основные пороки древесины и их влияние на сортность лесных материалов.

## ВАРИАНТ 5

### Задачи

1. При проектировании состава цементного бетона в лаборатории средняя плотность его оказалась  $2450 \text{ кг/м}^3$ , номинальный состав по массе был  $1 : 1,9 : 4,1$  при  $В/Ц = 0,45$ . Определите расход составляющих материалов на  $1 \text{ м}^3$  бетона, если в момент приготовления бетонной смеси влажность песка была  $7\%$ , а щебня –  $4\%$ .

2. Масса  $1 \text{ м}^3$  сосны при влажности  $12\%$  составляет  $543 \text{ кг}$ . Определите коэффициент конструктивного качества сосны, если при сжатии вдоль волокон образца стандартных размеров с влажностью  $18\%$  разрушающая нагрузка оказалась равной  $16,4 \text{ кН}$ .

### Вопросы и задания

1. Чем отличаются строительные растворы от бетонов? Приведите формулы прочности и дайте пояснения.
2. Асфальтовые бетоны и растворы. Материалы, свойства и область применения бетонов.
3. Какие физико-химические процессы протекают при автоклавной обработке известково-песчаных камней?
4. Какие требования предъявляются к строительным сталям? Назовите марки углеродистых сталей применяемых для арматуры.

## ВАРИАНТ 6

### Задачи

1. Рассев песка на стандартном наборе сит показал следующее содержание частных остатков: сито №  $2,5$  –  $182 \text{ г}$ ; №  $1,25$  –  $381 \text{ г}$ ; №  $0,63$  –  $198 \text{ г}$ ; №  $0,315$  –  $166 \text{ г}$ ; №  $0,14$  –  $53 \text{ г}$ . Остальные  $20 \text{ г}$  прошли сквозь сито №  $0,14$ . Определите модуль крупности песка.

2. . Масса  $1 \text{ м}^3$  сосны при влажности  $12\%$  составляет  $532 \text{ кг}$ . Определить коэффициент конструктивного качества сосны, если при сжатии вдоль волокон образца стандартного размера и влажности  $20\%$  разрушающая нагрузка оказалась равной  $16 \text{ кН}$ .

### Вопросы и задания

1. Дорожный асфальтобетон: состав и основные свойства.
2. Способы защиты древесины от загнивания. Виды антисептиков и способы их применения.
3. Отжиг стали. Виды отжига и их назначение.

4. Что такое крупнопористый цементный бетон, каковы его основные свойства и где он применяется в строительстве?

## ВАРИАНТ 7

### Задачи

1. Определите коэффициент конструктивного качества (ККК) керамзитобетона марок М100 и М400 (средняя плотность соответственно 1000 и 1800 кг/м<sup>3</sup>). Сравните полученные данные с величиной (ККК) обычных (тяжелых) бетонов соответствующих марок при средней плотности бетона 2400 кг/м<sup>3</sup>.

2. Деревянный брусок сечением 2 x 2 см при стандартном испытании на изгиб разрушился при нагрузке 15 МПа. Влажность образца составляет 25%. Из какого вида дерева был изготовлен брусок?

### Вопросы и задания

1. Изложите существующие способы формования бетонной смеси.
2. Классификация асфальтобетонов.
3. Виды влаги в древесине. Влияние влажности древесины на ее физико-механические свойства.
4. Силикатные изделия: их виды, основы технологии, свойства и применение.

## ВАРИАНТ 8

### Задачи

1. Определите среднюю плотность и минимальную емкость бетоносмесителя, необходимые для изготовления за один замес 2 т бетонной смеси состава 1 : 2,1 : 3,9 (по массе) при В/Ц = 0,57; коэффициент выхода бетона – 0,68. Насыпная плотность использованных материалов: песка – 1,5; щебня – 1,6; цемента - 1,3 т/м<sup>3</sup>.

2. Образец древесины дуба стандартных размеров разрушился при нагрузке 128 МПа. Влажность древесины - 21%. Определите коэффициент конструктивного качества древесины при средней плотности 680 кг/м<sup>3</sup>.

### Вопросы и задания

1. Охарактеризуйте основные технологические схемы производства сборного железобетона.
2. Какие составы имеют горячие и холодные мастики, в каких случаях они применяются? Объясните физическую сущность их клеящей способности.
3. Какие виды трещин бывают у дерева и как предотвратить появление трещин при сушке и хранении?
4. Что такое твердость металла? Изложите методы определения твердости металла по Бринеллю и Роквеллу.

## ВАРИАНТ 9

### Задачи

1. При В/Ц = 0,5 получен бетон М300. Рассчитайте прочность бетона при В/Ц = 0,4, используя формулу прочности.

2. Рассчитайте количество материалов для приготовления 500 кг белой эмалевой краски состава, %: цинковые белила – 47,2; лак для эмали – 44,7; олифа – 8,1. Лак для эмалевых красок имеет состав, %: касторовое масло - 21,80; подсолнечное масло – 21,8; эфир гарпиус – 21,8; окись алюминия – 3,24; металлический цинк – 1,32; кобальтовый сиккатив – 8,72; уайт-спирит – 21,32.

### Вопросы и задания

1. Кратко изложите существующие способы формирования бетонной смеси.
2. Технология приготовления асфальтобетонной массы.
3. Углеродистые стали обыкновенного качества, их классификация по группам и маркировка. Применение этих сталей в строительстве.
4. Составьте технологическую схему производства силикатного кирпича и дайте пояснения к ней.

### ВАРИАНТ 10

#### Задачи

1. Вычислите расход материалов на  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси средняя плотность которой –  $2360 \text{ кг/м}^3$ , а водоцементное отношение  $В/Ц = 0,42$ , если производственный состав бетона выражен массовым соотношением  $1 : 2 : 4$  (цемент : песок : щебень).
2. Средняя плотность древесины сосны с влажностью  $12\%$  составляет  $536 \text{ кг/м}^3$ . Определите коэффициент конструктивного качества данной древесины, если при испытании на сжатие образца стандартных размеров и влажностью  $25\%$  вдоль волокон разрушающая нагрузка равна  $15,6 \text{ кН}$ .

### Вопросы и задания

1. Коррозия бетона и способы защиты от коррозии.
2. Что такое битумная эмульсия? Чем обеспечивается ее устойчивость к коагуляции и седиментации при хранении?
3. Легированные стали. Основные легирующие элементы в сталях. Низколегированные строительные стали.
4. Перечислите достоинства и недостатки древесины как строительного материала.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов В.В. Краткий курс материаловедения и технологии конструктивных материалов для строительства / В.В. Белов, В.Б. Петропавловская. М.: АСВ, 2006. 208 с.
2. Теличенко В. И. Технология строительных процессов / В. И. Теличенко, А. А. Лапидус, О. Т. Терентьев. М.: Высш. шк. 2008. 391 с.
3. Жук П. М. Оценка качества строительных материалов в соответствии с требованиями зарубежных стандартов / П. М. Жук. М.: Архитектура-С, 2006. 136 с.
4. Каверн Н. С. Современные материалы для отделки фасадов/ Н.С. Каверн. М.: Издательство «Архитектура – С», 2005. 120с.
5. Попов К.Н. Строительные материалы и изделия / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. М.: Высш. шк., 2001. 367 с.
6. Кочергин С. М. Внутренняя отделка. Материалы и технологии /С. М. Кочергин. М.: Стройинформ, 2006. 842 с.
7. Рыбьев И. А. Материаловедение в строительстве / И.А. Рыбьев, Т.И. Арефьева, Н.С. Баскаков, Е.П. Казеннова, Б.Д. Коровников, Т.Г. Рыбьева. М.: Академия, 2007. 52
8. Строительные материалы / В. Г.Микульский, Г. И. Горчаков, В.В. Козлов, В. Н. Куприянов - М.: Изд - во АСВ, 2004. 531 с.
9. Горчаков, Г. И. Строительные материалы /Г. И. Горчаков, Ю. М. Баженов. М.: Стройиздат, 1986. 485 с.
10. Рыбьев, И. А. Общий курс строительных материалов /И. А. Рыбьев –М.: Высш. шк., 1987. 584 с.
11. Хрулев В. М. Технология и свойства композиционных материалов для строительства /В. М. Хрулев Уфа: ТАУ, 2001. 168 с.

12. Руденский, А. В. Дорожные асфальтобетонные покрытия /А. В. Руденский –М.: Транспорт, 1992. 254 с.
13. Наназашвили, И. Х. Строительные материалы, изделия и конструкции: Справочник /И. Х. Наназашвили –М.: Высш. шк., 1990. 495 с



