

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

## ВВЕДЕНИЕ

Значение строительных материалов, изделий, деталей готовых конструкций в строительстве.

Потребность строительства в материалах. Относительная стоимость строительных материалов в общей стоимости строительства.

Сырьевые ресурсы для производства строительных материалов на территории Республики Беларусь. Развитие производства местных строительных материалов. Необходимость мероприятий по охране труда в процессе изготовления и при применении строительных материалов. Стандартизация, унификация, их значение для строительной индустрии. Нормативно-инструктивная документация: СТБ, ТКП и т.д. Работа строительных материалов и изделий в зданиях и сооружениях

Классификация строительных материалов и изделий.

**Строительный материал** – продукция природного происхождения или изготовленная в условиях промышленного производства, предназначенная для изготовления в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта зданий и сооружений, строительных конструкций этих зданий и сооружений, выполнения защитных и отделочных покрытий зданий и сооружений, а также для изготовления в условиях промышленного производства строительных изделий и строительных конструкций.

**Строительное изделие** – это изготовленная из строительных материалов в условиях промышленного производства продукция, предназначенная для применения в качестве элемента строительных конструкций, зданий и сооружений.

**Строительная конструкция** – это изготовленная из строительных материалов или изделий в условиях промышленного производства часть зданий или сооружений, выполняющая определенные несущие, ограждающие или эстетические функции.

**Номенклатура** – перечень названий основных видов готовой продукции.

**Сырье, сырьевые материалы** – исходные вещества или их смеси (сырьевая смесь) из двух или большего числа компонентов, которые перерабатываются для получения строительных материалов и изделий.

# Тема 1. ОСНОВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

## 1.1. Понятие о работе материалов в сооружении

**Строительные материалы** - это природные и искусственные материалы и изделия, используемые при строительстве и ремонте зданий и сооружений. Различия в назначении и условиях эксплуатации зданий и сооружений определяют разнообразные требования к строительным материалам и их обширную номенклатуру.

Строительные материалы, изделия и конструкции - это материальная основа строительства. Затраты на них достигают 50...60% общей стоимости строительно-монтажных работ.

## 1.2. Классификация строительных материалов

**По степени готовности** различают собственно строительные материалы и строительные изделия - готовые изделия и элементы, монтируемые и закрепляемые на месте работы. К *строительным материалам* относятся древесина, металлы, цемент, бетон, кирпич, песок, строительные растворы для каменных кладок и различных штукатурок, лакокрасочные материалы, природные камни и т.д. *Строительными изделиями* являются сборные железобетонные панели и конструкции, оконные и дверные блоки, санитарно-технические изделия и кабины. В отличие от изделий строительные материалы перед применением подвергают той или иной обработке - смешиванию с водой, уплотнению, распиливанию, тёске.

**По происхождению** строительные материалы подразделяются на природные и искусственные. *Природными материалами* являются древесина, горные породы (природные камни), торф, природные битумы и асфальты и др. Эти материалы получают из природного сырья путем несложной обработки без применения их первоначального строения и химического состава. К *искусственным материалам* относят кирпич, цемент, железобетон, стекло и др. Их получают из природного и искусственного сырья, побочных продуктов промышленности и сельского хозяйства по специальным технологиям. Искусственные материалы отличаются от исходного сырья как строением, так и по химическому составу, что обусловлено коренной переработкой его в заводских условиях. Например из размокающей в воде глины после формования, сушки и обжига получают водостойкую, прочную и долговечную керамику - кирпич, черепицу, плитки и т.д.

Наибольшее распространение получили классификации по назначению и технологическому признаку.

**По назначению** материалы делят на следующие группы:

*конструкционные*, которые воспринимают и передают нагрузки в строительных конструкциях;

*теплоизоляционные*, основное назначение которых - свести до минимума перенос теплоты через строительную конструкцию и тем самым обеспечить необходимый тепловой режим помещения при минимальных затратах энергии;

*акустические* (звукопоглощающие и звукоизоляционные) - для снижения уровня "шумового загрязнения" помещения;

*гидроизоляционные и кровельные* - для создания водонепроницаемых слоев на кровлях, подземных сооружениях и других конструкциях, которые необходимо защищать от воздействия воды или водяных паров;

*герметизирующие* - для заделки стыков в сборных конструкциях;

*отделочные* - для улучшения декоративных качеств строительных конструкций, а также для защиты конструкционных, теплоизоляционных и других материалов от внешних воздействий; специального назначения (например, огнеупорные или кислотоупорные), применяемые при возведении специальных сооружений.

Ряд материалов (например, цемент, известь, древесина) нельзя отнести к какой-либо одной группе, так как их используют и в чистом виде, и как сырье для получения других строительных материалов и изделий - это так называемые материалы общего назначения. Трудность классификации строительных материалов по назначению состоит в том, что одни и те же материалы могут быть отнесены к разным группам. Например, бетон в основном применяют как конструктивный материал, но некоторые его виды имеют совсем иное назначение: особо легкие бетоны - теплоизоляционные материалы; особо тяжелые бетоны - материалы специального назначения, используемые для защиты от радиоактивного излучения.

По **технологическому признаку** материалы подразделяют, учитывая вид сырья, из которого получают материал, и вид его изготовления, на следующие группы.

*Природные каменные материалы и изделия* - получают из горных пород путем их механической обработки - стеновые блоки и камни, облицовочные плиты, детали архитектурного назначения, бутовый камень для фундаментов, щебень, гравий, песок и др.

*Керамические материалы и изделия* - получают из глины с добавками путем формования, сушки и обжига - кирпич, керамические блоки и камни, черепица, трубы, изделия из фаянса и фарфора, плитки облицовочные и для настилки полов, керамзит (искусственный гравий для легких бетонов) и др.

*Стекло и другие материалы и изделия из минеральных расплавов* - оконное и облицовочное стекло, стеклоблоки, стеклопрофилит (для ограждений), плитки, трубы, изделия из ситаллов и шлакоситаллов, каменное литье.

*Неорганические вяжущие вещества* - минеральные, преимущественно порошкообразные, материалы, образующие при смешивании с водой пластичное тело, со временем приобретающее камневидное состояние - цементы различных видов, известь, гипсовые вяжущие и др.

*Бетоны* - искусственные каменные материалы, получаемые из смеси

вяжущего, воды, мелкого и крупного заполнителей. Основным видом бетона - цементный, состоящий из цемента, воды, песка и щебня или гравия. Бетон со стальной арматурой называют железобетоном, он хорошо сопротивляется не только сжатию, но и изгибу и растяжению. Бетоны используют для изготовления монолитных и сборных конструкций.

*Строительные растворы* - механические смеси, состоящие из вяжущего, воды и мелкого заполнителя, со временем переходящее из тестообразного в камневидное состояние - применяют для каменных кладок, настилки плиток, различных штукатурок, формования изделий, заделки стыков в конструкциях.

*Искусственные необожженные каменные материалы* - получают на основе неорганических вяжущих и различных заполнителей - силикатный кирпич, гипсовые и гипсобетонные изделия, асбестоцементные изделия и конструкции, силикатные бетоны. К этой группе материалов можно отнести как цементные бетоны, так и строительные растворы.

*Древесные материалы и изделия* - получают в результате механической обработки древесины - круглый лес, пиломатериалы, заготовки для различных столярных изделий, паркет, фанера, плинтусы, поручни, дверные и оконные блоки, клеенные конструкции.

*Металлические материалы* - наиболее широко применяемые в строительстве черные металлы (сталь и чугун), стальной прокат (двутавры, швеллеры, уголки), сплавы металлов, особенно алюминиевые. Стальной прокат применяют для возведения каркасов промышленных и гражданских зданий, мостов, для изготовления арматурной стали для железобетона, кровельной стали, труб, а также различных механических изделий, гвоздей, болтов, заклепок. Из чугуна отливают колонны, трубы и фасонные детали к ним, отопительные радиаторы, архитектурно-художественные изделия. Сплавы металлов широко используют в качестве конструктивных и отделочных материалов.

*Органические вяжущие вещества и материалы на их основе* - битумные и дегтевые вяжущие, кровельные и гидроизоляционные материалы - рубероид, пергамин, изол, бризол, гидроизол, толь, приклеивающие мастики, асфальтовые бетоны и растворы.

*Полимерные материалы и изделия* - группа материалов, получаемых на основе синтетических полимеров (термопластических и термореактивных смол), - линолеумы, релин, синтетические ковровые материалы, плитки, древесностроительные пластики, стеклопластики, пенопласты, поропласты, сотопласты; материалы этой группы отличаются высокими механическими, декоративными, технологическими свойствами, а также водо- и химической стойкостью.

### **1.3. Стандартизация материалов**

Основные требования к качеству материалов, изделий и готовых конструкций массового применения устанавливаются Государственными

стандартами (ГОСТ), стандарты Республики Беларусь (СТБ), отраслевыми стандартами (ОСТ), техническими условиями (ТУ).

#### 1.4. Общие сведения о свойствах строительных материалов

Строительные материалы, как и все окружающие нас предметы и явления, обладают рядом признаков и характеристик, которые проявляются в большей или меньшей степени. По совокупности этих признаков и характеристик, отражающих свойства материалов, судят о качестве продукции.

Все свойства строительных материалов подразделяют на следующие группы.

**Физические свойства.** Данную группу составляют параметры физического состояния материалов и свойства, определяющие отношение материалов к различным физическим процессам. К первым относят плотность и пористость материала, степень измельчения порошков, ко вторым - гидрофизические свойства (водопоглощение, влажность, водопроницаемость, водостойкость, морозостойкость), теплофизические (теплопроводность, теплоемкость, температурное расширение) и некоторые другие.

**Механические свойства.** В группу входят характеристики, отражающие отношение материала к действию механических нагрузок: прочность, твердость, деформативность, упругость, пластичность, хрупкость, истираемость.

**Химические свойства.** Настоящая группа включает в себя свойства, характеризующие стойкость материала к разрушающим химическим воздействиям окружающей среды (коррозионная стойкость), а также способность материала к химическим превращениям (например, способность цемента после затворения водой самопроизвольно затвердевать в прочное камневидное тело).

**Технологические свойства.** Группа данных свойств выражает способность материала к восприятию определенных технологических операций, с целью изменения формы, размеров, характера поверхности, плотности и др.

#### 1.5. Физические свойства

Большинство строительных материалов - это пористые вещества. Поры занимают лишь часть объема материала, остальное приходится на твердую фазу. Объем твердой фазы, взятый за вычетом пор, называется **абсолютным объемом  $V_a$** .

**Истинная плотность  $\rho_n$**  - масса единицы объема однородного материала в абсолютно плотном состоянии, т.е. без учета пор и пустот.

**Средняя плотность  $\rho_c$**  - масса единицы объема материала в естественном состоянии, т. е. с порами и пустотами. Определяется

отношением массы  $m$  (кг) материала к его объему  $V_e$  ( $m^3$ ) в естественном состоянии:

**Пористость  $\Pi$**  - степень заполнения объема материала порами:

**Насыпная плотность  $\rho_n$**  - масса  $m$  (кг) единицы объема сыпучего материала  $V_n$  ( $m^3$ ) в рыхлонасыпном состоянии:

**Пустотность** - отношение суммарного объема пустот в рыхлом материале ко всему объему, занимаемому этим материалом. Для численного выражения пустотности необходимо знать плотность и насыпную плотность материалов. Пустотность  $\Pi_{пуст}$  вычисляют по той же формуле, что и пористость, и выражают в процентах.

**Водопоглощение** - свойство материала при непосредственном соприкосновении с водой впитывать и удерживать ее в своих порах. Водопоглощение выражают отношением количества поглощенной воды к массе сухого материала (водопоглощение по массе  $B_m$ ) или степенью заполнения объема материала водой (водопоглощение по объему  $B_o$ ).

**Влажность** - отношение массы воды, находящейся в данный момент в материале, к массе (реже к объему) материала в сухом состоянии. Вычисляется по тем же формулам, что и водопоглощение, и выражается в процентах. При этом массу материала берут в естественном влажном, а не в насыщенном водой состоянии.

**Водостойкость** - свойство материала сохранять прочность при насыщении его водой. Критерием водостойкости строительных материалов служит **коэффициент размягчения**

**Влагоотдача** - свойство материала терять находящуюся в его порах воду. Числовой характеристикой влагоотдачи является количество воды (в %), испарившейся из образца в течение 1 суток при температуре  $20^\circ C$  и относительной влажности воздуха 60%. Влагоотдачу учитывают, например, при уходе за твердеющим бетоном, при сушке отштукатуренных известковым раствором стен и перегородок. В первом случае желательна замедленная, а во втором - быстрая влагоотдача.

**Водопроницаемость** - свойство материала пропускать через себя воду под давлением. Степень водопроницаемости в основном зависит от строения и пористости материала. Чем больше в материале открытых пор и пустот, тем больше его водопроницаемость. Водопроницаемость характеризуют *коэффициент фильтрации* ( $m/ч$ ) - количеством воды (в  $m^3$ ), проходящей через материал площадью  $1 m^2$ , толщиной  $1 m$  за  $1 ч$  при разности гидростатического давления на границах стенки  $9,81 Pa$ .

**Гигроскопичность** - свойство пористо-капиллярного материала поглощать влагу из воздуха. Степень поглощения зависит от температуры и относительной влажности воздуха. С увеличением относительной влажности и снижением температуры воздуха гигроскопичность повышается. Гигроскопичность характеризуют отношением массы поглощенной материалом влаги при относительной влажности воздуха 100% и температуре  $+20 C$  к массе сухого материала.

**Морозостойкость  $F$**  - свойство материала в насыщенном водой состоянии

выдерживать многократное число циклов попеременного замораживания и оттаивания без видимых признаков разрушения и без значительного снижения прочности и массы. Морозостойкость - одно из основных свойств, характеризующих долговечность строительных материалов в конструкциях и сооружениях.

**Теплоемкость** - свойство материала поглощать при нагревании и отдавать при охлаждении определенное количество теплоты. Теплоемкость - мера энергии, необходимой для повышения температуры материала.

**Теплопроводность** - свойство материала передавать через свою толщину тепловой поток, возникающий вследствие разности температур на противоположных поверхностях. Это свойство имеет важное значение для строительных материалов, применяемых при устройстве ограждающих конструкций (стен, перекрытий, покрытий), и материалов, предназначенных для теплоизоляции. Теплопроводность материала зависит от его строения, химического состава, пористости и характера пор, от влажности и температуры, при которой происходит передача теплоты.

Теплопроводность характеризует **коэффициент теплопроводности**, показывающим, какое количество теплоты (Дж) способен пропустить материал через 1 м<sup>2</sup> поверхности при толщине материала 1 м и разности температур на противоположных поверхностях 1 С в течение 1 ч.

**Тепловое расширение** - свойство материала расширяться при нагревании и сжиматься при охлаждении, оно характеризуется изменением линейных размеров, и объема материала при изменении температуры. Для строительных материалов важен **температурный коэффициент линейного расширения** (ТКЛР), показывающий, на какую долю первоначальной длины расширяется материал при повышении температуры на 1 С.

**Огнестойкость** - свойство материала выдерживать без разрушения воздействие высоких температур, пламени и воды в условиях пожара. Материал в этих условиях либо сгорает, либо растрескивается, сильно деформируется, либо разрушается от потери прочности. По огнестойкости различают негорючие, трудногорючие и горючие материалы.

**Негорючие материалы** под воздействием огня или высокой температуры не горят и не обугливаются. Это кирпич, бетон и др. Между тем, некоторые негорючие материалы - мрамор, стекло, асбестоцемент - при резком нагревании разрушаются, а стальные конструкции - сильно деформируются и теряют прочность.

**Трудногорючие материалы** под действием огня или высокой температуры медленно воспламеняются, но после удаления источника огня их горение или тление прекращается. К таким материалам относятся асфальтобетон, фибролит, пропитанная антипиренами древесина.

**Горючие материалы** под действием огня или высокой температуры горят и продолжают гореть после удаления источника огня. Это древесина, обои, битумы, полимеры, бумага и др.

**Огнеупорность** - свойство материала выдерживать длительное воздействие высокой температуры (от 1580 С и выше), не деформируясь и

размягчаясь.

## 1.6. Механические свойства

**Прочность** - свойство материала сопротивляться внутренним напряжениям, возникающим в результате действия внешних нагрузок. Нагрузки вызывают в материале напряжение сжатия, растяжения, изгиба. Мерой прочности материала является предел прочности - наибольшее напряжение, соответствующее нарастающей нагрузке, при которой образец материала разрушается.

**Предел прочности при сжатии** или **при растяжении** ( $\sigma_a$ ) равен отношению разрушающей силы ( $N$ ) к площади поперечного сечения ( $m^2$ ) образца, подвергающегося испытанию. Прочность материала зависит от структуры, пористости, влажности, дефектов строения, длительности и характера приложения нагрузки, среды, температуры, состояния поверхности и других факторов.

**Твердость** - свойство материала сопротивлять местной пластической деформации, возникающей при внедрении в него более твердого тела. Твердость ряда строительных материалов (металлов, древесины, бетона, строительного раствора) определяют, вдавливая в них закаленный стальной шарик, алмазный конус или пирамиду. В результате испытания вычисляют число твердости, равное отношению силы вдавливания к площади поверхности отпечатка. Твердость минералов и однородных горных пород оценивают по шкале Мооса, содержащей десять минералов, из которых каждый последующий оставляет царапину на всех предыдущих.

Минералы шкалы расположены в порядке возрастающей твердости от 1 (тальк - легко царапается ногтем) до 10 (алмаз - легко царапает стекло).

Прочность по твердости самая высокая по сравнению с другими видами прочности, она зависит от химического состава, состояния поверхности, энергии кристаллической решетки. Твердость стали и сплавов пропорциональна прочности их на растяжение. Однако высокая прочность не всегда говорит о высокой твердости материала: мрамор прочен, но сравнительно не тверд; пластмассы прочны, но не тверды; древесина по прочности на сжатие равна бетону, а по твердости уступает ему. Чем выше твердость, тем меньше истираемость материала.

**Истираемость** - свойство материала уменьшаться в объеме и массе под действием истирающих усилий.

**Износ** - свойство материала сопротивляться одновременному воздействию истирания и ударов. Износ материала зависит от его структуры, состава, твердости, прочности, истираемости. Износ определяют на пробах материалов, которые испытывают во вращающемся барабане со стальными шарами или без них. Чем больше потеря массы пробы испытанного материала (в процентах к первоначальной массе пробы), тем меньше его сопротивление износу. Износ важен для материалов полов, ступеней лестниц, дорог, лакокрасочных покрытий.

**Упругость** - свойство материала изменять под влиянием свою форму и восстанавливать ее после удаления этой нагрузки. Упругую деформацию называют обратимой или исчезающей. Наибольшее напряжение, при котором действуют лишь упругая деформация, называют **пределом упругости**. В области упругих деформаций действителен закон Гука - деформация материала пропорциональна действующему напряжению. Упругими являются резина, различные герметизирующие и уплотняющие прокладки, лакокрасочные пленки, сталь, древесина и другие материалы.

**Пластичность** - свойство материала под действием нагрузки изменять форму и размеры без разрушения и образования трещин и сохранять измененную форму после снятия нагрузки. При этом в материале сохраняются некоторая остаточная деформация, называемые пластической, она не исчезает после снятия нагрузки, т.е. является необратимой. Примерами пластичных материалов служат глиняное тесто, бетонные и растворные смеси, подмазочная паста, свинец, некоторые пластмассы. Пластичные материалы легко формуются, хорошо расстилаются по поверхности. Свойство материала пластически деформироваться при постоянной нагрузке, несколько превышающей предел упругости, называют **текучестью**. Непрерывное возрастание деформаций под действием постоянной нагрузки называют **ползучестью**. Она характерна почти для всех строительных материалов.

**Хрупкость** - свойство материала разрушаться под воздействием нагрузки внезапно, без предварительного заметного изменения формы и размеров. Хрупкому материалу в отличие от пластичного нельзя придать при прессовании желаемую форму, так как такой материал под нагрузкой дробится на части, рассыпается. Хрупки камни, стекло, чугун и др.

При понижении температуры многие материалы становятся хрупкими. Так ведут себя битумы, некоторые полимеры, металлы. Хрупкое разрушение происходит при возрастающей нагрузке в результате появления и быстрого развития одной или нескольких трещин.

## 1.7. Химические свойства

Химические свойства выражают степень активности материала к химическому взаимодействию с реагентами внешней среды и способность сохранять постоянными состав и структуру материала в условиях инертной окружающей среды.

**Химическая стойкость** - свойство материалов противостоять разрушающему действию химических реагентов - кислот, щелочей, растворенных в воде солей и газов. Она зависит от состава и структуры материалов.

**Коррозионная стойкость** - свойство материала сопротивляться коррозионному воздействию среды.

**Растворимость** - способность материала растворяться в воде, масле, бензине, скипидаре и других жидкостях - растворителях. Растворимость

может быть и положительным, и отрицательным свойством. Например, если в процессе эксплуатации синтетический облицовочный материал разрушается под действием растворителя, растворимость материалов играет отрицательную роль.

### 1.8. Технологические свойства

Свойства, выражающие способность материала к восприятию определенных технологических операций с целью изменения формы, размеров, характера поверхности, плотности, называют **технологическими**.

**Удобоукладываемость** - важнейшее технологическое свойство строительного раствора легко укладываться тонким и плотным слоем на пористое основание и не расслаиваться при транспортировании, перекачивании насосами и хранении. В свою очередь, удобоукладываемость зависит от **подвижности** (растекаемости) и **водоудерживающей способности** растворной смеси.

К технологическим свойствам готовых к употреблению лакокрасочных материалов относят степень перетертости красок (чем тоньше растерта краска, тем легче ее наносить на поверхность), время и степень высыхания материала, условная вязкость, разлив, адгезия покрытия с поверхностью, способность покрытий шлифоваться и полироваться.

## Тема 2. ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 2.1. Общие сведения

**Природными каменными материалами** называют строительные материалы и изделия, получаемые из горных пород за счет применения лишь механической обработки (дробления, раскалывания, пиления, шлифования и пр.). Таким образом получают облицовочные плиты, камни и блоки для кладки стен, фасонные изделия, щебень. В результате такой обработки природные каменные материалы почти полностью сохраняют физико-механические свойства горной породы, из которой они были получены. Некоторые горные породы (песок, глину, гравий) используют без обработки. Все эти виды строительных материалов называют **нерудными**. Благодаря разнообразным свойствам, высокой прочности, долговечности и неограниченным запасам камень в глубокой древности был универсальным строительным материалом. До наших дней сохранились монументальные сооружения из природного камня: египетские пирамиды, греческие и римские храмы, арены и акведуки, соборы Древней Руси.

В настоящее время природный камень в основном используют в качестве заполнителя в бетонах, как сырье для получения керамики, вяжущих веществ, стекла и др., а также для облицовки зданий и инженерных сооружений, как местный строительный материал для кладки стен.

## 2.2. Горные породы и их классификация

**Горные породы** представляют собой скопление минеральных масс, состоящих из одного или нескольких минералов. Например, гранит состоит из трех минералов - полевых шпатов, кварца и слюды, а известняк - из одного - кальцита. Процентное содержание минералов в горной породе определяет ее состав. Форма, размеры и взаимное расположение минералов в горной породе обуславливают ее структуру. Минералогический состав и структура, в свою очередь, определяют свойства горной породы.

**Минералом** называют однородное тело, образовавшееся в результате сложных физико-химических процессов, происходящих в земной коре.

Горные породы, состоящие из одного минерала, называют **мономинеральными**, а из нескольких минералов - **полиминеральными**.

По происхождению горные породы делятся на **магматические (изверженные)**, осадочные и метаморфические (видоизмененные). **Магматические** и метаморфические горные породы составляют около 90% земной коры, остальные 10% приходятся на долю осадочных, однако последние занимают более 75% площади земной поверхности.

**Метаморфические (видоизмененные) горные породы** образовались из изверженных и осадочных пород под воздействием высоких температур и давлений, газов и горячих растворов. В условиях метаморфизма происходит перекристаллизация минералов без их плавления, меняется структура породы часто без изменения ее химического состава.

## 2.3. Свойства и основные виды природных каменных материалов и изделий

**Свойства природных каменных.** Среди многообразия физико-механических свойств природных каменных материалов обычно выделяют среднюю плотность, предел прочности при сжатии, морозостойкость, по величине которых оценивают их качество и делят на марки.

**Виды природных каменных материалов и изделий.** Все каменные материалы, используемые в строительстве, можно разделить на две основные группы - материалы, применяемые в первоначальном виде, и материалы, пригодные для строительных целей лишь после соответствующей обработки. В некоторых случаях один и тот же материал можно применять в первоначальном виде, а также после одной или нескольких стадий обработки. Так, песок можно использовать непосредственно из карьера или после предварительной промывки, природный гравий - в первоначальном виде или после измельчения и сортировки для получения зерен определенных фракций.

Рассмотрим основные каменные материалы, применяемые без обработки.

**Бутовый камень** - крупные куски неправильной формы размером 150...500 мм, массой 20...70 кг, получаемые при разработке известняков, доломитов и песчаников (реже гранита и других изверженных пород).

Камень, получаемый при взрывных работах, носит общее название

**Рваного камня.** Бутовый камень широко применяют для бутовой или бутобетонной кладки фундаментов, подземных стен и стен не отапливаемых зданий.

**Валунный камень** - крупные обломки (более 300 мм) горных пород ледникового происхождения, характеризующиеся окатанной, часто сильно выветрившейся поверхностью. Этот камень весьма разнообразен по петрографическому составу. Используют его для получения булыжного камня и щебня.

**Булыжный камень** - зерна горной породы размером до 300 мм. Применяют его для покрытия мостовых, дворов и откосов, для каменной наброски при строительстве дамб. Крупный булыжный камень можно применять как бут, мелкий камень перерабатывают на щебень.

**Гравий** - рыхлое скопление различно обкатанных обломков горных пород. Размер отдельных зерен 5...70 мм. В зависимости от линейного размера частиц гравий подразделяют на фракции 5...10, 10...20, 20...70 и 40...70 мм.

**Песок** - рыхлая горная порода, состоящая из зерен минералов и пород размером 0.14...5 мм. В зависимости от минералогического состава различают пески **кварцевые, полевошпатные и карбонатные**. Способы добычи песка аналогичны способам добычи гравия.

**Щебень** представляет собой смесь угловатых обломков камня различной конфигурации размером 5...150 мм.

**Стеновые камни и блоки** получают из пористых известняков, вулканических туфов и других горных пород плотностью 900...2200 кг/м<sup>3</sup>.

**Облицовочные плиты.** Для наружной отделки используют плотные атмосферные горные породы, в основном глубинные изверженные (граниты, сиениты, габбро), а также плотные известняки, доломиты, мрамор и вулканический туф.

## 2.4. Природные каменные материалы и требования к ним.

В строительстве каменные материалы и изделия имеют очень широкое применение. Особенно широкое применение в строительстве имеют осадочные породы в виде песка, щебня и гравия, гравийно-галечниковой и гравийно-песчаной смеси. Эти материалы применяют при приготовлении бетонных смесей гидротехнического и обычного бетона; устройстве подстилающих слоев под монолитные и сборные железобетонные и бетонные облицовки каналов, дороги, сооружения; приготовлении дренажных засыпок; при креплении откосов каналов и гидроузлов, водохранилищ.

## 2.5. Производство природных каменных материалов

Технология производства природных каменных материалов зависит от вида горной породы, ее свойств, характера залегания, объема и включает добычу горной породы и ее обработку.

**Добыча камня.** Способы добычи горных пород, применяемых в качестве строительных материалов, зависят от условий их залегания, прочности и твердости, а также от формы и размеров будущих изделий

Рыхлые горные породы (песок, гравий, гальку, глину) добывают открытым способом преимущественно с помощью одно- или многоковшовых экскаваторов и других машин.

**Обработка камня.** Отделенные от горного массива камни крупных размеров подвергают обработке, в результате которой камню придают заданные форму и размеры, а лицевой его поверхности – необходимую фактуру.

## 2.6. Защита, транспортирование и хранение природных каменных материалов

Каменные материалы в условиях службы в конструкциях и сооружениях могут подвергаться медленному разрушению. Этот процесс по аналогии с разрушением горных пород на земной поверхности называют **выветриванием**.

Во время транспортирования и хранения природных каменных материалов и изделий необходимо соблюдать меры, исключающие их механическое повреждение, загрязнение и увлажнение.

Облицовочные плиты перевозят в прочной таре, приспособленной для механизированной погрузки и разгрузки. При транспортировке плиты следует устанавливать в вертикальном положении попарно лицевыми поверхностями внутрь с прокладкой между ними бумаги и закреплять клиньями.

Плиты со шлифованной, точечной и бороздчатой фактурами лицевых поверхностей (гранитные) транспортируют и хранят без тары, устанавливая их на ребро в вертикальном положении.

Не допускаются перевозка облицовочных плит, камней и других изделий из природного камня навалом и разгрузка их с транспортных средств сбрасыванием.

При хранении пиленых, тесаных и бортовых камней, а также облицовочных плит их укладывают в правильные ряды штабелями высотой не более 1 м.

Камни облицовочные и ступени укладывают рядами, используя деревянные прокладки. Плиты для полов хранят уложенными на длинное ребро в один ряд по высоте.

Бутовый камень хранят навалом на открытой площадке в прямоугольных штабелях объемом до 200 м<sup>3</sup> и высотой 1 м. Стенки штабелей следует

выкладывать из более крупных камней вперевязку, укладывая их постелистой стороной вниз. Мелкие камни засыпают внутрь штабеля.

### **Тема 3. ИСКУССТВЕННЫЕ ОБЖИГОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СТЕКЛО И ПЛАВЛЕННЫЕ ИЗДЕЛИЯ**

#### **3.1. Керамические материалы и их классификация**

**Керамическими** называют изделия и материалы, получаемые из глиняных масс или из их смесей с минеральными добавками путем формования, сушки и обжига при температуре 900...1300 С. В результате обжига глиняная масса превращается в искусственный камень, обладающий высокой прочностью и плотностью, водостойкостью, водонепроницаемостью, морозостойкостью и долговечностью.

В зависимости от назначения керамические материалы и изделия можно разделить на следующие группы:

**стенные материалы и изделия** - кирпич обыкновенный пластического формования и полусухого прессования, кирпич и плиты пустотелые и пористопустотелые, камни пустотелые пластического формования, кирпич строительный легкий, крупные блоки из кирпича и камней, панели из кирпича и камней;

**отделочные материалы** - кирпич и камни лицевые (фасадные), плитки облицовочные фасадные натурального цвета, ангобированные, глазурированные, фаянсовые плитки и встроенные детали для облицовки внутренних стен, разные отделочные материалы;

**материалы для перекрытий и покрытий** - камни пустотелые ненесущие и несущие, балки, балочные настилы, панели для перекрытий и покрытий, керамические доски;

**кровельные материалы** - черепица ленточная, штампованная, коньковая и специальной формы;

**материалы для полов и дорог** - кирпич и плиты клинкерные, плитки для полов;

**теплоизоляционные материалы и заполнители для легких бетонов** - диатомовые изделия, керамзитовый гравий, пустотелый гравий, алгопорит, вспученные перлитовые щебень и песок, вспученный вермикулит, укрупненные легкие изделия на основе вспученных материалов;

**изделия и материалы различного назначения** - трубы, санитарно-технические изделия, огнеупорные материалы, кислотоупорные изделия, электроизоляционные изделия, отопительные радиаторы, кафель печной, фасонные строительные изделия, керамический щебень.

#### **3.2. Сырье для получения керамических материалов и изделий**

Основным сырьем для производства керамических материалов и изделий являются различные глины, а также шамот, кварцевый песок, шлак и органические добавки (древесные опилки, угольная и торфяная пыль),

выгорающие при обжиге.

**Глины** образовались в результате выветривания изверженных полевошпатных горных пород. Процесс выветривания горной породы состоит из механического разрушения и химического разложения. К основным свойствам глин относят: пластичность, воздушную и огневую усадку, огнеупорность и цвет черепка после обжига.

**Отощающие добавки.** В высокопластичные глины для затворения которых требуется большое количество воды (до 28%) и которые поэтому дают большую линейную усадку при сушке и обжиге (до 15%), необходимо вводить отощающие добавки, т.е. непластичные вещества. При этом значительно уменьшается количество воды, необходимой для затворения глиняного теста, что сокращает усадку (до 2...6%).

В качестве отощающих добавок чаще всего применяют вещества неорганического происхождения - *кварцевый песок, шамот* (обожженная и измельченная глина), *бой изделий, молотый шлак и золу*. Эти добавки не только уменьшают усадку изделий, но и улучшают формовочные свойства массы, облегчают технологический процесс производства и устраняют брак.

**Выгорающие добавки.** Для получения изделий с меньшей средней плотностью и повышенной пористостью применяют органические выгорающие добавки. Наиболее часто используют *древесные опилки, угольную мелочь и угольный порошок, торфяную пыль* и др. Применяют также вещества, выделяющие при высокой температуре обжига углекислоту, что ведет к образованию пор - *мел, доломит и глинистый мергель* (в молотом виде). Все эти добавки обладают также и свойствами отощающих добавок.

**Специальные добавки.** Для придания керамическим изделиям специальных свойств вводят соответствующие добавки. Так, например, при изготовлении кислотоупорных изделий и облицовочных плиток к глинам добавляют *песчаные смеси, затворенные жидким стеклом или щелочами*. При необходимости понижения температуры обжига некоторых изделий используют молотый полевой шпат, руды, содержащие *железо, песчаник* и др. Для повышения качества кирпича в виде добавки вводят *нифтофосфаты и полифосфаты натрия*.

Как специальные добавки можно рассматривать и окислы некоторых металлов, добавляемые в массу беложгущихся глин для окраски ее в определенный цвет.

### 3.3. Производство керамических материалов и изделий

Несмотря на то, что керамические материалы и изделия отличаются большим разнообразием по назначению, форме и физико-механическим свойствам, производство их в основном примерно одинаково и состоит из следующих основных процессов: добычи глины в карьерах; подготовки массы; формования изделий из приготовленной массы; сушки отформованных изделий; обжига предварительно высушенных изделий.

**Разработка глиняных карьеров** состоит из удаления вскрышных пород

и добычи глины. При добыче глины применяют многоковшовые экскаваторы, срезающие глиняную стружку по всей высоте и длине фронта добычи. Глину перевозят автосамосвалами или мотовозами с вагонетками.

**Подготовка массы.** Заключается в обогащении, дроблении, тонком помоле материалов, увлажнении и перемешивании массы. Подготовленные материалы керамической массы тщательно смешиваются. Различают три способа приготовления керамической массы - **пластический, полусухой и шликерный**.

При *пластическом* способе формования керамическая масса имеет влажность 18...23%. Она может быть получена или непосредственно из глины с карьерной влажностью, смешанной с добавками, или из сухих порошков с последующим увлажнением.

При *полусухом* способе прессования керамическая масса имеет влажность 8...12%. Ее получают путем предварительной сушки, измельчения и смешивания компонентов.

При *шликерном* способе формования керамическая масса является жидкотекучей и имеет вид суспензии (шликера) с влажностью 30...35%.

Способ приготовления керамической массы зависит от свойств глин, особенностей изделий и требований к ним. *Пластический* способ *формования* более приемлем при использовании глин с повышенной влажностью, хорошо размокаемых в воде. Таким способом получают обыкновенный кирпич, пустотелые изделия, трубы и т.д. Пластическое формование при производстве черепицы, электроизоляторов, капсул осуществляют способом штамповки в гипсовых и металлических формах.

**Полусухой способ прессования** применяется при плотной структуре глиняного сырья и низкой исходной влажности. Из полусухих порошкообразных масс изделия формуется на прессах высокого давления (10...30 МПа и более). Изделия, спрессованные из порошков, обладают в сырце большой прочностью и точностью размеров, а также характеризуется низкой усадкой при обжиге. Из порошкообразных масс изготавливают обыкновенный пустотелый кирпич, керамические камни и плитки.

**Шликерный** способ применяется в тех случаях, когда необходимо достигнуть особо тщательного смешивания исходных компонентов (фарфоро-фаянсовое производство, облицовочные плитки). Шликеры применяют для облицовки сложных по конфигурации и тонкостенных изделий (санитарно-технические, декоративная, химически стойкая керамика и др.). Этот метод формования основан на свойстве гипсовых форм впитывать в себя часть воды из залитого в них шликера. Отдавая влагу, изделия дают усадку и легко отделяются от форм.

Изделия, отформованные пластическим и шликерным способами, необходимо сушить. При полусухом способе формования изделия имеют незначительную влажность, при обжиге не вызывающую растрескивания, поэтому необходимость в сушке отпадает.

**Процесс сушки** представляет собой комплекс явлений, связанный с испарением влаги с поверхности изделия, перемещением влаги из его

внутренней части к поверхности и теплообменом между материалом и окружающей средой. Длительность сушки во многом зависит от скорости перемещения влаги в изделиях от внутренних к наружным слоям, а последнее определяется размерами капилляров и вязкостью воды.

Существуют два способа сушки: естественная и искусственная.

Для *естественной сушки* изделий используют сушильные сараи (навесы), в которых на ровном, хорошо уплотненном поле или на стеллажах устанавливают сырые изделия. Длительность сушки зависит от температуры, влажность и подвижности наружного воздуха и климатических условий района и составляет 6...15 сут.

Поскольку естественная сушка характеризуется сезонным циклом производства, в настоящее время даже на небольших предприятиях применяют *искусственную сушку* в сушилках периодического или непрерывного действия. В качестве источника тепла используют газы обжигательных печей или горячий воздух.

**Обжиг изделий** - важнейший и завершающий процесс в производстве керамических изделий. Этот процесс можно разделить на три периода: прогрев сырых изделий, собственно обжиг и регулируемое охлаждение изделий.

После обжига изделия охлаждают.

**Сортировка и хранение керамических изделий.** При выгрузке из печи керамические изделия сортируют. Качество изделий устанавливают по степени обжига, внешнему виду, форме, размерам, а также по наличию в них различных дефектов. После сортировки изделия направляют на склад, где хранят до отправки на строительство. Кирпич и керамические камни укладывают в елочные пакеты или на поддоны и хранят на открытых площадках. Облицовочные плитки рассортировывают по цветам и размерам, упаковывают в ящики и хранят в закрытых складах. Санитарно-технические изделия, прошедшие сортировку и комплектование арматурой, упаковывают в специальные ящики и хранят в закрытых складах.

### 3.4. Стеновые керамические материалы и изделия

Среди большой группы стеновых керамических материалов и изделий в настоящее время наиболее распространены керамический кирпич и керамические камни, а также стеновые кирпичные панели.

**Керамический кирпич** - искусственный камень в форме прямоугольного параллелепипеда, является самым древним искусственным строительным материалом.

Поэтому для уменьшения массы и толщины наружных стен взамен обычного кирпича широко применяют **керамические камни** (изделия конструктивного назначения, имеющие размеры больше кирпича), которые характеризуются меньшей плотностью, более низкой теплопроводностью, чем обычный кирпич, но обладают достаточной прочностью.

Таблица 3.1.

## Размеры кирпичей и керамических камней

| Вид изделия                             | Длина, мм | Ширина, мм | Толщина, мм |
|-----------------------------------------|-----------|------------|-------------|
| Кирпич одинарный                        | 250       | 120        | 65          |
| - утолщенный                            | 250       | 120        | 88          |
| - модульных размеров                    | 288       | 138        | 63          |
| Камень                                  | 250       | 120        | 138         |
| - модульных размеров                    | 288       | 138        | 138         |
| - укрупненный                           | 250       | 250        | 138         |
| - укрупненный модульных размеров        | 288       | 288        | 138         |
| - с горизонтальным расположением пустот | 250       | 250        | 120         |

**Стеновые кирпичные панели** представляют собой индустриальные изделия заданных размеров, в которых отдельные кирпичи или керамические камни сцементированы в монолит цементно-песчаным раствором. По назначению различают панели для наружных и внутренних стен, а также специальные.

### 3.5. Керамические трубы

По назначению трубы делят на канализационные и дренажные.

**Керамические канализационные трубы** обладают более высокой стойкостью к агрессивным средам, чем металлические (чугунные) и железобетонные, что обеспечивает им широкое применение для строительства канализационных сетей, особенно предназначенных для отвода промышленных сточных вод, содержащих большое количество агрессивных веществ.

**Керамические дренажные труб.** При устройстве закрытого дренажа - системы водоотводящих сетей из переувлажненных и заболоченных земель - применяют керамические дренажные трубы.

Кроме устройства закрытого дренажа при мелиорации земель, керамические дренажные трубы применяют для дренажа строительных площадок при небольших глубинах заложения и при отсутствии больших нагрузок от транспортных средств.

### 3.6. Керамические изделия для наружных и внутренних облицовок

Керамические материалы для облицовки фасадных поверхностей,

внутренних стен и полов зданий могут быть с лицевой поверхностью натурального цвета, окрашенной в различные цвета, гладкой, рельефной, глазурованной. Поверхности, облицованные керамическими материалами, отличаются высокими декоративными свойствами, они долговечны, относительно экономичны.

**Фасадная керамика.** Для облицовки фасадов зданий применяют кирпич и камни лицевые, плиты керамические фасадные, фасадные малогабаритные плитки и ковровую керамику.

### 3.7. Керамические изделия специального назначения

**Глиняная черепица** представляет собой кровельный материал, получаемый из легкоплавких глин путем формования сырца, сушки его и последующего обжига. Черепица как кровельный материал прочна и огнестойка. Кровля из нее не требует частых ремонтов. Недостатки черепичной кровли - большая масса, необходимость устройства значительных уклонов для стока воды, а также большая трудоемкость возведения. Черепицу применяют а малоэтажном сельском строительстве.

**Санитарно-технические изделия** - раковины, умывальники, унитазы, смывные бачки и т.д. Изготавливают в основном из беложгущихся фарфоровых, фаянсовых и полуфаянсовых масс.

Санитарно-технические керамические изделия обычно получают путем литья жидкой массы (шликера) в формы с последующим высушиванием и обжигом изделий. Обжиг может быть одноразовый и двухразовый. Для придания санитарно-техническим изделиям водонепроницаемости и лучшего вида их покрывают глазурью. Глазуровочный состав наносят на отформованные изделия после сушки или первого обжига. При обжиге глазурь оплавляється и покрывает изделие тонкой блестящей пленкой.

**Огнеупорными** называются керамические материалы с огнеупорностью не менее 1580 С. Материалы, получаемые из огнеупорных глин, отощенные той же глиной, но предварительно обожженной до спекания и измельченной (шамот), называют *шамотными изделиями*.

Шамотные изделия в виде кирпича называют *шамотным кирпичом*. Изготавливают его из огнеупорных глин полусухим прессованием или пластическим формованием с последующим обжигом до спекания при температуре 1300...1400 С. Из огнеупорных глин, отощенных шамотом, изготавливают также *фасонные огнеупорные изделия*, в том числе крупные блоки. Огнеупорност шамотных изделий примерно равна 1670...1770°С.

**Кислотоупорные керамические материалы** могут длительное время противостоять действию жидких коррозионных сред. Их используют для устройства полов, трубопроводов, газоходов, футеровки аппаратов на химических предприятиях. Характерная особенность таких материалов небольшая пористость и соответственно низкое водопоглощение.

Промышленность выпускает кислотоупорные кирпичи, плитки, трубы и фасонные изделия

### 3.8. Стекло и плавные изделия

*Стекло* - твердый хрупкий материал, получаемый при охлаждении силикатных расплавов. Основным компонентом стекла - диоксид кремния (70...75%), кроме того, в состав стекла входят оксиды натрия, кальция, магния. Сырьем для его производства служат кварцевые пески, сода, мел и другие широко распространенные материалы.

*Листовое стекло.* Листовое оконное стекло - наиболее распространенный вид плоского стекла. Его выпускают толщиной 2...6 мм и размерами от 250×250 до 2000×2200 мм, которые имеют светопропускание 84...90%.

Листовое стекло имеет несколько разновидностей.

*Узорчатое* стекло получают способом непрерывного проката, причем одна сторона стекла гладкая, а другая тисненая, узорчатая.

*Армированное* стекло получают методом непрерывного проката с одновременным закатыванием внутрь листа металлической сетки. Армированное стекло может иметь гладкую или узорчатую поверхность, быть бесцветным или цветным.

*Витринное* неполированное стекло изготавливают способом вертикального вытягивания длиной от 2350 до 2950, шириной от 1950 до 2950, толщиной 6,5 мм. Светопропускание стекла не менее 84%.

*Солнцезащитное и теплозащитное* стекло получают на машинах вертикального вытягивания путем аэрозольной обработки поверхности стекла специальными растворами. В зависимости от состава раствора и условий обработки можно изготавливать стекла с различными характеристиками пропускания и отражения в различных частях спектра.

Из архитектурно-строительных стеклоизделий широко применяют стеклоблоки, пакеты, стеклопрофилит, трубы, плитку, мозаику и др.

*Стекланные блоки* изготавливаются квадратными, прямоугольными из бесцветного или окрашенного стекла.

*Стеклопакеты* - это изделия из двух или трех слоев листового стекла, между которыми имеются герметичные воздушные прослойки.

*Стеклопрофилит* - профильное стекло швеллерного или коробчатого сечения - характеризуется высокой прочностью и может служить для остекления ограждений и самонесущих стен, для устройства внутри них перегородок, оконных проемов и прозрачных плоских кровель. Благодаря большим габаритам (длина до 7 м) при остеклении профильным стеклом отпадает необходимость в промежуточных рамных переплетах.

К стеклокристаллическим материалам относятся ситаллы, шлакоситаллы и каменное литье. Общим признаком этих материалов является наличие как кристаллической, так и стекловидной фаз в их структуре, что обуславливает высокие механические свойства, термическую и антикоррозионную стойкость, низкую истираемость и т.д.

*Ситаллы* - продукт кристаллизации стекол. Процесс изготовления ситаллов включает получение стекла определенного состава, формования из

него изделий и специальную термообработку. Ситаллы вырбатываются из малощелочного стекла методами проката и прессования. Основным достоинством ситаллов как конструктивных материалов является высокая механическая прочность, соизмеримая по величине с удельной прочностью некоторых металлов.

*Ситаллы* можно широко использовать для производства различных электро- и термостойких изоляторов, а также в виде отделочного и конструктивного материала в промышленном и гражданском строительстве.

*Шлакоситаллы* - дешевая разновидность ситаллов, применяемых в строительстве. Их изготавливают из расплава доменных металлургических шлаков и специальных добавок. Шлакоситаллы применяются в качестве покрытий полов, для наружной и внутренней отделки зданий, а также футеровки промышленного оборудования. Из шлакоситаллов можно изготавливать стеновые и облицовочные панели, кровли, ограждающие конструкции, санитарно-технические изделия и др.

**Каменное литье** - это каменные изделия, получаемые плавлением основных изверженных или осадочных горных пород и шлаков, разливкой расплава в формы и термической обработкой изделий с целью прохождения кристаллизации и снятия напряжений.

Стоимость литых изделий из расплавленных шлаков ниже стоимости литых изделий из плавленных горных пород. Это обусловлено тем, что для их получения используются жидкие шлаки, полученные из металлургических печей, в связи с чем отпадает необходимость расплавления шихты. Для получения литых изделий используют доменные шлаки и шлаки цветной металлургии. Из расплавленных шлаков получают различные строительные материалы и изделия: плитки для полов и облицовочные, трубы, дорожную брусчатку, плотный и пористый щебень для бетона и др. Литые изделия из расплавленных шлаков, так же как и из расплавленных горных пород, обладают высокой прочностью, твердостью и атмосферостойкостью.

## **Тема 4. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА**

### **4.1. Основные сведения о неорганических вяжущих веществах и их классификация**

Неорганическими вяжущими веществами называют тонкоизмельченные порошкообразные материалы, образующие при смешивании с водой пластичное тесто, под влиянием физико-химических процессов постепенно затвердевающее и переходящее в камневидное состояние. Это свойство вяжущих веществ используют для приготовления на их основе растворов, бетонов, безобжиговых искусственных каменных материалов и изделий.

Минеральные вяжущие вещества получают путем обжига в печах природных каменных материалов (известняков, гипса, ангидрида, доломита, магнезита). Куски, полученные после обжига, путем помола превращают в тонкий порошок. Чем меньше размер зерен после помола, тем выше

активность (качество) вяжущего. Процесс твердения вяжущих называется *схватыванием*. Срок схватывания отсчитывают от момента затворения вяжущего водой. Вещество должно схватываться только после того, как оно будет уложено в форму.

Наибольшей скоростью твердения обладают гипсовые вяжущие (они полностью затвердевают за несколько часов), наименьшей – воздушная известь: процесс ее твердения может длиться годами.

Принято различать две стадии в процессе твердения: схватывание и собственно твердение. Когда появляются признаки загустевания вяжущего теста и оно начинает заметно терять пластичность - это начало схватывания. Сроки схватывания гипса 30...40 мин, портландцемента - несколько часов. Все операции по транспортированию и укладке смесей на основе вяжущих (бетонных и растворных смесей) должны заканчиваться до начала схватывания. Повторное перемешивание, особенно с добавлением воды, с целью придания пластичности схватившейся смеси приводит к существенному снижению прочности бетона или раствора.

Прочность вяжущих изменяется во времени, поэтому оценивают вяжущие по прочности, набранной за определенное время твердения в условиях, установленных стандартом. Этот показатель принимают за марку вяжущего. Например, марка гипсовых вяжущих определяется по прочности образцов спустя 2 ч после их изготовления, а портландцемента через 28 суток твердения во влажных условиях при температуре  $20 \pm 2$  °C.

В зависимости от условий твердения неорганические вяжущие делят на воздушные, гидравлические, кислотостойкие и вяжущие автоклавного твердения.

Воздушные вяжущие твердеют и длительное время сохраняют свою прочность только на воздухе. К ним относят воздушную известь, гипсовые, магнезиальные вяжущие и жидкое стекло. Во влажных условиях они теряют свою прочность, поэтому их применяют только в сухих условиях.

Гидравлические вяжущие после предварительного твердения на воздухе сохраняют и наращивают свою прочность в воде. К ним относят гидравлическую известь, портландцемент и его разновидности, глиноземистый цемент и др. Для эффективного твердения гидравлических вяжущих необходимо, чтобы в твердеющем материале постоянно была вода, в сухих условиях процесс твердения приостанавливается. По условиям применения гидравлические вяжущие универсальны, их можно применять в сухих и влажных условиях, а также в воде.

Кислотостойкие вяжущие после затворения их водным раствором силиката натрия (жидкого стекла) затвердевают на воздухе, после чего длительно сохраняют свою прочность при воздействии некоторых кислот. Это особая разновидность воздушных вяжущих веществ, основным представителем которых является кварцевый цемент, применяемый для изготовления кислотостойких бетонов, растворов, замазок. Эти материалы теряют прочность в воде, а в среде едкой щелочи разрушаются.

Вяжущие автоклавного твердения - разновидность гидравлических

вяжущих, они затвердевают в среде насыщенного водяного пара, т.е. в условиях автоклавной обработки. В группу этих вяжущих входят нефелиновый цемент, известково-кремнеземистые, известково-золевые, известково-шлаковые вяжущие и др.

## 4.2. Воздушная известь

Воздушная известь - одно из древнейших вяжущих, широко применяемых в строительстве и промышленности. Известь - продукт умеренного обжига кальциевых и кальциево-магнелиевых карбонатных пород до возможно полного удаления углекислого газа. В результате обжига образуется продукт в виде кусков белого цвета, называемый негашеной комовой известью (кипелкой). В зависимости от характера последующей обработки различают следующие виды воздушной извести: негашеная молотая, гашеная гидратная (пушонка), известковое тесто, известковое молоко.

Сырьем для получения извести являются распространенные осадочные и горные породы - известняки, доломиты, мел, доломитизированные известняки, содержащие не более 6...8% глины. Преобладает в сырье карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$ , в небольшом количестве содержатся карбонат магния  $\text{MgCO}_3$  и некоторые примеси. Сырье обжигают при температуре 900...1200 °C:

На стройке известь гасят в ящиках-творилах, заполняемых комовой известью на 1/3 их высоты, это связано с тем, что при гашении известь сильно увеличивается в объеме. Чтобы не допустить перегрева извести и кипения воды, быстро гасящуюся известь сразу заливают большим количеством воды, медленно гасящуюся небольшими порциями, чтобы известь не охладилась и не "замерзла".

После гашения жидкое известковое тесто через сетку сливают в известегасильную яму, где завершается гашение. В яме известковое тесто выдерживают не менее двух недель. Чем дольше тесто находится в яме, тем выше его качество. Недопустимо сразу применять известковое тесто, содержащее непогасившиеся зерна более 0,6 мм.

Известь воздушная - едкая щелочь, работать с ней нужно осторожно.

Реакция соединения извести с водой во время гашения протекает очень энергично, бурно. Пар разрывает куски извести. Разлетающиеся при гашении частицы извести и брызги горячей воды весьма опасны для окружающих, поэтому работающие на гашении извести обязаны пользоваться защитными очками и респираторами, должны быть в плотно застегнутых комбинезонах, головных уборах, резиновых сапогах и рукавицах.

При нормальном гашении известь в 2,5...3,5 раза увеличивается в объеме, куски распадаются на мельчайшие частицы (до 0,001 мм), образуя с водой пластичное тесто. Теоретически для полного гашения  $\text{CaO}$  в  $\text{Ca(OH)}_2$  требуется 32,1% воды (по массе), практически воды берут в 2...3 раза больше, так как часть воды испаряется.

В зависимости от количества воды, взятой для гашения, получают

*гидратную известь* (ее иногда называют пушонкой) - воды берут 50...70% от массы извести, т.е. в количестве, необходимом для процесса гашения; *известковое тесто* - воды берут в три - четыре раза больше, чем извести; *известковое молоко* - воды берут в восемь - десять раз больше, чем требуется теоретически.

На строительство поставляют воздушную известь в виде негашеной комовой (кипелки), негашеной порошкообразной (молотой кипелки) и гашеной (гидратной) порошкообразной (пушонки).

*Негашеная комовая известь* - мелкопористые куски  $\text{CaO}$  размером 5...10 см, получаемые после обжига сырья, средняя плотность 1600...1700 кг/м<sup>3</sup>. В зависимости от содержания оксида магния воздушную известь разделяют на кальциевую (70...90%  $\text{CaO}$  и до 5%  $\text{MgO}$ ), магнезиальную (до 20%  $\text{MgO}$ ) и высокомагнезиальную или доломитовую ( $\text{MgO}$  от 20 до 40).

В зависимости от времени гашения извести всех сортов различают: быстрогасящуюся известь (время гашения до 8 мин); среднегасящуюся (до 25 мин), медленногасящуюся (свыше 25 мин).

Комовая негашеная известь - полуфабрикат для получения известкового теста, гидратной извести (пушонки) и молотой извести. Комовую известь перевозят навалом в закрытых вагонах и автомашинах. Хранят комовую известь на складе с деревянным полом, приподнятым над землей на 30 см.

Недопустимо попадание на известь воды, иначе она начнет гаситься, разогреется и вызовет пожар. Тушить пожар водой на складе извести запрещается.

*Негашеную порошкообразную (молотую) известь* получают помолом комовой извести в шаровых мельницах. В известь при измельчении часто вводят в количество 10...20% гидравлических добавок (шлак, зола). Как и комовую, молотую известь без добавок делят на три сорта, с добавками - на два; насыпная плотность 900...1100 кг/м<sup>3</sup>. Степень измельчения извести характеризуют полными остатками на ситах №02 и №008, которые должны составлять соответственно не более 1,5 и 15% от массы просеиваемой пробы.

При затворении водой молотая известь подобно гипсовым вяжущим образует пластичное тесто, а через 20...40 мин схватывается, так как вода затворения частично расходуется на гашение извести. При этом известковое тесто густеет, теряет пластичность и быстро твердеет. При оптимальном расходе воды известь во время твердения сохраняет объем. Строительные растворы и изделия из молотой извести (благодаря меньшему количеству свободной воды) менее пористы, более прочны и водостойки. Важно и то, что при гашении извести (а значит, и раствор) разогревается, что облегчает работу с ней зимой. Молотая известь не дает отхода. Перед приготовлением раствора известь не гасят, а засыпают непосредственно в растворосмеситель, где она гасится в процессе приготовления раствора.

*Гидратная известь (пушонка)* - гашеная известь в виде белого порошка заводского изготовления. Гасят известь в пушонку в аппаратах-гидраторах, в которых выделяющиеся теплота и водяной пар используются для превращения комовой извести в тонкий рыхлый порошок. Крупные

непогасившиеся частицы отсеивают. Влажность гидратной извести должна быть не более 5%; насыпная плотность - 400...450 кг/м<sup>3</sup>. Дисперсность извести характеризуют остатками на ситах №063 и №008, которые должны быть соответственно не более 2 и 10%. Выпускают двух сортов (см.табл.4.1).

Хранят известь в силосах или бункерах; перевозят в цементовозах, контейнерах, бумажных мешках или навалом.

Применяют гидратную известь для производства известковошлаковых и других вяжущих веществ, получения известковых красок и в качестве разбавителя в цветных растворах, приготовления кладочных и штукатурных растворов, предназначенных для надземной части зданий.

*Известковое тесто* - паста плотностью 1300...1400 кг/м<sup>3</sup> - образуется при гашении комовой извести избыточным количеством воды. Нормально гашеная известь, которая увеличилась в объеме не менее чем в 3 раза, называется жирной; известь, увеличившаяся при гашении менее чем в 2,5 раза, называется тощей. Чем меньше в известковом тесте непогасившихся частиц, тем выше его качество. Чем жирнее и чище от примесей известковое тесто, тем оно больше присоединяет к себе песка при приготовлении растворов. Перевозят известковое тесто (и молоко) в автоцистернах.

Строительную воздушную известь применяют не только для приготовления кладочных и штукатурных растворов, но также для приготовления бетонов низких марок, работающих в сухих условиях, для производства силикатного кирпича, ячеистых изделий автоклавного твердения, известковых красок, смешанных гидравлических вяжущих и других материалов.

#### **4.3. Гипсовые вяжущие вещества**

В строительстве и промышленности издавна применяют гипсовые вяжущие материалы - строительный гипс, формовочный и высокопрочный, эстрих-гипс, антигитритовый цемент и др. Это минеральные вяжущие воздушного твердения, состоящие из полуводного гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$   $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или ангидрита  $\text{CaSO}_4$ , и образуются путем тепловой обработки и помола сырья, содержащего двухводный или безводный сульфат кальция.  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  - двухводный гипс - минерал, входящий в состав различных горных пород, гипсового камня, глиногипса, а также в состав промышленных отходов - фосфогипса (отход от переработки природных фосфатов в суперфосфат), борогипса и др. В зависимости от температуры тепловой обработки гипсовые вяжущие подразделяют на низкообжиговые и высокообжиговые.

Из всех низкообжиговых гипсовых вяжущих промышленность выпускает главным образом *строительный гипс*, производство которого состоит в дроблении и варке (тепловой обработке) гипсового камня, а также тонком измельчении.

Оценка качества гипсовых вяжущих зависит от сроков схватывания, тонкости помола, водопотребности, предела прочности при сжатии и изгибе.

*По срокам схватывания* гипсовые вяжущие делят на три группы: А - быстро схватывающиеся (начало схватывания не ранее 2 мин, конец – не позднее 15 мин); Б - нормально схватывающиеся ( начало схватывания не ранее 6 мин, конец - не позднее 30 мин); В - медленно схватывающиеся (начало схватывания не ранее 20 мин, конец - не нормируется).

*По тонкости помола*, определяемой наибольшим остатком на сите с размером ячеек 0,2 мм, гипсовые вяжущие делят на три группы: I - грубый помол, остаток на сите не более 23%; II - средний помол, остаток на сите не более 14%; III - тонкий помол, остаток на сите не более 2%.

*Водопотребность* гипсового вяжущего определяют количеством воды в % от массы вяжущего, необходимым для получения гипсового теста нормальной густоты, т.е. стандартной консистенции [диаметр расплыва лепешки (180±5) мм].

*Прочность* гипсовых вяжущих определяют по результатам испытания образцов-балочек размером 40×40×160 мм из гипсового теста нормальной густоты через 2 ч после изготовления. За это время гидратация и кристаллизация вяжущего завершаются.

Гипсовые вяжущие неводостойки.

В строительстве по масштабам применения гипсовые вяжущие уступают цементам и извести, но используются весьма широко. Затраты топлива на изготовление тонны гипсового вяжущего в четыре раза ниже, чем на производство тонны цемента. Гипсовые изделия отличаются гигиеничностью, небольшой средней плотностью (1200...1500кг/м<sup>3</sup>), высокой пористостью (30...60%), огнестойкостью, архитектурной выразительностью, высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами.

Перевозят гипсовые вяжущие в мешках или без упаковки, навалом. При этом их предохраняют от увлажнения и загрязнения. Даже при хранении в сухих условиях гипсовые вяжущие быстро теряют активность, обладая высокой гигроскопичностью (через три месяца хранения потеря активности составляет примерно 30%). Высокая гигроскопичность и низкая водостойкость гипсовых вяжущих приводят к потере прочности изделий во влажных условиях. Гипсовые вяжущие стимулируют коррозию черных металлов - арматуры, сетки, проволоки, гвоздей - особенно во влажных условиях.

В отличие от других гипсовые вяжущие можно применять без заполнителей и наполнителей, не боясь появления трещин, так как они не дают усадки и, напротив, при твердении увеличиваются в объеме.

При необходимости заполнителями могут служить древесные опилки, стружка, костра, а также легкие пористые материалы - шлаки, керамзит, шлаковая пемза и др.

#### **4.4. Жидкое стекло и кислотоупорный цемент**

Жидкое стекло - коллоидный водный раствор растворимого силиката натрия  $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2$  или силиката калия  $\text{K}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2$  плотностью 1300...1500

кг/м<sup>3</sup> при содержании воды 50...70%. Величина  $m$  указывает на отношение числа молекул кремнезема к числу молекул щелочного оксида и называется силикатным модулем стекла.

Растворимый силикат натрия  $\text{Na}_2\text{O } m\text{SiO}_2$  получают, сплавляя кварцевый песок  $\text{SiO}_2$  с содой  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а силикат калия  $\text{K}_2\text{O } m\text{SiO}_2$  – сплавлением песка с поташом  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Стекло варят в стекловаренных печах при температуре 1400 С. Когда разлитый расплав застывает, образуются прозрачные различных оттенков куски стекла, называемые силикат-глыбой. Раздробленные куски стекла растворяют в воде в автоклаве при температуре 120...150 С и давлении пара 0,6...0,8 МПа. В результате получают жидкое натриевое или калиевое стекло.

Жидкое стекло твердеет медленно - в результате слипания и уплотнения частиц свободного кремнезема при испарении воды и воздействия углекислого газа воздуха.

В строительстве обычно применяют натриевое жидкое стекло плотностью 1300...1500 кг/м<sup>3</sup> и модулем 2,6...3. Его применяют для изготовления кислотоупорных и жароупорных бетонов, штукатурок, замазок, уплотнения грунтов. Калиевое жидкое стекло более дорогое; его применяют для изготовления силикатных красок, клеящих составов; оно не дает на штукатурке и окраске высолов, чем выгодно отличается от натриевого жидкого стекла.

Кислотоупорный кварцевый цемент - тонкомолотый порошок, получаемый совместным помолом кислотоупорного материала (кварцевого песка, бештаунита или андезита) и фторосиликата натрия (4...14%); допускается смешивать отдельно измельченные материалы. Вяжущими свойствами этот цемент не обладает. Его затворяют жидким стеклом (плотностью 1360...1380 кг/м<sup>3</sup> и модулем 2,8...3,0), которое и является вяжущим.

Кислотоупорный цемент применяют для изготовления кислотостойких растворов, бетонов, замазок, обмазок, для футеровки химических аппаратов, устройства кислотостойких полов. Кислотоупорные растворы и бетон, будучи стойкими, в кислотах (кроме фосфорной, фтористоводородной и кремнефтористоводородной), теряют прочность в воде, а в едких щелочах разрушаются.

#### 4.5. Магнезиальные вяжущие

Разновидностью магнезиальных вяжущих являются каустический магнезит и каустический доломит.

*Каустический магнезит*  $\text{MgO}$  получают при обжиге горной породы магнезита  $\text{MgCO}_3$  в шахтных или вращающихся печах при 700...800 С.

*Каустический доломит*  $\text{MgOCaCO}_3$  получают путем обжига при 650...750 С природного доломита  $\text{MgCO}_3\text{CaCO}_3$  с последующим тонким измельчением продукта.

Магнезиальные вяжущие затворяют не водой, а водными растворами

солей сернокислого или хлористого магния. Наиболее распространенный растворитель - раствор хлористого магния  $MgCl_2$ , так как он обеспечивает большую прочность. На основе магнезиальных вяжущих изготавливают ксилолит (смесь вяжущего с опилками), используемый для устройства полов, фибролит (смесь вяжущего с древесной шерстью) и другие теплоизоляционные материалы. Применяют магнезиальные вяжущие и при производстве изделий для внутренней облицовки помещений, изготовления оснований под чистые полы, скульптурных изделий.

#### 4.6. Гидравлическая известь

**Гидравлическая известь** - вяжущее, получаемое в результате умеренного обжига при температуре 900...1100 С мергелистых известняков с содержанием в них глины и песчаных примесей от 6 до 20%.

Затворенная водой гидравлическая известь после предварительного твердения на воздухе продолжает твердеть в воде, при этом процессы воздушного твердения сочетаются с гидравлическими. Гидрат оксида кальция  $Ca(OH)_2$  при испарении воды постепенно кристаллизуется, а под действием углекислоты воздуха карбонизируется. В результате гидратации силикатов, алюминатов и ферритов кальция образуются гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферриты кальция, они почти не растворяются в воде и обеспечивают гидравлическое твердение извести.

Продукт обжига не только измельчают, но его также гасят в пушонку. Гидравлическая известь, смоченная водой, гасится и рассыпается в порошок, а залитая водой образует тесто, которое, начав твердеть на воздухе, продолжает твердеть в воде. Тесто гидравлической извести употребляют в дело сразу после приготовления, хранить его дольше суток нельзя, так как оно затвердеет.

Обычную гидравлическую известь применяют для приготовления штукатурных и кладочных растворов, а высококачественную - в бетонах низких марок и шлакобетоне как в сухой, так и во влажной среде. Растворные смеси на гидравлической извести менее пластичны и подвижны, чем растворы на воздушной извести. Зато твердеют они быстрее и равномерно, получаются плотными, водо- и морозостойкими, предел прочности при сжатии их достигает 5 МПа. Растворы и бетоны на гидравлической извести после укладки их в дело необходимо выдержать в воздушно-влажной среде около двух недель и только после этого помещать в воду.

На строительство гидравлическую известь в виде готового порошка доставляют в цементовозах, контейнерах, бумажных битуминизированных или многослойных мешках. Доставленную на стройку комовую гидравлическую известь гасят на месте в известегасилках, в которых гашение совмещается с помолотом, в противном случае при гашении в творилах образуется много отходов в виде непогасившихся частиц.

#### 4.7. Портландцемент

*Портландцемент* - гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким измельчением обожженной до спекания при температуре 1450...1500 С сырьевой смеси, состоящей из известняка и глины, обеспечивающей преобладание в клинкере силикатов кальция. Спекшуюся сырьевую смесь в виде зерен размером до 40 мм называют *клинкером*.

Сырье для производства портландцемента должно содержать 75...78%  $\text{CaCO}_3$  и 22...25% глины. Таким составом обладает мергель - осадочная горная порода, представляющая собой тесную смесь известняка с глиной. Но мергель в природе встречается редко, поэтому чаще всего отдельно добываемые известняк и глину смешивают в соотношении 3:1 (мас.ч.). В сырьевую смесь вводят корректирующие добавки. Недостаток  $\text{SiO}_2$  компенсируют введением диатомита, трепела, опоки; содержание оксидов железа увеличивают добавкой руды или колчеданных огарков.

При смешивании портландцемента с водой образуется пластичное, легко формируемое клейкое тесто, постепенно густеющее и переходящее в камневидное состояние.

Твердение цемента - сложный процесс, включающий ряд химических и физических явлений. При затвердении минералы цемента реагируют с водой и дают различные новообразования. Процессы взаимодействия минералов с водой протекают одновременно, налагаются друг на друга. В свою очередь, новообразования взаимодействуют между собой и минералами цементного клинкера, образуют новые соотношения.

К основным свойствам портландцемента относятся средняя плотность, истинная плотность, тонкость помола, водопотребность, сроки схватывания, тепловыделение, равномерность изменения объема и прочность.

*Прочность* портландцемента характеризуют маркой, которую устанавливают по пределу прочности при сжатии и изгибе образцов-балочек размером 40 x 40 x 160 мм, испытанных в возрасте 28 сут. твердения. Балочки изготовляют из цементно-песчаного раствора состава 1:3 (цемент:нормальный песок) стандартной консистенции при водоцементном отношении В/Ц=0,4. Образцы твердеют на воздухе (над водой) в течение 1 сут и в воде комнатной температуры (без форм) 27 сут.

Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут называют *активностью* цемента, по величине которой устанавливают марку цемента.

Например, если при испытании цемента установлена активность 43 МПа, то его относят к марке 400.

Портландцементы разделяют на марки 400, 500, 550 и 600. Минимальные значения пределов прочности при сжатии и изгибе, соответствующие определенным маркам, приведены в табл.4.3.

В паспорте на отгружаемый цемент цементный завод должен указывать не только марку, но и активность, т.е. фактическую прочность цемента на сжатие при пропаривании в возрасте 1 сут.

Таблица 4.3. Прочность портландцемента

| Марка<br>цемента | Предел прочности через 28 сут, МПа, не<br>менее |            |
|------------------|-------------------------------------------------|------------|
|                  | при изгибе                                      | при сжатии |
| 400              | 5,5                                             | 40         |
| 500              | 6,0                                             | 50         |
| 550              | 6,2                                             | 55         |
| 600              | 6,5                                             | 60         |

#### 4.8. Коррозия цементного камня, ее виды и меры защиты от нее

Бетонные сооружения могут разрушаться под действием природных вод. Разрушение начинается с цементного камня, структурные составляющие которого или растворяются, или вступают в химическое взаимодействие с солями и кислотами, содержащимися в минерализованной воде. Образующиеся новые химические соединения или легкорастворимы в воде, или кристаллизуются в цементном камне со значительным увеличением объема, приводящим к возникновению внутренних напряжений и к разрушению бетона (коррозии).

Встречающиеся в практике коррозии можно разделить на три вида: коррозия первого вида начинается обычно с растворения свободного гидроксида кальция, выделяемого цементом при гидратации; коррозия второго вида вызвана образованием легкорастворимых солей при действии кислот, кислых газов и других агрессивных веществ на гидроксид цементного камня (кислотная, магниезиальная коррозия); коррозия третьего вида обуславливается образованием в порах цементного камня соединений, занимающих больший объем, чем исходные продукты реакции; это вызывает появление внутренних напряжений и растрескивание (сульфоалюминатная и щелочная коррозия). В практике редко встречается коррозия одного вида. Кроме того, трудно разграничивать коррозию, например, первого и второго вида. Однако почти всегда можно выделить преобладающий вид коррозии и с учетом сопутствующих ему вторичных коррозионных воздействий спроектировать мероприятия по защите конструкций от коррозии.

Стойкость цементного камня в условиях действия природных вод может быть обеспечено комплексом мер, главными из которых являются:

- 1) повышение плотности;
- 2) выбор специальных вяжущих;
- 3) введение добавок, изменяющих структуру цементного камня, уменьшающих водопотребность и т.д.;
- 4) обработка поверхностного слоя флюатированием, высокомолекулярными соединениями;
- 5) защита поверхности от агрессивной среды за счет окраски, оклейки, оштукатуривания гидроизоляционными материалами.

## **4.9. Применение портландцемента**

Портландцемент широко используется в строительстве при приготовлении строительных растворов, возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций и сооружений, производстве сборных бетонных и железобетонных конструкций.

## **4.10. Разновидности портландцемента**

В настоящее время наряду с обыкновенным портландцементом выпускают большое количество его разновидностей - быстротвердеющий, пластифицированный, гидрофобный, сульфатостойкий, белый и цветной портландцементы. Эти цементы рекомендуются только в тех случаях, когда их специальные свойства могут быть использованы с максимальной эффективностью.

## **4.11. Цементы с активными минеральными добавками**

К этой группе гидравлических вяжущих веществ принадлежат цементы, получаемые совместным помолом портландцементного клинкера либо извести и активной минеральной добавки или тщательным смешиванием указанных компонентов после раздельного измельчения каждого из них.

Активными минеральными (гидравлическими) добавками называют природные или искусственные вещества, которые при смешивании в тонкоизмельченном виде с известью и затворении водой придают ей способность к гидравлическому твердению, а при смешивании с портландцементом повышают его стойкость в пресных и сульфатных водах. Гидравлические добавки в порошковидном состоянии, будучи смешанными с водой, самостоятельно не затвердевают.

Минеральную добавку считают активной, если она обеспечивает конец схватывания теста, приготовленного на основе добавки и извести, не позднее 7 сут. после затворения и водостойкость не позднее 3 сут. после конца его схватывания.

Природные добавки - это горные породы изверженного (вулканические пеплы - пуццоланы и туфы, пемза, трассы и др.) или осадочного происхождения (диатомиты, трепелы, опоки, глиежи). Главная составная часть их - активный кремнезем в аморфном состоянии.

Искусственные добавки - это доменные гранулированные шлаки, нефелиновый шлак, зола-унос, топливные шлаки, самовозгорающиеся в отвалах пустые шахтные породы, продукты обжига глины - глинит, цемянка, керамзит, аглопорит и др.

Активные минеральные добавки применяют в качестве составной части смешанных вяжущих материалов - портландцемента с минеральными добавками, пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента и др. Они придают цементам водостойкость. В качестве напудрителя их вводят в

бетонные и растворные смеси, что дает экономию цемента и обеспечивает получение более плотных и стойких против коррозии бетонов и растворов. Естественно, что активные минеральные добавки несколько снижают прочность цемента, бетона и раствора. Поэтому отдают предпочтение добавкам, обладающим высокой активностью и малой водопотребностью, при строгом соблюдении расчетных составов бетонов и растворов.

#### **4.12. Специальные цементы**

Эта группа гидравлических вяжущих веществ резко отличается от цементов, изготовленных на основе портландцементного клинкера, видом исходного сырья, технологией производства, химическим и минералогическим составом, свойствами, а также областями применения. В нее входят глиноземистый, тампонажный, расширяющийся и безусадочный, а также напрягающий цемент.

#### **4.13. Транспортировка и хранение цементов**

Цементы доставляют с завода-изготовителя к месту потребления железнодорожным и автомобильным транспортом. При доставке цемента по железной дороге используют вагоны-цементовозы бункерного типа, цистерны и контейнеры, а также обыкновенные крытые вагоны, в которых цемент загружают навалом или в бумажных мешках. В случаях перевозки цемента навалом выгружают его механизированным способом пневматическими и пневмомеханическими разгрузчиками. При транспортировании автоцементовозами его загружают через герметически закрывающийся люк, а выгружают при помощи сжатого воздуха, поступающего от компрессора, установленного на цементовозе.

Цементы, поступающие навалом, хранят в силосных или бункерных складах отдельно по видам, маркам и партиям от различных заводов. Запрещается при хранении смешивать цементы различных видов и марок. Цемент в бумажных мешках хранят в закрытых складах-сараях с плотными водонепроницаемыми крышей, стенами и деревянным полом, приподнятым над поверхностью земли не менее чем на 30 см. В процессе транспортирования и хранения необходимо оберегать цемент от воздействия влаги и засорения посторонними примесями.

При поступлении цемента на склад немедленно на каждую емкость ставят указатели с обозначением вида цемента, марки, времени прибытия и количества. В случае необходимости контроля качества поступившего на склад цемента от каждой партии отбирают пробу массой 20 кг и направляют ее в строительную лабораторию, где производят стандартное и ускоренное испытание цемента.

При длительном хранении цемента на складе обычно за счет поглощения влаги из воздуха и преждевременной гидратации происходит его комкование и снижение активности. Активность портландцемента снижается через 3 мес.

в среднем на 15...20%, через 6 мес. - на 20...30%, а тонкомолотые быстротвердеющие портландцементы теряют активность значительно быстрее, поэтому большие запасы цемента на складах строек и предприятий строительной индустрии нежелательны.

## **Тема 5. БЕТОНЫ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ (ГИДРАТАЦИОННЫХ) ВЯЖУЩИХ**

### **5.1. Бетоны на неорганических вяжущих веществах**

#### **5.1.1. Определение и общая классификация бетонов**

**Бетоном** называют искусственный каменный материал, получаемый в результате твердения правильно подобранной, тщательно перемешанной и уплотненной смеси вяжущего вещества, воды, заполнителей и в необходимых случаях специальных добавок. Смесь из указанных выше компонентов до начала ее затвердевания называют *бетонной смесью*.

Классифицируют бетоны по следующим основным признакам: *по назначению*, средней плотности, виду вяжущего, виду заполнителей, а также по структуре и условиям твердения.

**По назначению** различают следующие бетоны; обычный, гидротехнический, бетон для транспортного строительства, дорожный, жаростойкий, конструкционно-теплоизоляционный, теплоизоляционный, коррозионностойкий.

*Обычным*, или общестроительным, называют бетон, к которому не предъявляются особые требования, определяемые условиями эксплуатации выполняемых из него конструкций или изделий.

К *гидротехническим* относят бетоны, применяемые для возведения плотин, шлюзов, облицовки каналов и др.

Бетоны для *транспортного* строительства предназначены для возведения мостов, виадуков, путепроводов, эстакад, водопропускных труб и регуляционных сооружений на железных и автомобильных дорогах.

*Дорожным* называют бетон, применяемый в покрытиях дорог, аэродромов и других подобных сооружениях.

*Жаростойкие* бетоны применяют для изготовления конструкций, которые в условиях эксплуатации подвергаются постоянному или периодическому воздействию температур выше 200 С.

*Конструкционно-теплоизоляционные* бетоны предназначены для железобетонных конструкций, к которым предъявляются требования как по несущей способности, так и по теплоизоляционным свойствам.

*Коррозионно-стойкими* называют бетоны, способные в условиях эксплуатации выполненных из них частей зданий и сооружений противостоять действию агрессивных сред.

**В зависимости от средней плотности** различают особо тяжелые, тяжелые, легкие и особо легкие бетоны.

*Особо тяжелые бетоны* со средней плотностью более 2500 кг/м<sup>3</sup>

изготавливают на особо тяжелых заполнителях (магнетите, лимоните, барите, чугуновой дробы, обрезках стали). Эти бетоны применяют для изготовления специальных конструкций, например при сооружении зданий атомных электростанций для защиты от радиоактивного излучения.

*Тяжелые бетоны* со средней плотностью 2000...2500 кг/м<sup>3</sup> изготавливают на плотном песке и крупном заполнителе из плотных горных пород и используют во всех несущих конструкциях.

*Легкие бетоны* со средней плотностью 500...2000 кг/м<sup>3</sup> изготавливают на пористом крупном заполнителе и пористом или плотном мелком заполнителе. Их используют в основном для производства ограждающих конструкций (при  $\rho < 1600$  кг/м<sup>3</sup>) либо для несущих конструкций (при  $\rho = 1200...2000$  кг/м<sup>3</sup>).

*Особо легкие бетоны (ячеистые)* со средней плотностью менее 500 кг/м<sup>3</sup>, изготавливаемые на основе вяжущего вещества и порообразователя. Применяются в качестве теплоизоляционного материала в виде плит, скорлуп и других изделий.

Классификация бетонов по средней плотности - это, в сущности, разделение по структурному признаку в зависимости от общей пористости. Основная доля в объеме бетона приходится на заполнители, поэтому плотность бетона регулируют, применяя плотные или пористые заполнители. Кроме того, используют и другие пути, например поризацию вяжущего воздухововлекающими добавками.

**По виду вяжущего** бетоны подразделяют следующим образом.

*Бетоны на цементных вяжущих* изготавливают преимущественно на портландцементе, шлакопортландцементе, пуццолановом портландцементе и их разновидностях. Такие бетоны универсальны для изготовления несущих и ограждающих конструкций в промышленном, гражданском и жилищном строительстве, за исключением тех случаев, когда предъявляют особые требования, например по жаростойкости, химической стойкости.

*Бетоны на известковых вяжущих* применяют только для изготовления сборных бетонных и железобетонных элементов на заводах.

*Бетоны на гипсовых вяжущих* используют из-за низкой водостойкости только для производства внутренних конструкций зданий.

*Бетоны на шлаковых вяжущих*, изготавливаемые на основе молотых шлаков и зол с активизаторами твердения, используют при производстве бетонных (а не железобетонных) изделий и конструкций. Применение местных шлаковых вяжущих позволяет экономить цемент и удешевлять конструкции.

*Бетоны на специальных вяжущих* (органических или неорганических), к каждому из которых предъявляют определенное требование, включают в себя бетоны на полимерных, фосфатных, магнезиальных связующих, бетоны на жидком стекле.

**По виду заполнителей** различают бетоны на плотных, пористых и специальных заполнителях.

*Бетоны на плотных заполнителях* изготавливают на заполнителях из

плотных горных пород или шлаков.

*Бетоны на пористых заполнителях* изготавливают с использованием искусственных пористых заполнителей или заполнителей из пористых горных пород.

*Бетоны на специальных заполнителях* изготавливают с применением заполнителей, придающих им особые свойства. В число специальных заполнителей входят, например, рудосодержащие породы, чугунный скрап, шамот.

**По крупности зерен заполнителей** различают бетоны мелкозернистые и крупнозернистые.

*Мелкозернистым бетоном* считается бетон, в котором размеры зерен крупного заполнителя составляют до 10 мм.

В *Крупнозернистом бетоне* - размеры зерен крупного заполнителя составляют более 10 мм.

**В зависимости от характера структуры** выделяют следующие виды бетонов.

*Бетоны плотной (слитной) структуры*, в которых пространство между зернами заполнителей полностью занято затвердевшим вяжущим веществом. Допускаемый объем межзерновых пустот в уплотненной бетонной смеси не превышает 6%.

*Крупнопористые бетоны* (беспесчаные или малопесчаные), в которых значительная часть объема межзерновых пустот остается не занятой мелким заполнителем и затвердевшим вяжущим.

*Поризованные бетоны*, в которых пространство между зернами заполнителей занято вяжущим веществом, поризованном пенообразующими или газообразующими добавками.

*Ячеистые бетоны* - бетоны с искусственно созданными ячейками-порами, состоящие из смеси вяжущего вещества, тонкодисперсного кремнеземистого компонента и породоборазующей добавки.

Бетоны слитной структуры применяют для изготовления несущих конструкций, к которым предъявляют повышенные требования по морозостойкости и водонепроницаемости. Крупнопористые, поризованные и ячеистые бетоны рекомендуется использовать преимущественно для изготовления ограждающих и теплоизоляционных конструкций.

**По условиям твердения** бетоны подразделяются: на бетоны *естественного твердения*, твердеющие при температуре 15...20 С и атмосферном давлении; на бетоны, подвергнутые с целью ускорения твердения *тепловой обработке* (70...90 С) при атмосферном давлении; на бетоны, твердеющие в *автоклавах* при температуре 175...200 С и давлении паром 0,9...1,6 МПа.

### **5.1.2. Материалы для тяжелого (обычного) бетона**

**Цементы.** Для изготовления бетонов следует применять портландцемент, шлакопортландцемент и их разновидности.

**Мелкий заполнитель.** В качестве мелкого заполнителя в тяжелых бетонах применяют песок, который может быть природным или искусственным.

**Крупный заполнитель.** В качестве крупного заполнителя для приготовления тяжелого бетона применяют гравий или щебень.

### 5.1.3. Технологические свойства бетонной смеси

Бетонную смесь получают после тщательного перемешивания вяжущего вещества, мелкого и крупного заполнителей, воды и необходимых добавок. До затвердения смесь находится в пластичном состоянии, что позволяет формировать из нее изделия любой конфигурации.

По физическому состоянию бетонная смесь занимает особое, промежуточное положение между жидкостями и твердыми телами. Подобно твердому телу смесь, находящаяся в состоянии покоя, обладает упругостью и прочностью структуры. Когда прочность структуры преодолена, бетонная смесь становится подобной вязкой жидкости.

В практике производства бетонных работ для оценки свойств бетонной смеси используют технические характеристики. Самая важная характеристика - **удобоукладываемость**, т.е. способность бетонной смеси заполнять форму при заданном способе уплотнения и образовывать в результате уплотнения плотную, однородную массу. Для оценки удобоукладываемости используют три показателя: подвижность, жесткость и связность смеси.

### 5.1.4. Структура и пористость бетона

В бетоне можно выделить макроструктуру, видимую невооруженным глазом или при небольшом увеличении, и микроструктуру, выявляемую с помощью оптического или электронного микроскопа.

**Макроструктура бетона** в зависимости от раздвижки зерен заполнителей делится на три вида: с базальной цементацией, поровую и контактную.

**Микроструктура** затвердевшего бетона характеризуется составом твердого вещества, размером и характером пор, а также строением контактной зоны между заполнителем и цементным камнем.

### 5.1.5. Прочность бетона и ее законы

**Прочность бетона** в проектном возрасте характеризуют классами прочности на сжатие и осевое растяжение. Отличительная особенность бетонных работ - значительная неоднородность получаемого бетона. Чем выше культура строительства, лучше качество приготовления и укладки бетона в конструкции, тем меньше будут возможные колебания прочности. Следовательно, важно не только получить бетон с заданной средней

прочностью, но и обеспечить ее во всем объеме изготавливаемых конструкций.

Прочность - основная характеристика бетона как конструкционного материала. Численное значение прочности определяется действием многих факторов. К важнейшим из них относятся качество примененных материалов и пористость бетона.

Зависимость прочности бетона от Ц/В и марки цемента в общем виде выражают формулой:

$$R_d = A R_{\text{ц}} \left( \frac{\text{Ц}}{\text{В}} \pm b \right), \quad (5.5)$$

где

$R_d$  - прочность бетона на сжатие;

$A$  - коэффициент, учитывающий качество заполнителей;

$R_{\text{ц}}$  - марка (активность) цемента;

Ц и В - соответственно расход цемента и воды в бетонной смеси;

$b$  - постоянный коэффициент, определяемый опытным путем.

Эта формула выражает основной закон прочности бетона. В ней учитываются важнейшие факторы, влияющие на прочность бетона: качество заполнителей ( $A$ ), качество цемента ( $R_{\text{ц}}$ ) и качество цементного камня, т.е. его пористость (Ц/В). Прочность бетона окажется тем выше, чем лучше заполнители, выше марка цемента и больше значение Ц/В. При постоянном расходе цемента прочность бетона с увеличением расхода воды уменьшается, а с уменьшением расхода воды увеличивается. Формула справедлива для расчета прочности плотноувлажненного бетона, твердеющего в нормальных температурно-влажностных условиях и испытанного по стандартной методике в возрасте 28 сут.

Для составов бетона, характеризующихся значениями Ц/В=1,4...2,5, формула (5.5) принимает вид

$$R_d = A_1 R_{\text{ц}} (\text{Ц/В} - 0,5), \quad (5.6)$$

а для Ц/В=2,5...3,3

$$R_d = A_2 R_{\text{ц}} (\text{Ц/В} + 0,5). \quad (5.7)$$

Значения коэффициентов  $A_1$  и  $A_2$ , учитывающих качество заполнителей, приведены в табл. 5.7.

Таблица 5.7. Значения коэффициентов, учитывающих качество материалов

| Характеристика материалов для бетона | $A_1$ | $A_2$ |
|--------------------------------------|-------|-------|
| Высококачественные                   | 0,65  | 0,43  |
| Рядовые                              | 0,60  | 0,40  |
| Пониженного качества                 | 0,55  | 0,37  |

Примечания:

к высококачественным материалам относят: портландцемент высокой активности с минимально допустимым количеством гидравлической добавки, щебень из плотных пород, песок плотный крупный и средней крупности. Заполнители должны быть не загрязненными, оптимального зернового состава;

к рядовым материалам относят: портландцемент средней активности или высокомарочный шлакопортландцемент, заполнители среднего качества, в том числе гравий;

к материалам пониженного качества относят цементы низкой активности, непрочные крупные заполнители, мелкие пески.

Набор бетоном прочности во времени происходит за счет увеличения прочности цементного камня и силы сцепления между цементным камнем и заполнителем.

После приготовления и укладки бетона в конструкции происходит интенсивный рост прочности, который в последующем замедляется. Характер набора бетоном прочности, особенно в начальный период, зависит от ряда факторов и в первую очередь от вида применяемого цемента. Приблизительно рост прочности бетона со временем можно определить по формуле, предложенной проф. Б.Г. Скрамтаевым

$$R_{At} = \frac{R_{A(28)} \lg n}{\lg 28}, \quad (5.8)$$

где

$R_{6n}$  - прочность бетона на n-ный день твердения, МПа;

$R_{6(28)}$  - прочность бетона на 28-й день твердения, МПа;

n - возраст бетона в сутках.

Формула справедлива для бетонов на обычном портландцементе, твердеющем в нормальных условиях при возрасте более 28 суток, и с меньшей степенью точности в возрасте от 3 до 27 дней. В более раннем возрасте фактическая прочность бетона может значительно отклоняться от расчетной.

### 5.1.6. Деформации бетона

К основным видам деформаций бетона относятся собственные деформации твердения (усадка и набухание) и деформации, вызванные внешними силами. Деформации могут быть упругими или обратимыми и пластическими или необратимыми.

К основным видам необратимых деформаций бетона можно отнести деформации усадки и ползучести.

*Усадочные деформации* бетона являются следствием усадки цементного камня при твердении. Таким свойством обладают бетоны, приготовленные на всех видах вяжущих материалов, кроме строительного гипса, расширяющихся и безусадочных цементов.

Под *ползучестью* понимают необратимую деформацию материала под действием внешних нагрузок.

#### **5.1.7. Принципы проектирования состава бетона**

Проектирование состава бетона заключается в определении требований к бетонной смеси, установлении технологии изготовления бетона, выборе материалов, подборе бетонной смеси.

Запроектированная бетонная смесь должна иметь заданную удобоукладываемость, а затвердевший бетон - удовлетворять проектным маркам. Необходимо также подбирать наиболее экономичный состав бетона, что достигается правильным соотношением между мелким и крупным заполнителем при возможно меньшем расходе цемента.

Подобрать состав бетона теоретически (расчетным путем) невозможно, так как нет достаточного количества математических зависимостей, связывающих состав бетона с его характеристиками. Поэтому применяют расчетно-экспериментальные способы проектирования состава бетона. Сначала рассчитывают ориентировочный состав бетона, используя приближенные математические зависимости и экспериментальные данные. Затем на пробном замесе устанавливают полученные свойства расчетной бетонной смеси и затвердевшего бетона. При необходимости корректируют состав бетонной смеси.

#### **5.1.8. Приготовление, транспортирование и укладка бетонной смеси**

В производстве бетонных и железобетонных работ основными технологическими процессами являются приготовление, транспортирование, укладка и уплотнение бетонной смеси с последующим уходом за бетоном и контролем его прочности. От правильного выполнения перечисленных выше процессов во многом зависит качество бетонных и железобетонных изделий.

#### **5.1.9. Твердение бетона**

Уложенная в опалубку бетонная смесь благодаря гидратации цемента самопроизвольно затвердевает. Заданная проектом прочность достигается при определенном уходе за твердеющим бетоном, т. е. при создании оптимального температурно-влажностного режима твердения и защите бетона от ударов и сотрясений, которые могут нарушать еще не сложившуюся структуру.

Важнейшими факторами, влияющими на качество бетона на данном этапе, являются условия и длительность твердения.

#### **5.1.10. Уход за бетоном**

Уход за бетоном — комплекс мероприятий по созданию наиболее

благоприятных температурно-влажностных условий твердеющего бетона.

Свежеуложенный бетон выдерживают во влажном состоянии и предохраняют от сотрясений, ударов, каких-либо повреждений, а также резких изменений температуры. В летнее время открытые поверхности свежеуложенного бетона следует укрывать мешковиной, рогожей, песком, опилками или другими материалами и периодически увлажнять.

Твердение бетона при температурах ниже 5...10 С значительно замедляется, а при температурах ниже нуля практически прекращается. Находящаяся в бетоне свободная вода, замерзает, увеличивается в объеме, что приводит к нарушению структуры еще не затвердевшего цементного камня, а это в свою очередь, снижает конечную прочность бетона. Наиболее опасно замерзание бетона в период схватывания цемента. Поэтому основным условием ведения бетонных работ в зимнее время является обеспечение в уложенном бетоне определенной положительной температуры, исключающей замерзание бетона в раннем возрасте до достижения им к моменту замерзания 50% марочной прочности.

## **5.2. Строительные растворы**

### **5.2.1. Краткие сведения и классификация растворов**

**Строительным раствором** называют искусственный каменный материал, полученный в результате затвердевания правильно подобранной смеси, состоящей из вяжущего, воды, мелкого заполнителя и добавок. До затвердевания ее называют **растворной смесью**.

В отличие от бетона в растворе нет крупных заполнителей (щебня или гравия). Растворы предназначены для штукатурных, кладочных и специальных (антикоррозионных, изоляционных) работ. В растворе вяжущее и вода обволакивают зерна заполнителя, уменьшая трение между ними, благодаря чему смесь становится подвижной, удобной для работы. В процессе твердения вяжущее прочно связывает в монолит частицы заполнителя. Вяжущим в растворе являются известь, глина, гипсовое вяжущее, цемент или их смеси. Заполнителем служит природный или искусственный песок. Добавки (неорганические и органические) улучшают свойства растворной смеси и раствора.

Строительные растворы классифицируют по плотности, виду вяжущего, составу и назначению.

В ряде случаев (например, при отдаленном расположении завода) оправдывает себя применение для штукатурных и облицовочных работ *сухих смесей*, состоящих из вяжущего и высушенного заполнителя. Сухие смеси готовят централизованно, их снабжают паспортом с указанием состава, марки и времени приготовления. Влажность сухой смеси не более 1%. Смесь, содержащую цемент и активные минеральные добавки, поставляют на строительные объекты в гидроизоляционной упаковке. Сухую смесь затворяют на объекте расчетным количеством воды в небольшом смесителе.

### **5.2.2. Свойства растворных смесей и растворов**

Удобоукладываемость – свойство растворной смеси легко укладываться плотным и тонким слоем на пористое основание и не расслаиваться при хранении, транспортировании и перекачивании насосами. Она зависит от пластичности (подвижности) и водоудерживающей способности смеси.

Водоудерживающая способность - свойство растворной смеси удерживать воду при укладке ее на пористое основание (кирпич, шлакоблоки, бетон и т.п.), а также при ее транспортировании.

Расслаиваемость - способность растворной смеси разделяться на твердую и жидкую фракции при транспортировании и перекачивании ее по трубам и шлангам. Растворную смесь часто перевозят автосамосвалами и перемещают по трубопроводам с помощью растворонасосов. При этом не редки случаи, когда смесь разделяется на воду (жидкая фаза) и песок и вяжущее (твердая фаза), в результате чего в трубах и шлангах могут образоваться пробки, устранение которых связано с большими потерями труда и времени.

Затвердевшие растворы должны обладать определенной плотностью, заданной прочностью, водонепроницаемостью, морозостойкостью, постоянством объема и в отдельных случаях химической стойкостью.

Затвердевший раствор должен прочно сцепляться с основанием, обладать малой величиной и равномерностью деформации под действием нагрузок, изменений объема в процессе твердения, последующих изменений влажности и температуры среды, окружающей затвердевший раствор.

### **5.2.3. Пластификаторы для растворов**

Марки растворов по прочности обычно значительно ниже марки цемента. Поэтому чтобы получить раствор заданной прочности, требуется немного цементного вяжущего. Но, с другой стороны, растворная смесь должна быть пластична и обладать высокой водоудерживающей способностью. Этого, наоборот, можно достичь только при большом содержании в растворе вяжущего. Чтобы разрешить это противоречие, применяют смесь вяжущих, одно из которых придает раствору прочность, а другое - пластичность, или вводят в раствор органические пластификаторы.

В качестве смеси вяжущих для получения растворов чаще всего используют цемент и известь - цементно-известковые растворы. Известь в таких растворах благодаря своей высокой дисперсности играет роль пластификатора.

В 30-х годах проф. Н. А. Поповым были предложены цементно-глиняные растворы, в которых в качестве пластифицирующей добавки использовалась глина. В качестве органических пластификаторов применяют и другие минеральные порошки: золы ТЭС, молотые шлаки, известняки и т.п.

Количество неорганических пластифицирующих добавок составляет 20...200% (от массы цемента) и тем больше, чем ниже марка раствора. Неорганические пластификаторы позволяют получать высококачественные

(удобоукладываемые, нерасслаивающиеся) растворные смеси при небольшом расходе цемента.

Органические пластификаторы, так же как и неорганические, позволяют существенно сократить расход цемента. В некоторых случаях применяют совместно органические и неорганические пластификаторы.

#### **5.2.4. Общие принципы назначения состава растворов**

Составы строительных бетонов подбирают по таблицам расчетным путем, и в обоих случаях они уточняются экспериментальным путем применительно к конкретным материалам.

Расчетно-экспериментальный метод подбора состава цементных и смешанных растворов включает три стадии: расчетное нахождение расхода материалов на  $1 \text{ м}^3$  песка; пробный замес и испытание смеси; определение фактического расхода материалов на  $1 \text{ м}^3$  раствора.

#### **5.2.5. Приготовление и транспортирование растворных смесей**

Растворные смеси приготавливают на специализированных заводах или приобъектных растворосмесительных установках. Смесительные установки и заводы разделяют на циклические и непрерывного действия. В районах с большим потреблением строительных растворов применяют растворосмесительные установки производительностью 50 и  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ . При меньшей потребности в растворе применяют передвижные установки.

В зимний период растворы приготавливают в отапливаемых помещениях или вводят в них противоморозные добавки.

Растворные смеси с заводов перевозят автосамосвалами. Растворная смесь при транспортировании может расслоиться или замерзнуть, поэтому дальность перевозки зависит от вида раствора, состояния дороги и температуры воздуха. Например, максимальная дальность перевозки цементно-известковых растворов по асфальтовой дороге 7...8 км, а по булыжной 5...6 км. Чтобы предохранить раствор от переохлаждения и замерзания зимой, кузова автомашин утепляют или обогревают их отработанными газами двигателя.

#### **5.2.6. Виды растворов и область их применения в строительстве**

**Кладочные растворы.** При возведении стен применяют цементные, смешанные (цементно-известковые и цементно-глиняные) и известковые растворы.

**Штукатурные растворы.** В строительстве наиболее часто применяется монолитная штукатурка, получаемая из штукатурных растворов. Штукатурное покрытие состоит из двух или более слоев. Растворы для обычных штукатурок подразделяют на цементные, известковые, цементно-известковые, известково-гипсовые, гипсовые и глиноизвестковые.

**Монтажные растворы.** При монтаже стен горизонтальные швы между панелями из тяжелого бетона заполняют раствором марки не ниже 100; из легкого бетона - не ниже 50. При монтаже стен из крупных блоков марки раствора для заполнения горизонтальных швов указываются в проекте (обычно 10...50). Для расшивки вертикальных швов панельных и крупноблочных стен марка раствора должна быть не ниже 50.

**Растворы специального назначения.** Гидроизоляционные растворы (водонепроницаемые) - обычно жирные цементные растворы состава 1:1:1:3,5, в которые добавляют церезит, растворимое стекло, алюминат натрия, хлоралюмокальций, азотнокислый кальций, хлорное железо, битумную эмульсию, полимеры и др. Церезит представляет собой сметанообразную массу белого или желтого цвета, получаемую из алюминиевой кислоты, извести, аммиака, водного раствора сернокислого аммония.

Особенно надежно служат гидроизоляционные растворы, нанесенные методом торкретирования, модуль крупности песка которых должен составлять 2,5...3,5. Такие растворы применяют для покрытия стен бассейнов, трубопроводов, туннелей, подвалов, подвергающихся действию агрессивных вод.

Тампонажные растворы применяют для заделки водоносных трещин и пустот в горных породах, а также для заполнения пространства между креплением выработки и породой с целью гидроизоляции шахтных стволов, туннелей и равномерности распределения горного давления на облицовки (крепя). Эти растворы могут быть цементно-песчаными, цементно-песчано-суглинистыми, цементно-суглинистыми. Они обладают хорошей однородностью, водостойкостью, подвижностью, прочностью и стойкостью к агрессивным водам. В качестве вяжущих материалов применяют: для обычных гидрогеологических условий - портландцемент; при наличии агрессивных сред - шлакопортландцемент; при наличии напорных вод - тампонажный портландцемент. Состав этих растворов принимают от 1:4 до 1:15 или от 1:2:2 до 1:5:10.

Инъекционные растворы используют при омоноличивании строительных швов гидротехнических сооружений и швов сборных железобетонных элементов. Для этой цели применяют цементно-коллоидные растворы, которые подают в швы методом инъекции. После твердения такие растворы образуют достаточно однородный и плотный цементный камень.

## **Тема 6. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЙ БЕТОН И ДРУГИЕ ВИДЫ БЕТОНОВ**

### **6.1. Условия работы бетона в гидротехнических сооружениях**

**Гидротехническим** называют бетон, применяемый при возведении гидротехнических и гидромелиоративных сооружений, а также их отдельных частей, постоянно находящихся в воде или периодически контактирующих

с ней. Он обладает свойствами, которые обеспечивают длительную нормальную службу (долговечность) в указанных условиях.

Как материал для сооружений мелиоративных систем гидротехнический бетон отличаются следующие главные особенности:

а) сложный комплекс технических требований, диктуемый условиями работы плотин при эксплуатации;

б) сложный комплекс технических требований, диктуемый условиями строительства и особенностями возведения массивных бетонных сооружений;

в) массовость бетона, обусловленная большими объемами бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений;

г) использование местных заполнителей из близлежащих карьеров;

д) высокий удельный вес стоимости бетона в общей стоимости массивных сооружений;

е) необходимость тщательного проектирования и подбора составов бетона и их сложность.

## 6.2. Классификация гидротехнического бетона

Гидротехнический бетон - разновидность тяжелого бетона, который в зависимости от условий эксплуатации конструкций гидротехнических сооружений классифицируется на несколько видов.

В зависимости от **расположения по отношению к уровню воды** гидротехнический бетон в сооружении или конструкции подразделяют на: *подводный* - постоянно находящийся в воде; *зоны переменного уровня* - подвергающийся периодическому омыванию водой; *надводный* - находящийся выше зоны переменного уровня. **По площади поверхности конструкций** гидротехнический бетон делят на массивный и немассивный, а по месту нахождения в сооружении - наружных и внутренних зон. Бетон внутренних зон массивных гидротехнических сооружений, не подвергающийся напору и расположенный не ближе 2 м от внешней поверхности, рассматривается как обычный бетон. По действующему на конструкцию напору воды различают гидротехнический бетон для напорных и для безнапорных конструкций.

## 6.3. Технические требования к гидротехническому бетону

В зависимости от вида и условий работы устанавливаются показатели качества бетона, основными из которых являются следующие: класс по прочности на сжатие В; класс по прочности на осевое растяжение В<sub>т</sub>; марка по морозостойкости F; марка по водонепроницаемости W; к бетону гидротехнических сооружений предъявляют дополнительные требования - водопоглощение, линейная усадка и набухание, стойкость против агрессивного воздействия воды, минимальное тепловыделение, сопротивляемость истиранию потоком воды с наносами, трещиностойкость.

Марка бетона по морозостойкости  $F$  определяется числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, испытываемых в возрасте 28 сут в насыщенном водой состоянии, при котором допускается снижение прочности бетона на сжатие не более чем на 15%.

Циклом замораживания и оттаивания называется изменение термического состояния бетона, сопровождаемое фазовым переходом жидкости (вода - лед) в поровом состоянии бетона.

Марки гидротехнического бетона по морозостойкости -F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500; F600; F800; F1000 - назначают с учетом климатических условий, характеризующихся среднемесячной температурой наиболее холодного месяца.

Повышение стойкости бетона может достигаться уменьшением водотендерования бетонной смеси до предела, еще обеспечивающего получение плотной структуры бетона при использовании соответствующих средств уплотнения. Уменьшение водосодержания бетона способствует снижению общей пористости цементного камня и бетона и капиллярных пор в нем.

Морозостойкость бетона повышается при увеличении расхода цемента. При некотором снижении водоцементного отношения и обеспечении необходимой удобоукладываемости бетонной смеси в этом случае уменьшается доля макреспор в бетоне (больше объем цементного камня). Цементный камень, полученный из теста нормальной густоты, почти не разрушается при замораживании.

Введение в бетонную смесь воздухововлекающих и газособрагующих добавок способствует образованию равномерно распределенных по объему бетона резервных пор, амортизирующих давление замерзающей воды, снижению деформации расширения бетона в процессе замораживания и повышению его морозостойкости.

**Марку бетона по водонепроницаемости  $W$**  принимают по наибольшему давлению воды, при котором еще не наблюдается ее просачивание.

Эта характеристика назначается в зависимости от градиента напора, определяемого как отношение максимального напора,  $m$ , к толщине конструкции,  $m$ , (или расстоянию от напорной грани до дренажа), и температуры контактирующей с сооружением воды,  $^{\circ}C$ , по табл. 6 4. или в зависимости от агрессивности среды в соответствии со СНиП 2.03.11-85.

Установлены следующие марки по водонепроницаемости ( $кгс/см^2$ ): W2, W4, W6, W8, W10, W12, W14, W16, W18, W20.

В нетрещиностойких напорных железобетонных конструкциях и нетрещиностойких безнапорных конструкциях, морских сооружениях марка бетона по водонепроницаемости должна быть не ниже W4.

Таблица 6.4. Марки бетона по водонепроницаемости

| Температура воды, С | Марка бетона по водонепроницаемости при<br>градиентах напора |        |         |         |
|---------------------|--------------------------------------------------------------|--------|---------|---------|
|                     | До 5                                                         | 5...10 | 10...20 | 20...30 |
| До +10              | 2                                                            | 4      | 6       | 8       |
| +10...+30           | 4                                                            | 6      | 8       | 10      |
| Свыше + 30          | 6                                                            | 8      | 10      | 12      |

Примечание. Для конструкций с градиентом напора свыше 30 следует назначать марку бетона по водонепроницаемости W16 и выше.

Плотность бетона, а следовательно и его водонепроницаемость, может быть повышена путем уменьшения водоцементного отношения, что достигается введением в бетонную смесь специальных добавок – пластификаторов, уплотнением бетонной смеси вибрацией, центробежным или другим механизированным способом. Часть свободной воды из бетонной смеси при укладке можно удалить вакуумированием. Повысить водонепроницаемость бетона можно покрывая его поверхность плотным раствором, в особенности наносимым пневматическим способом, так называемым торкретированием.

Водонепроницаемость бетона сильно повышается с его возрастом, в гораздо большей степени, чем его прочность.

#### 6.4. Долговечность гидротехнического бетона

Получение долговечного гидротехнического бетона - одна из самых важных проблем строительства. Большая экономия достигается прежде всего благодаря правильному проектированию состава бетона с учетом, как, реальных условий эксплуатации сооружений, так и запланированных сроков их службы. Долговечность гидротехнического бетона зависит от его сопротивляемости различным видам воздействия внешней среды, при этом значительную роль играет относительная плотность. Повышение относительной плотности (уменьшение объема капиллярных пор) - необходимое условие получения водонепроницаемой, водостойкой и морозостойкой структуры бетона.

Гидротехнический бетон, содержащий в своем объеме до 5...7% капиллярных открытых пор, обладает высокой морозостойкостью. Водонепроницаемость гидротехнического бетона зависит от его возраста, плотности и влажности. По мере увлажнения бетона его плотность и водонепроницаемость увеличиваются (набухание цементного камня). На водонепроницаемость бетона в естественных условиях, кроме влажности, большое влияние оказывает возраст. Как правило, если бетон твердеет при нормальных температуре и влажности, водонепроницаемость бетона значительно увеличивается со временем. Повышение водонепроницаемости бетона со временем происходит вследствие увеличения плотности цементного камня в процессе твердения, то есть увеличения объема твердой

фазы в результате длительной гидратации цемента. Значительное и устойчивое повышение водонепроницаемости бетона наблюдается при его твердении в воде, под водонепроницаемым покрытием или в воздушно-влажной среде.

При твердении бетона в воздушно-сухой среде из-за значительных потерь воды вследствие испарения рост его водонепроницаемости замедляется, а в некоторых случаях водонепроницаемость даже снижается. Повышение водонепроницаемости может быть достигнуто путем введения водорегулирующих добавок.

Самым существенным фактором, определяющим водонепроницаемость и морозостойкость бетона, является отношение В/Ц, при увеличении которого водонепроницаемость снижается в 3...8 раз, морозостойкость - в 2...3 раз.

## **6.5. Коррозия бетона**

В бетоне под действием внешней среды могут развиваться деструктивные процессы. Наибольшую опасность из них представляют три: коррозия арматуры, разрушение бетона сульфатами и влияние попеременного замораживания и оттаивания.

## **6.6. Материалы для гидротехнического бетона**

Долговечный высококачественный гидротехнический бетон может быть получен при наилучшей структуре бетонной смеси, которая образуется - только при использовании доброкачественного цемента, минимального количества воды, оптимального гранулометрического состава качественных Заполнителей ввода пластифицирующих и воздухововлекающих (или комплексных) добавок. Поэтому материалы для приготовления гидротехнического бетона должны отвечать всем требованиям, изложенным в государственных и отраслевых стандартах на эти материалы.

Цементы в связи с тем, что гидротехнический бетон находится в специфических эксплуатационных условиях к материалам для его приготовления предъявляют особые требования. Цемент выбирают в соответствии с классификацией бетона и степени агрессивности воды, учитывают условия изготовления бетона и особенности строительного периода, а также эксплуатационные условия. Цемент должен обеспечивать долговечность бетона, его прочность, водостойкость, морозостойкость, водонепроницаемость и трещиностойкость при экзотермии и усадке.

Для гидротехнического бетона используют песок крупностью до 5 мм, представляющий собой природные или обогащенные смеси зерен твердых и плотных каменных пород или искусственные смеси, полученные дроблением твердых и плотных пород.

В качестве крупного заполнителя для гидротехнического бетона должен применяться щебень или гравий из изверженных горных пород (гранит, диорит, базальт, диабаз и т. д.).

Допускается применять любую воду, имеющую водородный показатель рН не менее 4 и содержащую минеральные соли не более 5000 мг/л, в том числе не более 2700 мг/л сульфата в пересчете на SO<sub>4</sub>. Не разрешается применять болотные и сточные воды без их очистки. Для улучшения свойств бетонной смеси, структуры затвердевшего бетона, и экономии цемента следует применять добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ). В последнее время стали применять эффективные безреагентные способы обработки воды, а именно, обработку воды магнитными и электромагнитными полями, что позволяет увеличить прочность гидротехнического бетона, снизить жесткость бетонной смеси, водопоглощение и расход цемента.

### **6.7. Добавки к гидротехническому бетону**

В отличие от других отраслей строительства, где минеральные добавки естественного или искусственного происхождения применялись главным образом для улучшения связности и удобоукладываемости бетонных смесей и разбавления высокоактивных цемента, чтобы избежать излишнего их расходования в низкопрочных бетонах, введение добавок в гидротехнические бетоны всегда преследовало также и другие цели: повышение плотности и водонепроницаемости бетона, повышение стойкости бетона к выщелачиванию и действию агрессивных вод, снижение тепловыделения и изменение его кинетики за счет замены части портландцементного клинкера значительно более медленно твердеющими композициями, подавление реакции между щелочами цемента и заполнителями и др. Основным видом добавок для гидромелиоративных конструкций должны стать комплексные, состоящие из пластифицирующего и воздухововлекающего компонентов.

### **6.8. Приготовление водных растворов добавок и бетонной смеси**

Приготовление бетонной смеси с добавками от приготовления обычного бетона отличается тем, что в бетоносмеситель вместе с водой затворения подается необходимое на замес количество добавки, установленное при подборе состава бетона.

Растворы добавок рабочей концентрации готовятся в емкостях путем растворения и последующего разбавления исходных продуктов. Для повышения скорости растворения продуктов рекомендуется подогревать воду до +40...70°C и перемешивать растворы, а твердые продукты при необходимости предварительно дробить.

Растворы добавок из твердых или пастообразных продуктов готовятся их растворением в заданном количестве воды. После полного растворения продукта ареометром проверяется плотность полученного раствора и доводится до заданной добавлением продукта или воды.

## 6.9. Проектирование состава гидротехнического бетона

При проектировании состава бетонной смеси должны учитываться, все возможные факторы, влияющие на конечное качество бетона с целью , обеспечения надежности и долговечности бетонной или железобетонной конструкции.

Прежде чем приступить к проектированию состава бетонной смеси, необходимо знать:

а) назначение бетонной или железобетонной конструкции и ее размеры, место расположения проектируемого состава бетона в сооружении и по отношению к воде;

б) в какой водной, грунтовой среде будет работать, бетон и возможные виды его коррозии;

в) проектные прочностные марки бетона, а при необходимости, и требуемую долю марочной прочности к определенному сроку;

г) проектную марку бетона по водонепроницаемости, морозостойкости и другим показателям.

Наиболее простым способом проектирования состава бетонной смеси является метод абсолютных объемов, в основу которого принято, что приготовленная, уложенная и уплотненная бетонная смесь не должна - иметь в своем составе пустот и пор. Учитывая, что после расчета обязательно выполняют экспериментальные лабораторные замесы с последующей корректировкой составов, этот способ называют расчетно-экспериментальным. При этом различают номинальный (лабораторный) состав бетона, рассчитанный для сухих материалов, и производственно-полевой для материалов в естественно-влажном состоянии. Лабораторный состав бетона. Определяют расчетно-экспериментальным методом, для чего в начале рассчитывают ориентировочный состав бетона, а затем уточняют его по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов.

## 6.10. Виды гидротехнического бетона

**Мелкозернистый бетон** - бетон с наибольшей крупностью заполнителя до 10 мм. Мелкозернистый бетон можно укладывать торкретированием с помощью цемент-пушки.

**Литой бетон** целесообразно применять в гидротехническом строительстве, в частности, для бетонирования тонкостенных густоармированных конструкций со сложной конфигурацией, где укладка и вибрация обычных смесей затруднена, а также при бетонировании монолитных облицовок оросительных каналов различного сечения и производства сборного железобетона для строительства.

**Набрызг-бетон (шприц-бетон)** - разновидность бетона, широко применяемого в мировой строительной практике.

## 6.11. Специальные бетоны

**Дорожный бетон** применяют для устройства покрытий на автомагистралях, дорогах промышленных предприятий и городских улиц. В процессе эксплуатации покрытия подвергаются не только воздействию транспортных средств, но и влиянию атмосферных условий (многократное увлажнение и высыхание, замораживание и оттаивание), поэтому к дорожному бетону предъявляют повышенные требования по прочности, плотности, износо- и морозостойкости.

Дорожный бетон подразделяют на бетон для однослойного покрытия и верхнего слоя двухслойного покрытия, бетон для основания усовершенствованного капитального покрытия и бетон для нижнего слоя двухслойного покрытия.

Лученепроницаемые (особо тяжелые и гидратные) бетоны предназначены для биологической защиты от радиоактивных элементов, излучаемых ядерными реакторами. Бетон является наиболее рациональным материалом для защиты от радиоактивных излучений. Однако обычный бетон, хорошо поглощая  $\gamma$ -лучи, плохо поглощает нейтроны. Бетоны, изготавливаемые с применением тяжелых заполнителей (магнетита, лимонита, барита, металлического скрапа) с добавкой соединений бора, кадмия и других веществ, хорошо поглощают нейтроны. Химически связанная вода является хорошим поглотителем нейтронов и ее наличие в тяжелых заполнителях либо в цементном камне в связанном виде является положительным фактором.

К числу особо тяжелых бетонов, пригодных для радиоактивной защиты, относятся: магнетитовые баритовые, лимонитовые и др.

Интенсивность проникновения через обычный бетон  $\gamma$ -лучей и нейтронов примерно в 2 раза больше, чем через магнетитовый бетон.

Средняя плотность магнетитового бетона достигает  $5000...5500 \text{ кг/м}^3$ , прочность при сжатии его составляет  $300...400 \text{ кгс/см}^2$ .

**Жаростойкий бетон** предназначен для конструкций, испытывающих в процессе эксплуатации длительное воздействие высоких температур. При нагреве бетона, изготовленного на портландцементе, происходят процессы дегидратации  $\text{Ca(OH)}_2$  и разложения гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, образовавшихся в процессе твердения цемента. В результате прочность бетона значительно уменьшается, а оксид кальция в последующем под воздействием влаги гидратируется и увеличивается в объеме. Это приводит к растрескиванию конструкций.

**Декоративные бетоны** в последние года все шире используются для повышения эстетической выразительности зданий и сооружений. Их предназначают для ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, декоративных плит, для наружных и внутренних стен, лестничных маршей, элементов фасада, в деталях малых архитектурных форм, для изделий специального назначения.

Для получения разнообразной фактуры декоративный бетон

поверхностного слоя изделий подвергают различным видам обработки.

### **6.12. Легкие бетоны**

Легкие бетоны, отличающиеся высокой прочностью (до 40%) и сравнительно небольшой средней плотностью (от 500 до 1800 кг/м<sup>3</sup>) широко используют для изготовления несущих и ограждающих сборных бетонных и ж/б конструкций. Применение из взамен кирпича и тяжелого бетона дает возможность повысить теплозащитные качества ограждений, что в свою очередь, позволяет уменьшить толщину и массу стен зданий, сократить транспортные расходы.

В легком бетоне в качестве заполнителей используют песок и щебень из пемзы, вулканического шлака, вулканического туфа, пористого известняка и доломита, известняка-ракушечника, известкового туфа, опоки, трепела, диатомита, топливных шлаков, пористых металлургических шлаков, вспученного при обжиге керамзита, термозита, перлита, вермикулита и др.

### **6.13. Шлакощелочной бетон**

Шлакощелочной бетон - это смесь из шлакощелочных вяжущих, мелких (песок, супесь, суглинков) и крупных (щебень или гравий) либо только мелких заполнителей и щелочных компонентов. Бетон этого вида - высокоэкономичный строительный материал. В его составе, кроме грунтов местного происхождения и щелочных компонентов, используют отходы промышленности в виде тонкоизмельченного гранулированного доменного шлака. В качестве щелочного компонента применяют соду, поташную смесь, содощелочной плав и другие соединения натрия или калия, дающие в водных растворах щелочную реакцию.

Шлакощелочной алюмосиликатный бетон твердеет в воздушной среде, а также в процессе тепловой и влажностной обработки при атмосферном и повышенном давлении. Основными компонентами для неармированного шлакощелочного алюмосиликатного бетона могут служить местные пески, супеси, суглинки и т. п. (75...80%), тонкомолотые гранулированные шлаки (20...25%) и щелочной компонент (1...3%). Этот бетон обладает высокими прочностными показателями (до 100 МПа), стойкостью к агрессивным средам, повышенной морозостойкостью и водонепроницаемостью. Применяют его как монолитный бетон, а также при изготовлении сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций, дренажных труб и в других случаях вместо обычного дорогостоящего бетона.

## **Тема 7. БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **7.1. Общие сведения о железобетоне**

Бетон имеет существенный недостаток, присущий почти всем искусственным и природным материалам, - он хорошо работает на сжатие, но плохо сопротивляется изгибу и растяжению. Прочность бетона при растяжении составляет всего около  $1/10 \dots 1/15$  его прочности на сжатие. Чтобы повысить прочность бетонных конструкций на изгиб и растяжение, в бетон укладывают стальную проволоку или стержни, называемые арматурой. Арматура в переводе с латинского означает "вооружение", т. е. стальная арматура как бы вооружает, укрепляет бетон. Армированный стальными стержнями бетон называют железобетоном. Цель армирования можно пояснить на элементах, работающих на изгиб (балках, ригелях). В таких элементах часть поперечного сечения элемента подвергается сжатию, а другая - растяжению. Если балку изготовить из неармированного бетона, то вследствие низкой его прочности на растяжение ( $1 \dots 4$  МПа) уже под небольшой нагрузкой бетон в растянутой зоне растрескается и балка разрушится. Если же в растянутую зону ввести стальную арматуру, то она примет на себя растягивающие напряжения (прочность стали при растяжении более 200 МПа), и балка, хотя на ней могут появиться трещины, не разрушится даже при больших нагрузках. В ряде случаев армируют элементы, работающие и на сжатие (колонны, сваи), так как и на сжатие сталь в  $5 \dots 10$  раз прочнее бетона.

Первоначально бетон применялся довольно ограниченно. В настоящее время это основной конструкционный материал, в жилищном, в промышленном строительстве.

История железобетона сравнительно коротка - лишь немногим более 120 лет прошло с того времени, когда были созданы первые железобетонные изделия. Открытие железобетона обычно приписывают французскому садовнику Жозефу Монье (1823 - 1906). Ему приходилось делать кадки из цементного раствора для цветов и апельсиновых деревьев. С целью увеличения прочности этих кадок он в 1861 году попробовал заложить в их тело остов из металлической сетки. Кадки, неожиданно для самого изобретателя, оказались очень удачными и привлекли к себе внимание. Весьма вероятно, что открытие Ж. Монье не было бы замечено и не получило бы признания, если бы развитие производственных сил и производственных отношений не вызвало необходимости перехода к новому материалу, каким явился железобетон.

Действительно, подобного рода изделия и даже целые сооружения применялись и раньше, но способ армирования бетона был забыт, как не имеющий серьезного технического значения. Например, в той же Франции в 1850 г инженер Ж. Ламбо сделал гребное судно из бетона, армированного отдельными стержнями. Это судно демонстрировалось на Всемирной

выставке в Париже в 1855 г и оказалось очень долговечным - в 20-е годы нашего века оно еще плавало в парке Мираваль.

Практически одновременно с Монье, в 1861 г еще один француз инженер Ф. Куанье изложил основные положения строительства из армированного бетона и разработал проекты различных конструкций - балок, сводов, труб и т.д., что вместе с изделиями Монье было представлено на другой Всемирной выставке, состоявшейся в 1867 г. В том 1867 г Ж. Монье взял свой первый патент на производство переносных сосудов из цементного раствора с металлической арматурой.

В России железобетон стал применяться с 1886 г. Для развития железобетона в России большую роль сыграли опыты Н. А. Болелюбского, испытывавшего в 1891 г серии различных железобетонных конструкций - плит, сводов, резервуаров, труб и т.д. Первоначально бетон благодаря своей плотности и водонепроницаемости, с одной стороны, и щелочной реакции цементного камня в бетоне, с другой, защищает сталь от коррозии. Кроме того, бетон как сравнительно плохой проводник теплоты защищает сталь от сильного нагревания при пожарах. Стальные конструкции при пожаре быстро нагреваются, сталь размягчается и вся конструкция начинает деформироваться даже под собственным весом. В железобетонных конструкциях стальная арматура защищена от огня слоем бетона. Так, опыты показали, что при температуре поверхности бетона 1000 С арматура, находящаяся на глубине 50 мм, через 2 ч нагревается лишь до 500 С. Железобетонные конструкции изготавливаются как с обычной, так и из предварительно напряженной арматурой. Обычный способ армирования (укладка стальных стержней в растянутую зону) не предохраняет конструкцию от появления в ней трещин, так как бетон обладает весьма незначительной растяжимостью. В эти трещины проникают влага и газы, которые вызывают коррозию арматуры; кроме того, с появлением трещин увеличивается прогиб конструкции. Значит, растянутую зону нужно сжать. Это достигается предварительным напряжением арматуры. Ее растягивают на специальных машинах, а затем укладывают в бетонную смесь. Стержни сжимаются, а вместе с ними за счет сцепления сжимается и бетон.

По способу изготовления различают два вида предварительно напряженных конструкций. В первом случае арматуру растягивают до бетонирования, а после укладки бетона в форму и его затвердения освобождают от напряжения, и она, сокращаясь, сжимает окружающий ее бетон. Во втором случае растяжение арматуры производят после затвердения бетона. При этом ее располагают в стальных каналах в теле бетона, натягивают и закрепляют по концам анкерными устройствами. Затем каналы заполняют раствором для предупреждения коррозии стали.

*По способу армирования.* В этом случае их делят на *бетонные* (неармированные стальной арматурой) и *железобетонные* (армированные). Железобетонные конструкции, в свою очередь, подразделяют на предварительно напряженные и с обычным армированием

*По способу выполнения* железобетонные конструкции могут быть

*сборными* из элементов заводского или полигонного изготовления, *монолитными*, возводимыми непосредственно на месте строительства

*По виду бетона.* Из обыкновенного (тяжелого) бетона изготавливают несущие конструкции (колонны, балки), воспринимающие в процессе в процессе эксплуатации значительные нагрузки. Из легкого бетона делают, как правило, ограждающие конструкции (стеновые панели, панели перекрытий), так как он обладает хорошими тепло- и звукоизоляционными качествами.

Наряду с достоинствами железобетонные конструкции обладают и недостатками - они имеют значительную массу. Это в первую очередь относится к крупноразмерным элементам покрытий больших пролетов (фермы пролетом 24 м и более, настилы длиной более 6 м и др.). Высокой еще остается себестоимость изделий на заводах сборного ж/б, значительны транспортные расходы. Все это снижает общую технико-экономическую эффективность строительства из сборных железобетонных изделий.

## **7.2. Материалы для железобетона**

Для железобетонных конструкций применяют обычный бетон.

Арматура- это стальные стержни, проволока, канаты или прокатные профили, закладываемые в бетон для получения железобетонных конструкций необходимой прочности, жесткости, трещиностойкости. По своему назначению в бетоне арматура подразделяется на рабочую и монтажную. Рабочая арматура воспринимает нагрузки, монтажная - необходима для обеспечения правильного расположения рабочей арматуры.

Для изготовления конструкций используются арматурные изделия в виде сварных каркасов и сеток. Эти изделия изготавливаются обычно заводским способом при помощи контактной точечной электросварки. Закладные детали предназначены для соединения железобетонных элементов между собой.

## **7.3. Производство железобетонных изделий**

Производство железобетонных изделий включает в себя четыре основные операции: приготовление бетонной смеси, изготовление арматуры, формование и твердение (температурно-влажностная обработка).

**Основные способы производства.** По характеру технологического процесса различают следующие способы производства: поточно-конвейерный, поточно-агрегатный и стендовый

## **7.4. Сборные бетонные и железобетонные конструкции и изделия, используемые в строительстве**

Номенклатура сборных бетонных изделий весьма незначительна, так как бетон хорошо работает только на сжимающие усилия, а практически

большинство элементов зданий и сооружений воспринимает в основном растягивающие усилия.

Трубы дренажные из грунтосиликатобетона изготавливают из смеси местного грунта (песка, супеси, суглинка), молотого шлака и щелочного компонента. Длина труб 333 мм, внутренний диаметр 50, 75, 100 и 150 мм, толщина стенки 10, 15 и 20 мм. Они обладают большой несущей способностью, морозостойкостью, стойкостью к агрессивным средам. Применяют их при строительстве закрытых дренажных осушителей.

Трубы дренажные из фильтрационного бетона изготавливают способом послойного прессования. Длина труб 500, 600 и 900 мм, внутренний диаметр 100, 150 и 200 мм, толщина стенки 25, 30 и 40 мм. Предназначены они для устройства закрытого дренажа.

Трубы дренажные пористо бетонные изготавливают методом вибропрессования на специальных станках. Длина труб 500 мм, внутренний диаметр 50 мм, толщина стенки 25 мм. Применяют их в гидромелиоративном строительстве и при устройстве производственного дренажа.

Трубофильтры из крупнопористого керамзитобетона изготавливают методом виброформования. Длина труб 500 и 825 мм, внутренний диаметр 50 и 150 мм, толщина стенки 25 и 50 мм. Применяют их в гидромелиоративном, сельскохозяйственном и промышленно-гражданском строительстве.

Тетраэдры фигурные в виде бетонных блоков (рис.7.5,а) изготавливают из гидротехнического бетона марок не ниже 300, Мрз75 - Мрз200, В4. Предназначаются они для возведения берегозащитных и оградительных сооружений.

Блоки для фундаментов и стен подвалов изготавливают сплошными или с пустотами.

Блоки наружных стен изготавливают из керамзитобетона, шлакокерамзитобетона и т.д. марки 75 или 100. Бортовой камень изготавливают из мелкозернистого бетона. Предназначен он для отделения проезжей части от тротуаров или газонов, а также для декоративного оформления улиц.

Безнапорные трубы изготавливают способами центрифугирования (диаметр 400...1500 мм) и вертикального виброформования (диаметр 400...3500 мм)

Низконапорные трубы формуруют по технологии формирования безнапорных труб. Раструбные напорные трубы по расчетному давлению подразделяют на три класса: I - на давление 1,5 МПа; II - на давление 1,0 МПа; III - на давление 0,5 МПа. Напорные трубы со стальным сердечником выпускают длиной L=5000 и 10000 мм с внутренним диаметром 250, 300, 400, 500, 600 и 800 мм (рис. 7.6, в). Они предназначены для строительства напорных трубопроводов закрытых оросительных систем с давлением 1,0 и 1,5 МПа. Конструкция трубы выполнена из сварного стального сердечника (цилиндра), соединительных колец (калиброванных), внутреннего покрытия из мелкозернистого гидротехнического бетона (уплотняют центрифугированием), напряженной стальной арматуры, навитой на сердечник, и наружного покрытия из мелкозернистого бетона (наносит

торкретированием).

Кольца для шахтных **колодцев** изготавливают из обычного (КШ10-2) и пористого (КШ10-2П) бетона. Они предназначены для крепления водоприемной части шахтного колодца

Плиты ленточных фундаментов изготавливают двух типов - основные и борные из бетона марки 150. Высота плит  $h=300$  мм, длина  $l=780, 1180$  и  $2380$  мм. Плиты армированы сварными сетками из горячекатанной арматурной стали периодического профиля.

Фундаментные башмаки изготавливают различных форм и размеров. При строительстве одноэтажных производственных зданий с полным и неполным железобетонным каркасом обычно используют железобетонные фундаментные башмаки (стаканы) высотой  $h=500, 550, 600...800, 1500...4200$  мм (рис.7.11, б). Марка бетона 150. Для колонн сечением  $400 \times 400$  мм выпускают железобетонные стаканы марок Ф-13, БК-14, Ф-17 и Ф-20, где цифра обозначает размер сторон их подошвы в дециметрах.

Фундаментные балки используют при возведении насосных станций сельскохозяйственных, промышленных и других зданий с типовыми железобетонными колоннами. Применяют их под самонесущими кирпичными и блочными стенами, самонесущими и навесными панельными стенами и несущими стенами одноэтажных зданий. Они рассчитаны на нагрузку от сплошных стен высотой до 15 м.

Колонны для промышленных и сельскохозяйственных производственных зданий выпускают различной высоты и сечения. Но колонны могут опираться как железобетонные, так и стальные балки или фермы. Они рассчитаны на вертикальную нагрузку от собственного веса, веса покрытий, навесных стен, снега, подвесного транспорта, подвесных опорных кранов, подвесных потолков, коммуникаций, а также на ветровые и сейсмические воздействия. Колонны для сельскохозяйственных промышленных зданий без мостовых кранов имеют постоянное по высоте сечение.

Плиты покрытий (предварительно-напряженные) выпускают длиной  $6000$  и  $12000$  мм, шириной  $1500$  и  $3000$  мм, высотой  $300$  и  $450$  мм. Они имеют продольные и поперечные железобетонные ребра жесткости. По концам плит предусмотрены закладные детали для крепления плит к балкам покрытия и между собой.

## **7.5. Контроль качества железобетонных изделий**

Требования предъявляют к прочности, жесткости и трещиностойкости конструкций; к бетону конструкций и изделий; к арматуре и закладным изделиям; к точности изготовления; к качеству поверхности и внешнему виду. В проектах или технических условиях указаны конкретные требования, которые зависят от назначения и условий эксплуатации конструкций и изделий. Например, к бетону предъявляют требования по прочности, влажности, морозостойкости, водонепроницаемости, водопоглощению, теплопроводности

## **7.6. Приемка, маркировка, хранение и транспортирование готовых сборных бетонных и железобетонных конструкций и изделий**

При входном контроле проверяют качество поставляемых промышленностью материалов, используемых для приготовления бетона; арматурных и закладных изделий; поставляемых в готовом виде закладных и арматурных изделий; комплектующих деталей; отделочных; изоляционных и других материалов

Операционный контроль устанавливает соответствие фактической технологии изготовления конструкций и изделий проектной.

Порядок проведения и состав входного и операционного контроля установлены в технологических указаниях на изготовление конструкций.

Приемочный контроль состоит из периодических испытаний и приемосдаточных испытаний и контроля.

После приемки конструкции или изделия маркируют. Маркировочные надписи подразделяют на основные, содержащие марку изделия, товарный знак или наименование выпускавшего его предприятия, штамп технического контроля, и информационные, в которых приведены дата изготовления и масса изделия (если она свыше 0,5 т).

Кроме того, на изделие наносят маркировочные знаки и монтажные знаки. Последние указывают место строповки, верх и место опирания изделия, а также установочные риски, необходимые для ориентации изделия при его монтаже

Конструкции и изделия после их изготовления, а также на строительной площадке хранят на специально оборудованных складах рассортированными по видам и маркам. Склады оборудуют специальными устройствами и кассетами. Подкладки, устанавливаемые под точки опирания, изготавливают из древесины.

Складируют изделия так, чтобы были видны маркировочные надписи.

При перевозке изделия устанавливают так же как во время хранения. Их можно строповать только в местах, указанных маркировочными знаками. Запрещается разгружать изделия со свободным их падением и перемещением по горизонтали волоком.

## **Тема 8. ИСКУССТВЕННЫЕ КАМЕННЫЕ НЕОБЖИГОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ**

В группу материалов и изделий на основе неорганических вяжущих входят искусственные каменные необжиговые изделия, которые получают из растворных или бетонных смесей на основе различных видов вяжущих веществ. В качестве заполнителей применяют кварцевый песок, пемзу, шлак,

золу, древесные опилки. Для повышения прочности изделий на изгиб их армируют, используя для этой цели волокнистые материалы - асбест, древесину (в виде шерсти, дробленых отходов), бумажную макулатуру, листовую бумагу и др.

Искусственные каменные изделия можно разделить на следующие три группы по виду минерального вяжущего:

1) силикатные, получаемые на основе извести с кремнеземистыми заполнителями

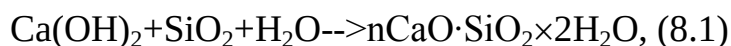
2) асбестоцементные, изготавливаемые на основе портландцемента добавкой асбеста;

3) гипсовые и гипсобетонные

В отличие от керамических такие материалы получают при сравнительно низких температурах. Так, температура изготовления силикатного кирпича 170...180 С, а время термообработки - 10...14 ч, в то время как керамический кирпич обжигают при 900...1100 С в течение 24...30 ч. Таким образом, затраты топлива на производство силикатного кирпича гораздо меньше, чем при производстве керамического. Другие виды без обжиговых каменных материалов требуют еще меньших затрат топлива. Однако, как правило, керамические материалы более долговечны и стойки к действию воды, агрессивных растворов и высоких температур.

### **8.1. Изделия автоклавного твердения на основе извести и кремнеземистого компонента**

Сущность превращения известково-песчаной смеси из легко размокающего и мало прочного материала в прочный и водостойкий камень заключается в следующем. При естественных условиях песок в известково-песчаных смесях инертен и не способен химически взаимодействовать с известью. Поэтому приобретение прочности известково-песчаных растворов в естественных условиях достигается только за счет твердения извести. Однако в среде насыщенного пара (100%-ной влажности) при температуре 170 С и выше кремнезем песка приобретает химическую активность и начинает взаимодействовать с известью по реакции



образуя гидросиликат кальция - прочное и водостойкое вещество. Свойства бетонов из известково-песчаных смесей близки к свойствам цементных бетонов, но для изготовления требуется меньше вяжущего, можно шире использовать местные материалы, стоимость изделий из этих бетонов ниже.

Из известково-песчаных смесей выпускают крупноразмерные изделия для сборного строительства - штучные изделия - силикатный кирпич и камни для стен, силикатные бетоны, а также блоки и панели для стен и перекрытий.

**Силикатный кирпич** - искусственный безобжиговый стеновой

материал, изготавливаемый из смеси кварцевого песка и гашеной извести прессованием с последующим затвердеванием в автоклаве под действием пара высокого давления и температуры.

Современное производство силикатного кирпича состоит в следующем. Сырьевую смесь, в состав которой входит 90...95% песка, 5...10% молотой негашеной извести и некоторое количество воды, тщательно перемешивают и выдерживают до полного гашения извести. Затем из этой смеси под большим давлением (15...20 МПа) прессуют кирпич, который укладывают на вагонетки и направляют по рельсам для твердения в автоклавы.

Выпускают одинарный (250×120×65 мм), утолщенный и модульный силикатный кирпич (250×120×88, 250×120×103 мм) и силикатные камни (250×120×138 мм). Одинарный кирпич может быть полно-пустотелым, утолщенный утолщенный и модульный кирпич и силикатные камни выпускают только пустотелыми.

Цвет кирпича - от молочно-белого до светло-серого, выпускают также кирпич цветной, окрашенный в массу или по лицевым поверхностям щелочестойкими пигментами в голубой, зеленоватый, желтый и другие светлые цвета.

Для силикатного кирпича и камней установлены марки: в зависимости от предела прочности при сжатии - 300, 250, 200, 150, 125, 100 и 75; морозостойкости - 50, 35, 25 и 15.

Наряду с рядовыми изготавливают лицевые силикатный кирпич и камни марок по прочности соответственно не менее 125 и 100 МПа.

Силикатный кирпич применяют наравне с керамическим для кладки стен надземных частей зданий. Вследствие недостаточной водостойкости его нельзя использовать для фундаментов и цоколей зданий ниже гидроизоляционного слоя. Не допускается применять его также для зданий с мокрым режимом эксплуатации (бани, прачечные) без специальных мер защиты стен от увлажнения, а также в условиях воздействия высоких температур (кладка печей, труб и т.п.).

По технико-экономическим показателям силикатный кирпич превосходит глиняный - на его производство требуется в 2 раза меньше топлива, в 3 раза меньше электроэнергии, примерно в 2,5 раза меньше трудоемкость его производства. Себестоимость силикатного кирпича на 25 - 35% ниже, чем керамического.

**Ячеистые силикатные материалы** делятся на *пено-* и *газосиликаты*. В пеносиликатных изделиях ячеистая структура образуется механическим путем в результате взбивания водного раствора пенообразователя (клееканифольный, смолосапониновый, гидролизованная кровь и др.), а в газосиликатных - химическим, т.е. смешиванием известково-песчаной смеси с газообразователем (пергидроль, алюминиевая пудра и др.).

Для изготовления ячеистых силикатных материалов пластичный известково-песчаный раствор (извести вводят 15...25%) смешивают с устойчивой пеной в пенобетономешалках, а затем полученную смесь разливают по формам, которые после некоторой выдержки транспортируют в

автоклавов для запаривания.

Из пено- и газосиликата изготавливают блоки для кладки стен, а также армированные панели для стен перекрытий и покрытий зданий. Преимущество этих конструкций состоит в том, что они обладают хорошими теплоизоляционными качествами.

*Стеновые мелкие газосиликатные блоки* (из ячеистых бетонов) - искусственный материал с равномерно распределенными порами. Изготовление их аналогично силикатному кирпичу, но с добавлением пенообразователя (алюминиевой пудры). Предназначаются для кладки наружных и внутренних стен (за исключением помещений с повышенной влажностью). Размер блоков - 600×300×200 мм, марка их - 25, 35, 50, морозостойкость - не менее 25 циклов. Масса блока 21...23,7 кг. Он хорошо пилится, обрабатывается топором.

## **8.2. Асбестоцементные изделия.**

**Асбестоцемент** - искусственный каменный материал, состоящий из цементного камня, армированного волокнами асбеста. К наиболее распространенным асбестоцементным изделиям относятся волнистые и плоские листы, трубы и соединительные муфты. Асбестоцементные изделия сравнительно легко поддаются механической обработке, они значительно легче металла, бетона и железобетона. Средняя плотность асбестоцемента 1400...2100 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 40...60 МПа, растяжении 8...15 МПа. Водопоглощение составляет 10...30%. Недостатки асбестоцементных изделий - невысокая ударная прочность и склонность к короблению.

В ассортименте выпускаемой асбестоцементной продукции за последние годы произошли значительные изменения, связанные с резким увеличением доли крупноразмерных листов для кровель и стеновых ограждений.

Промышленность выпускает несколько видов асбестоцементных изделий, которые можно разделить на листовые (листы плоские и волнистые) и трубные. На основе листовых материалов получают асбестоцементные конструкции.

## **8.3. Гипсовые и гипсобетонные изделия.**

Изделия на основе гипса получают как из гипсового теста (т.е. из смеси гипса и воды), так и из смеси гипса, воды и заполнителей. В первом случае изделия называют *гипсовыми*, а во втором - *гипсобетонными*. Гипсовые и гипсобетонные изделия при сравнительно небольшой средней плотности обладают достаточно высокой прочностью, низким коэффициентом теплопроводности и высокими звукоизоляционными свойствами, что позволяет применять их для строительных нужд. Кроме того, изделия на основе гипса хорошо поддаются механической обработке и легко окрашиваются. Гипс быстро твердеет и плотно заполняет форму, так как не

имеет усадочных деформаций. Вместе с тем изделия на основе гипса имеют низкую водостойкость, при увлажнении их прочность снижается. Поэтому они могут применяться только в сухих условиях в помещениях с влажностью воздуха менее 60%. Для повышения водостойкости гипсовые изделия покрывают водонепроницаемыми красками. Достаточно водостойкие изделия получают при использовании гипсоцементно-пуццоланового вяжущего. В качестве заполнителей при изготовлении гипсобетонных используют кварцевый песок, пористые заполнители (керамзит, шлаковую пемзу), опилки, стружки, стебли камыша, льняную костру, макулатуру и т.п.

Стальная арматура в них разрушается, поэтому ее надо надежно защищать - покрывать битумным лаком. Для уменьшения плотности к гипсовым смесям добавляют вспенивающие вещества.

Гипс - воздушное вяжущее, поэтому гипсовые и гипсобетонные изделия применяют в основном для внутренних частей зданий, не несущих больших нагрузок. Изделия из гипса могут быть сплошными и пустотелыми, армированными и неармированными.

Наибольшее распространение в строительстве получили гипсобетон, мелкие стеновые камни, плиты и панели для перегородок, гипсобетонные листы (сухая штукатурка) и гипсоволокнистые листы.

## **ТЕМА 9. КОАГУЛЯЦИОННЫЕ (ОРГАНИЧЕСКИЕ) ВЯЖУЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, РАСТВОРЫ И БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ**

### **9.1. Общие сведения**

К органическим вяжущим веществам относятся битумные и дегтевые материалы, которые обладают следующими ценными свойствами: водонепроницаемостью; стойкостью против действия агрессивных жидкостей, щелочей и кислот; способностью понижать вязкость при нагреве и снова ее восстанавливать при последующем охлаждении; а также прочно сцепляться с разными материалами - деревом, бетоном, камнем и др.

Битумные и дегтевые вяжущие являются гидрофобными материалами, не смачиваемыми и не растворимыми в воде. Химическая инертность к водным растворам минеральных солей и кислот позволяет широко применять их для антикоррозионной защиты. Агрессивное действие на эти материалы оказывают концентрированные щелочи и кислоты, обладающие высокой окислительной способностью.

Битумы и дегти хорошо растворяются в органических растворителях (дихлорэтаноле, бензоле, хлороформе, уайтспирите). На основе битумных и дегтевых вяжущих изготавливают разнообразные материалы: эмульсии, паты, асфальтовые мастики, растворы и бетоны, рулонные и штучные изделия.

## **9.2. Битумные вяжущие**

**Битумами** называют сложные смеси углеводородов и неметаллических производных, встречающиеся в природном виде или получаемые в результате переработки нефти, сланцев.

По совокупности свойств битумы представляют собой смолистые вещества вязкожидкой или твердой консистенции, полностью или частично растворяющиеся в сероуглероде, плавящиеся при нагревании, обладающие пластичными вяжущими свойствами.

По исходному сырью битумы подразделяют на природные, нефтяные и сланцевые. Битумы перевозят в деревянных бочках, бидонах, фанерных или металлофанерных барабанах, бумажных мешках, иногда навалом в виде отформованных плит. Транспортируют эти материалы к месту применения в железнодорожных цистернах, оборудованных подогревательными устройствами, или на платформах. Нефтяные битумы следует хранить в специальных складах или под навесом, защищая их от действия солнечных лучей и атмосферных осадков.

## **9.3. Дегтевые вяжущие**

К этой группе материалов относят побочные продукты (дегти, масла и пеки), получаемые при переработке каменного и бурого углей, торфа, горных сланцев, древесины.

## **9.4. Асфальтовые и дегтевые бетоны и растворы**

Асфальтовый бетон (асфальтобетон) — искусственный строительный материал, получаемый в результате отвердевания уплотненной асфальтобетонной массы, состоящей из рационально подобранных по качеству и тщательно перемешанных компонентов: щебня (гравия), песка, минерального порошка и битума. Асфальтобетон без крупного заполнителя (щебня) называют песчаным асфальтом или асфальтовым раствором.

К основным классификационным признакам асфальтобетонов относятся разновидность крупного заполнителя, вязкость битумов, размеры зерен щебня или гравия, структурные параметры, производственное назначение и др.

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 или гравийно-песчаный материал, минеральный порошок и битум; песчаные — асфальтобетоны, в которых отсутствует крупный заполнитель (щебень или гравий).

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

## **9.5. Гидротехнические асфальтобетоны и растворы**

В отличие от обычного дорожного гидротехнический асфальтобетон должен иметь повышенную водонепроницаемость, водоустойчивость, теплоустойчивость, химическую стойкость, эластичность. Содержание битума и минерального порошка в нем на 1...2% больше, чем в дорожном.

## **9.6. Гидроизоляционные и кровельные материалы на основе коагуляционных и полимерных вяжущих веществ**

### **9.6.1. Общие сведения**

Один из важных вопросов в строительстве - защита зданий и сооружений от воздействия атмосферных осадков, окружающей влажной среды, напорных и безнапорных вод и др. Во всех этих случаях основную роль играют гидроизоляционные и кровельные материалы, которые определяют долговечность зданий и сооружений. Гидроизоляционные и кровельные материалы подразделяют на эмульсии, пасты, мастики, эластичные герметизирующие прокладки, рулонные, листовые, плиточные и пленочные материалы. В зависимости от входящих в состав гидроизоляционных и кровельных материалов вяжущих подразделяют на битумные, дегтевые, гудрокамовые, дегтебитумные, битумно-резиновые, полимерные, полимерно-битумные и т.п.

Битумные и дегтевые рулонные гидроизоляционные и кровельные материалы представляют собой тонколистовой (не более 5 мм толщины) материал, поставляемый на стройку в рулонах. Преимущество рулонных материалов - простота устройства из них кровельных или гидроизоляционных покрытий любой конфигурации. Тонкое легкое и эластичное покрытие из рулонных материалов обладает водонепроницаемостью, атмосферостойкостью и химической стойкостью.

По назначению рулонные материалы делятся на:

кровельные, которые должны обладать стойкостью к воздействию дождя, солнечной радиации, замораживания и оттаивания;

гидроизоляционные, которые помимо требований, предъявляемых к кровельным материалам, должны обладать повышенной водонепроницаемостью при гидростатическом напоре, гнилостойкостью и стойкостью к действию жидких коррозионных сред; светостойкость для них необязательна.

### **9.6.2. Битумные и дегтевые эмульсии и пасты**

**Эмульсии** - дисперсные системы, состоящие из двух не смешивающихся между собой жидкостей, одна из которых находится в другой в мелкораздробленном состоянии. Их используют в качестве грунтовок и

покрытий, наносят в холодном состоянии на сухую или сырую поверхность послойно.

**Пасты** готовят из смеси эмульгированного битума и тонкомолотых минеральных порошков (негашеной или гашеной извести, высокопластичных или пластичных глин, трепела и др.). Применяют их в качестве грунтовок и покрытий для внутренних слоев гидроизоляционного ковра или в качестве вяжущего для изготовления холодных мастик и др.

### **9.6.3. Кровельные и гидроизоляционные мастики**

Мастиками называют пластичные искусственные смеси органических вяжущих веществ с минеральными наполнителями и добавками. В зависимости от исходного вяжущего мастики разделяют на битумные, битумно-резиновые, дегтевые и др. По способу приготовления и применения мастики бывают горячие и холодные. По назначению мастики делят на кровельные, кровельно-гидроизоляционные и гидроизоляционные асфальтовые.

### **9.6.4. Герметизирующие материалы**

Герметики используют также для уплотнения стыков в конструкциях с использованием стекла (конструкции с профильным стеклом, конструкции теплиц и т.п.).

В зависимости от агрегатного состояния в момент применения различают герметизирующие мастики и эластичные пористые прокладки. Герметизирующие мастики, в свою очередь, могут быть твердеющие и нетвердеющие.

### **9.6.5. Гидроизоляционные материалы**

Гидроизоляционные материалы служат для изоляции сооружений или их частей от проникания влаги из окружающей среды. Они должны обладать высокой степенью водонепроницаемости, не разрушаться во внешней среде, быть достаточно гибкими, иметь высокую деформативность (не давать трещин и разрывов при температурноусадочных деформациях изолируемой конструкции) и др. В качестве гидроизоляционных материалов используют гидроизол, изол, бризол, фольгоизол, металлоизол, стеклоизол и др.

### **9.6.6. Рулонные кровельные материалы**

Рулонные кровельные материалы изготавливают из специального картона или стекловолокна путем пропитки его органическими вяжущими веществами с последующим нанесением с одной или двух сторон тугоплавких нефтяных или дегтевых вяжущих с заполнителем и посыпки.

Выпускают в виде рулонов различной ширины, длиной 10-30 м. В

современном строительстве широко применяют кровельные рулонные материалы. При наклеивании их в 3-5 слоев на кровле создается монолитный водонепроницаемый кровельный ковер. Они легки, обеспечивают возможность устраивать кровлю с малым уклоном, обладают способностью сопротивляться химическим воздействиям, например, при использовании на химических и металлургических предприятиях. Кроме того, при устройстве кровли из рулонных материалов значительно сокращается расход материала (листовой стали) в строительстве при одновременном снижении эксплуатационных расходов по сравнению с расходами на эксплуатацию стальных кровель. Однако наряду с положительными свойствами рассматриваемые материалы имеют и существенные недостатки: они недолговечны, легковозгораемы, при устройстве из них кровли требуется сплошная орешетка.

По виду пропитки рулонные кровельные материалы делят на битумные, дегтевые, дегтебитумные, гидрокамовые и др.

#### **9.6.7. Хранение гидроизоляционных и кровельных материалов**

Гидроизоляционные и кровельные материалы на основе коагуляционных вяжущих стареют под влиянием солнечного света, различных окислителей и других воздействий, поэтому срок их хранения ограничен. Рубероид, пергамин, толь, гидроизол, изол, бризол и тому подобные материалы следует хранить в сухих закрытых не отапливаемых помещениях.

Кратковременное хранение рулонных материалов допустимо на открытых площадках или под навесом, но с защитой от солнечных лучей и атмосферных осадков. Рулонные гидроизоляционные и кровельные материалы хранят в вертикальном положении (стоя), за исключением изола и бризола, которые следует хранить в горизонтальном положении. В условиях зимы перед использованием рулонные материалы необходимо предварительно отогреть в теплом помещении с температурой не ниже 10 °С. Гидроизоляционные и кровельные эмульсии, пасты и мастики хранят в закрытых складах или под навесом в рассортированном виде в специальных упаковках (бочках, бидонах, барабанах, мешках).

### **Тема 10. МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПОЛИМЕРОВ И ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС**

#### **10.1. Общие сведения о полимерах, способы их получения и виды**

Полимеры представляют собой высокомолекулярные соединения (смолы), молекулы которых состоят из многократно повторяющихся структурных звеньев. По происхождению полимеры делят на природные и искусственные (синтетические).

По реакции **полимеризации** большое количество одинаковых молекул простых соединений (мономеров) соединяется в одну сложную молекулу

(полимер) без выделения побочных продуктов. Полимеризацией получают полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен и другие синтетические полимеры.

Простейшим примером полимеризации является реакция образования полиэтилена  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$  из мономера этилена  $\text{CH}_2\text{CH}_2$ .

При реакции **поликонденсации** из нескольких простых соединений образуется полимер, состав которого отличается от состава исходных продуктов. Процесс образования полимера сопровождается выделением побочных веществ (воды, аммиака и др.). Поликонденсацией получают фенолоформальдегидные, карбамидные, полиамидные, полиэфирные и другие синтетические полимеры.

В зависимости от поведения полимеров при нагревании и охлаждении их разделяют на термопластические и термореактивные.

## **10.2. Состав и свойства пластических масс**

На основе искусственных и природных высокомолекулярных соединений - полимеров готовят пластические массы, характерной особенностью которых является способность в процессе переработки принимать заданную форму и устойчиво сохранять ее.

Строительные материалы и изделия из пластических масс изготавливают различными способами, выбор которых зависит от состава, свойств полимерного материала и вида изделия.

Однако наряду с достоинствами пластмассам присущи и некоторые недостатки, ограничивающие область их применения. Основным недостатком многих пластмасс - низкая теплостойкость (70...200 °C). По сравнению со стеклом, керамикой и металлом пластмассы имеют малую поверхностную твердость. Пластмассы обладают и повышенной ползучестью: в них со временем даже при небольшой нагрузке развивается пластическое течение гораздо в большей степени, чем это происходит в бетонах и металлах. Существенным недостатком некоторых пластмасс является старение, которое выражается в потемнении поверхности и самопроизвольном разрушении изделий.

## **10.3. Принципы изготовления изделий из полимеров и пластмасс**

Изделия из полимеров и пластмасс изготавливают методом литья под давлением, непрерывным профильным выдавливанием (экструзия), переработкой на вальцах с последующим каландрированием и др.

## **10.4. Конструкционные и отделочные материалы**

Полимерные строительные материалы, обладающие высокой прочностью, малой плотностью, стойкостью к действию кислот и щелочей, а также высокими декоративными свойствами, широко применяют в качестве

конструкционных и отделочных материалов. Причем одни из них, например стеклопластики и древесностружечные плиты, являются конструкционно-отделочными материалами, а другие, к примеру полистирольные облицовочные плитки, - только отделочными.

**Конструкционные материалы.** В качестве конструкционных материалов применяют главным образом следующие армированные пластмассы: стеклопластики, древесно-слоистые пластики, сотопласты, а также органическое стекло, винипласт листовой.

**Отделочные материалы-** наиболее обширная группа полимерных материалов: листовых, плиточных, рулонных, профильно-погонажных и др.

Для внутренней отделки стен зданий целесообразно применять крупноразмерные листовые материалы на основе полимеров, сочетающие функции отделки, тепло- и звукоизоляции, обладающие высокими эксплуатационными и декоративными качествами. Кроме того, эти материалы не требуют специальной подготовки поверхности под облицовку, что, в свою очередь, снижает трудоемкость отделочных работ и сокращает сроки строительства. К листовым отделочным материалам относят декоративные бумажнослоистые пластики, отделочные древесноволокнистые и древесностружечные плиты и др.

К рулонным отделочным материалам, широко применяемым в строительстве, относят декоративные поливинилхлоридные пленки и линкруст.

### **10.5. Материалы для полов**

Среди различных видов материалов полимерные в наибольшей степени отвечают всем требованиям, предъявляемым к покрытиям полов. Гигиеничны и технологичны, затраты времени и труда на устройство покрытия пола из полимерных материалов значительно (в 5...10 раз) ниже, чем из традиционных материалов (паркет, доски).

Для полов применяют материалы (рулонные и плиточные), а также мастики для устройства бесшовных покрытий полов. В жилищном строительстве широко распространены рулонные и плиточные материалы. Мастичные покрытия предназначены в основном для устройства полов в условиях коррозионных воздействий (предприятия химической и пищевой промышленности, животноводческие помещения) или интенсивного износа (металлообрабатывающие предприятия, магазины, спортивные залы).

Рулонные материалы для полов - это разнообразные виды линолеума.

**Мастичные бесшовные покрытия.** В мастичные составы входят жидкий полимер, наполнители и пигменты. Составы должны иметь консистенцию сметаны. Наносят их на основание пола слоем 0,5...1 см. После затвердевания (обычно 1...3 сут) образуется сплошное бесшовное покрытие. Такие покрытия отличаются достаточной химической стойкостью, износостойкостью и хорошим сопротивлением ударным нагрузкам.

## **10.6. Трубы, санитарно-технические и погонажные изделия**

Пластмассовые трубы получают методом непрерывной шнековой экструзии из полиэтилена, поливинилхлорида и других полимерных материалов. Пластические массы являются хорошим материалом для изготовления самых различных санитарно-технических изделий и приборов - умывальников, раковин, унитазов, смывных бачков, ванн, сифонов, смесителей, вентиляционных решеток и т.п. В зависимости от вида изделий и условий их эксплуатации они могут быть либо полностью пластмассовыми, либо с частичным применением металлов. Методы изготовления санитарно-технических изделий различны и зависят от массы и размеров изделия.

К изделиям и деталям оборудования из пластических масс относят оконные и дверные ручки, оконные жалюзи и др. Кроме того, из пластических масс изготавливают в большом ассортименте различные электроустановочные приборы.

К погонажным строительным изделиям, изготавливаемым на основе полимеров, относят плинтусы, поручни для лестниц, балконов и других ограждений, накладки на проступи лестничных маршей, порожки, раскладки для крепления и обработки швов листовых и рулонных облицовочных материалов, рейки для облицовки стен, наличники дверные и оконные, герметизирующие и уплотняющие прокладки для окон, дверей и стыков в крупнопанельных зданиях.

## **10.7. Применение полимеров в бетонах и растворах**

Полимерцементные материалы получают, добавляя полимер непосредственно в бетонную или растворную смесь. В качестве полимерной добавки используют водорастворимые смолы, водные дисперсии полимеров и жидкие водонерастворимые термореактивные олигомеры (смолы); последние вводят в бетонную смесь с помощью эмульгаторов. Количество полимерной добавки от 1 до 30% от массы цемента в зависимости от вида полимера и целей модификации бетона или раствора. Наибольшее распространение получили полимерцементные растворы и бетоны с добавкой водных дисперсий полимеров (например, поливинилацетатной и акриловой дисперсии, латексов синтетических каучуков). Полимерные добавки используют также для модификации гипсовых материалов.

Полимерцементные растворы и бетоны отличаются высокой адгезией к большинству строительных материалов, низкой проницаемостью для жидкостей, высокой износостойкостью и ударной прочностью.

Применяют полимерцементные материалы для покрытия полов промышленных зданий, взлетных полос аэродромов, для наружной отделки по кирпичным и бетонным поверхностям, устройства резервуаров для воды и нефтепродуктов.

## **10.8. Полимерные материалы и изделия в строительстве**

При строительстве закрытого дренажа на орошаемых и осушаемых землях широко используют полиэтиленовые гладкостенные и гофрированные перфорированные трубы.

Следует отметить, что гладкие дренажные трубы обладают меньшим гидравлическим эффектом, их производство проще, но укладка более трудоемка. Гибкие (гофрированные) трубы отличаются повышенной упругостью и меньшей массой, поэтому они представляют одно из самых массовых полимерных изделий, используемых в мелиорации. Дренажные гофрированные трубы должны отвечать следующим требованиям: противостоять в течение длительного времени воздействию грунта, обеспечить высокопроизводительную укладку в грунт, иметь достаточно развитую водоотводящую поверхность.

Для защиты дренажа от заиливания, а также обеспечения интенсивности поступления воды в дрены на весь период эксплуатации наряду с традиционными материалами (гравием, керамзитом, торфом, мхом, соломой и т.п.) широкое распространение получили рулонные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ) из синтетических волокон (полиэтилена, полипропилена, полиамида, полиэфира), а именно полотна нетканые: иглопробивное, клееное, каркасное. Каждый из этих материалов имеет недостатки. Так, например, полотно иглопробивное обладает низкой прочностью, что препятствует его механизированной укладке.

## **Тема 11. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

### **11.1. Общий характер строения теплоизоляционных материалов и основные требования к ним**

К **тепловым** относятся материалы, имеющие пористое строение и предназначенные для тепловой изоляции строительных конструкций зданий и сооружений, а также тепловых и холодильных установок и трубопроводов. Тепловая изоляция в промышленном и гражданском строительстве ведет к снижению массы ограждающих и несущих конструкций, уменьшению расхода основных материалов, сокращению затрат топлива и электроэнергии. В гидротехническом строительстве теплоизоляционные материалы находят применение для защиты бетонных и металлических трубопроводов от действия мороза, бетонных массивов от теплового удара, для изготовления бетона термосным методом, в качестве материалов для герметизации швов, прокладок и пр.

Высокопористое строение теплоизоляционных материалов способствует прониканию в них жидкостей, газов и паров, находящихся в окружающей среде, которые, взаимодействуя с материалом, разрушают его. Стойкость теплоизоляции повышают, применяя различные защитные покрытия. Органические теплоизоляционные материалы или содержащие в своем

составе органические связующие вещества (крахмал, клей и т. п.) должны обладать биологической стойкостью. Так как жизнедеятельность различных микроорганизмов возможна во влажной среде, основным условием повышения биостойкости теплоизоляционных материалов, является устранение причин, вызывающих их увлажнение, а также обработка материалов антисептиками.

## 11.2.Классификация теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционные материалы в зависимости от назначения подразделяют на изоляционно-строительные, которые применяют для утепления строительных ограждений, и изоляционно-монтажные - для утепления трубопроводов и промышленного оборудования. Деление это условно, так как некоторые материалы используют как для изоляции строительных конструкций, так и для изоляции промышленных объектов.

Теплоизоляционные материалы классифицируют по следующим признакам:

**форме и внешнему виду:**

штучные (плиты, блоки, кирпичи, цилиндры, полуцилиндры, сегменты);  
рулонные и шнуровые (маты, шнуры, жгуты);  
рыхлые и сыпучие (вата, перлитовый песок и др.);

**структуре:**

волокнистые (минераловатные, стекловолокнистые и др.);  
зернистые (перлитовые, вермикулитовые);  
ячеистые (изделия из ячеистых бетонов, пеностекло, пенопласты, совелитовые и др.);

**виду исходного сырья:**

неорганические и органические;  
средней плотности:  
на группы и марки, указанные в табл. 11.1.; материалы, которые имеют промежуточные значения плотности, не совпадающие с указанными выше, относятся к большей ближайшей марке;

**жесткости:**

мягкие (М) - сжимаемость выше 30% при удельной нагрузке 0,002 МПа (минеральная и стеклянная вата, вата из каолинового и базальтового волокна, вата из супертонкого стекловолокна, маты и плиты из штапельного стекловолокна);

полужесткие (П) - сжимаемость от 6 до 30% при удельной нагрузке 0,002 МПа (плиты минераловатные и из штапельного стекловолокна на синтетическом связующем);

жесткие (Ж) - сжимаемость до 6% при удельной нагрузке 0,002 МПа (плиты из минеральной ваты на синтетическом или битумном связующем);  
повышенной жесткости (ПЖ) - сжимаемость до 10% при удельной нагрузке 0,04 МПа (плиты минераловатные повышенной жесткости на синтетическом связующем);

твердые (Т) - сжимаемость до 10% при удельной нагрузке 0,1 МПа;  
**теплопроводности:**

класс А - низкой теплопроводности - теплопроводность при средней температуре 298 К (25 С) до 0,06 Вт/(м×К);

класс Б - средней теплопроводности - теплопроводность при средней температуре 298 К от 0,06 до 0,115 Вт/(м×К);

класс В - повышенной теплопроводности - теплопроводность от 0,115 до 0,175 Вт/(м×К);

**возгораемости:**

несгораемые, трудно сгораемые, сгораемые, трудно воспламеняющиеся (материалы из пластмасс).

### 11.3. Органические теплоизоляционные материалы

Органические теплоизоляционные материалы (древесноволокнистые древесностружечные плиты, фибролит, арболит, камышитовые и торфяные плиты, пластмассы и др.) обладают существенными недостатками. Они горючи, как правило, легко поглощают воду и обладают невысокой биостойкостью, что предопределяет их недолговечность. Однако благодаря большой сырьевой базе (в основном их получают из неделовой древесины, камыша, торфа и других местных материалов) и сложности изготовления их широко применяют в строительстве малоэтажных зданий.

Древесноволокнистые плиты получают измельчением неделовой древесины или других растительных материалов (камыш, костра, солома) в водной среде до получения волокнистой массы. Из этой массы сначала отливкой формуют, а затем сушат плиты. Таким образом получают мягкие изоляционные плиты. Если перед сушкой плиты уплотняют или высушивают под горячим прессом, получают полутвердые и твердые плиты меньшей толщины, но большей прочности.

Древесностружечные плиты получают горячим прессованием (плоскими экструзионным) специально приготовленной стружки с добавлением небольшого количества (8...10%) мочевиноформальдегидной смолы. При плоском прессовании стружка лежит в плоскости плиты, а при экструзионном (осуществляется выдавливание массы через узкую щель, форма которой соответствует поперечному сечению плиты) – перпендикулярно плоскости плиты.

Фибролит выпускают в виде плит из специально приготовленной древесной стружки (так называемой "древесной шерсти") и теста из вяжущего вещества (обычного цемента). Древесную шерсть изготавливают из отходов древесины на древошёрс-тяных станках. Она имеет вид тонких ленточек длиной 400...500 и шириной 4...7 мм. В цементном фибролите древесная шерсть является арматурой.

Строительная пакля представляет собой спутанное волокно - отход при мятье и трепании льна.

Пакля должна быть мягкой с небольшим содержанием костры, без

посторонних примесей, сухой, непрелой, без гнилостного запаха.

Не просмоленная пакля употребляется для конопатки бревенчатых стен, оконных и дверных колод, просмоленная - для уплотнения пазов гидротехнических сооружений и заделки раструбных соединений труб.

Шевелин является простейшим теплоизоляционным материалом. Он изготавливается из льняной пакли, помещаемой между листами тонкого беспокровного толя.

Пробковые плиты - один из самых старых теплоизоляционных материалов - изготовляют из отходов пробкового производства. Отходы пробки измельчают, смешивают с раствором мязурового клея и прессуют в железных формах. После прессования плиты в формах сушат в течение трех суток в сушилке при температуре 80 С. Можно изготовлять эти плиты и без клея, но с термической обработкой пробки.

Газонаполненные пластмассы - пористый (90...95%) материал на основе синтетических полимеров. Плотность их не превышает  $100 \text{ кг/м}^3$ , но может доходить до  $10 \text{ кг/м}^3$  (например, поропласт мипора). По характеру пористости и способу ее получения газонаполненные пластмассы делятся на пенопласты (мелкие замкнутые поры сферической формы), поропласты (сообщающиеся поры) и сотопласты (пористая структура представляет собой ячейки правильной геометрической формы).

#### **11.4. Неорганические теплоизоляционные материалы.**

Основные положительные свойства неорганических теплоизоляционных материалов - огнестойкость и биостойкость - сочетаются с высокими теплоизоляционными качествами. Из неорганических теплоизоляционных материалов наиболее распространены минеральная вата и изделия из нее, стеклянная вата, ячеистые бетоны, пеностекло, керамзит. К неорганическим теплоизоляционным материалам относятся также и некоторые монтажные материалы.

К материалам и изделиям из асбестового волокна без добавок или с добавкой связующих веществ относят асбестовые бумагу, шнур, ткань, плиты и др. Асбест может быть также частью композиции, из которых изготовляют разнообразные теплоизоляционные материалы (совелит и др.). В рассматриваемых материалах и изделиях использованы ценные свойства асбеста: температуростойкость, высокая прочность, волокнистость и др.

### **ТЕМА 12. ЛЕСНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

#### **12.1. Общие сведения**

Лесные материалы целиком или преимущественно состоят из древесины, под которой понимают освобожденную от коры ткань волокон, содержащихся в стволе дерева. Однако недостатком древесины является неоднородность ее строения (анизотропность), вызывающая неоднородные,

резко отличающиеся в различных направлениях свойства. Так, теплопроводность древесины вдоль волокон в два раза больше теплопроводности поперек волокон. В древесине вдоль волокон звук распространяется хорошо, поперек волокон - плохо. Механическая прочность древесины вдоль волокон на сжатие, изгиб и разрыв во много раз превышает прочность в поперечном направлении. К недостаткам древесины относят легкую ее возгораемость, подверженность загниванию в переменновлажных условиях, коробление, разбухание, растрескивание.

## 12.2. Строение древесины и ее пороки

Дерево состоит из корней, ствола и образующих крону дерева ветвей. Корни извлекают из земли воду и удерживают дерево в вертикальном положении. Ствол является основной частью дерева, от строения которого зависит полноценность древесины как строительного материала. Если ствол растет нормально и форма его близка к цилиндру, то такой ствол называют полно древесным. Если диаметр ствола сильно уменьшается кверху, то его называют снежистым.

К порокам древесины относят дефекты ее строения, нарушение целостности, повреждения и заболевания, т.е. недостатки, снижающие качество лесоматериалов. Согласно действующей классификации, все пороки делятся на десять групп: сучки, грибные окраски и гнили, химические окраски, повреждения насекомыми, деформации и растрескивание, пороки формы ствола, пороки строения древесины, раны, ненормальные отложения в древесине, механические повреждения и дефекты обработки.

Гниение древесины выражается в постепенном изменении ее цвета, уменьшении ее плотности и понижении механической прочности.

*Деформации и растрескивание* - группа пороков, являющихся следствием изменения формы или нарушения целостности древесины. Они возникают под действием значительных внутренних напряжений, образующихся в процессе роста деревьев, при резком изменении температуры, при неравномерном удалении влаги и т.д.

К порокам формы ствола относятся *сбежистость, закомелистость, наросты и кривизна*, а к порокам строения древесины - *наклон волокон, свилеватость, завиток, крень*. Эти пороки могут привести к увеличению расхода сырья при распиловке древесины, снижению прочности и другим нежелательным явлениям.

## 12.3. Породы древесины

Хвойные породы составляют значительную часть наших лесов. Высокое качество древесины обуславливает их использование в строительстве и деревообрабатывающей промышленности. Из хвойных пород чаще всего применяют сосну, лиственницу, ель, пихту и кедр.

## 12.4. Основные физико-механические свойства древесины.

*Истинная плотность* древесины определяется совокупностью веществ, слагающих оболочку клеток. Так как они (т.е. клетки) имеют близкий состав для всех пород, то истинная плотность древесины колеблется в пределах от 1490 до 1560 кг/м<sup>3</sup>.

*Средняя плотность* зависит от влажности и пористости породы. Значение средней плотности указывается применительно к нормальной 12%-ной влажности. Влажность древесины существенно влияет на ее физико-механические свойства и в ряде случаев определяет ее пригодность древесины. Свежесрубленная древесина имеет влажность от 30% (дуб) до 45% (ель). Воздушно-сухая древесина имеет влажность 15...20%. Различают *гигроскопическую* (связанную) и свободную влагу в древесине. Максимальное количество гигроскопической влаги, которое может быть поглощено древесиной при выдерживании ее в воздушной среде называется **пределом гигроскопичности**. Предел гигроскопичности зависит от породы древесины и в среднем равен 30%. Средняя конечная влажность строительных лесоматериалов после сушки должна быть не более 18%.

Механические свойства древесины зависят от угла между направлением действующего усилия и направлением волокон. Древесина различных пород имеет неодинаковую прочность. Среди растущих в Беларуси наибольшую прочность имеет дуб.

## 12.5. Защита древесины от разрушения.

Ограничивают срок службы древесины способность ее гнить и гореть. Кроме того, древесину повреждают насекомые. Только на ремонт и замену деревянных конструкций, разрушенных гниением, ежегодно идет более 30% всей расходуемой древесины.

Предохраняют древесину от гниения сушка, конструктивные различные приемы, защищающие от увлажнения, антисептирование.

Сушка пиломатериалов является одним из основных мероприятий, проведение которого обеспечивает значительное удлинение срока службы и повышение качества деревянных конструкций и изделий. Сушка древесины может быть естественной и искусственной.

Для предупреждения загнивания древесины принимают ряд конструктивных мер: изолируют ее от грунта, камня и бетона, устраивают специальные каналы для проветривания, защищают деревянные конструкции от атмосферных осадков, делают отливы у наружных оконных переплетов и т.п. Однако только мерами конструктивного характера нельзя полностью предохранить древесину от увлажнения и загнивания.

Древесину защищают от гниения, предварительно обработав ее различными химическими веществами - *антисептиками*.

Антисептики должны быть токсичными к грибам, но безвредными для людей и животных, в течение заданного срока не терять токсичные свойства,

не ухудшать физико-механические свойства древесины. Антисептики подразделяются на водо-растворимые и водо-нерастворимые маслянистые. Водорастворимые применяются в виде водных растворов и антисептических паст.

К водо-растворимым антисептикам относят фторид натрия, кремнефторид натрия, кремнефторит аммония, хлорид цинка, антисептический препарат ХМХЦ.

К маслянистым антисептикам относят каменноугольное креозотовое и антраценовое масло, масло сланцевое, растворы пентохлорфенола в маслах.

Основной способ борьбы с насекомыми при хранении древесины на складах - соблюдение санитарных норм и своевременная окурка круглого леса. При обнаружении насекомых на складах и при ремонтных работах древесину обрабатывают инсектицидами - хлорофосом (диметилтрихлороксиэтилфосфонатом техническим), хлороданом, хлорпикрином и др. Путем пропитки, опрыскивания, опыления или окуривания.

В качестве профилактических мер в жилых помещениях древесину протирают 2...3 раза в год 3%-ным водным раствором фторида или кремнефторида натрия.

Для защиты древесины вновь строящихся зданий и сооружений применяют каменноугольные и сланцевые масла, пентахлорфенол в органических растворителях.

Огнезащита деревянных конструкций - важное мероприятие в борьбе с имеющими место пожарами зданий и сооружений. Для предохранения древесины от возгорания следует принимать меры, предупреждающие возможность непосредственного загорания конструкций. Прежде всего следует удалять деревянные конструкции от источников нагревания, а если это невозможно, то деревянные части покрывают малотеплопроводными негоряемыми материалами, например асбестом, асбестоцементными листами или штукатурят эти части.

Не огнестойкие деревянные сооружения разделяются на отдельные отсеки, негоряемыми (брандмауэрными) стенами, огнестойкими перегородками.

Для предохранения древесины от возгорания пользуются окраской ее огнезащитной краской, обмазкой или пропиткой специальными составами.

Для защиты древесины от возгорания, кроме покраски и обмазки, делают и пропитку химическими составами - *антипиринами*. К антипиринам относятся соли фосфорной или борной кислоты, аммонитные соли, карбонат калия или натрия. Обработанная раствором антипирина древесина не горит открытым пламенем, а при длительном воздействии высокой температуры обугливается.

Применение всех перечисленных мер позволит удлинить срок службы древесины, особенно находящейся в неблагоприятных условиях.

## 12.6. Виды лесоматериалов и изделий из древесины

Материалы из древесины, сохранившие ее природную физическую структуру и химический состав, называют **лесоматериалами** (или лесными сортаментами). Их подразделяют на необработанные (круглые) и обработанные (пиломатериалы, колотые лесоматериалы, шпон и др.).

**Круглые лесоматериалы** представляют собой очищенные от сучьев отрезки древесных стволов. В зависимости от диаметра верхнего торца круглые лесоматериалы подразделяют на бревна, подтоварник и жерди.

*Бревна строительные и пиловочные* из хвойных и лиственных пород должны иметь диаметр верхнего торца не менее 14 см и длину 4...6,5 м. Они должны быть ошкурены и опилены под прямым углом к продольной оси. По качеству бревна подразделяют на три сорта. Определение сорта обусловлено наличием в бревнах пороков древесины. Строительные бревна из хвойных пород применяют для несущих конструкций жилых, промышленных и культурно-бытовых зданий, сооружений, а также для свай и пролетных строений деревянных мостов. Пиловочные бревна изготавливают из стволов хвойных и лиственных пород для получения различных пиломатериалов.

*Подтоварник* - часть ствола дерева с диаметром верхнего торца 8...13 см и длиной 3...9 м. Его используют для различных целей в жилищном и сельскохозяйственном строительстве, а также для вспомогательных и временных сооружений.

*Жерди* имеют диаметр верхнего торца 8 см и длину 3...9 м. Их применяют для тех же целей, что и подтоварник.

Хранят круглые лесоматериалы в штабелях по породам, категориями длины.

**Пиломатериалы** изготавливают путем продольной распиловки пиловочных бревен. По форме поперечного сечения различают следующие виды пиломатериалов: пластины, четвертины, горбыль, доски, брусья, бруски.

*Пластины* получают при продольном распиливании бревен на две половины, *четвертины* - по двум взаимно перпендикулярным диаметрам. *Горбыль* представляет собой срезанную часть бревна, у которой с одной стороны во всю длину сделан пропилен, а другая поверхность не обработана. Применяют его для временных построек.

*Доски* получают продольным распиливанием бревен по нескольким параллельным между собой плоскостям. Толщина досок 13...100, ширина 80...250 мм, т.е. отношение ширины к толщине должно быть более двух. Доски хвойных пород имеют длину до 6,5 м, лиственных - до 5 м с градацией через 0,25 м. В зависимости от чистоты опиловки доски бывают *необрезные* с не опиленными кромками на всю длину доски или на половину длины, и *обрезные* с кромками, пропиленными по всей длине (в данном случае сечение доски представляет собой правильный прямоугольник) или более чем на половину длины доски. По качеству древесины и по обработке доски подразделяют на пять сортов: отборный, 1, 2, 3 и 4. Доски высоких сортов

служат для изготовления элементов деревянных конструкций, столярных изделий и т.п.

*Бруски* представляют собой пиломатериалы толщиной до 100 мм, имеющие отношение ширины к толщине не менее двух. Форма поперечного сечения брусков обычно близка к квадрату. Длина брусков та же, что и у досок. Из брусков изготавливают элементы деревянных конструкций, столярные изделия.

Брусья имеют толщину или ширину 100...250 мм при отношении ширины к толщине менее двух. Брусья, опиленные с двух противоположных сторон, называют *двухкантными*, а опиленные с четырех сторон - *четырекантными*.

## **12.7. Хранение древесины на складе.**

Учитывая, наибольшую поражаемость древесины грибками и насекомыми вредителями в неблагоприятных условиях ее хранения и использования, весьма важно обеспечить возможность длительного сохранения древесины, прежде всего на складах, до ее использования в строительстве.

Древесину укладывают в штабеля отдельно по породам, причем круглую отдельно от пиленной. Древесину с признаками загнивания следует складывать на отдельном участке, предварительно очистив ее и пропитав антисептиком.

Штабеля для леса укладывают на основание высотой 40 см от земли, делая основание в виде клеток или продольных подкладок на поперечных лежнях. Высота штабеля леса не должна превышать 2 м, между штабелями должно быть 2 м, между штабелями должно быть не менее 2 м.

Торцы бревен, досок и брусьев следует закрывать замазкой, причем торцы древесины лиственных пород, укладываемой на длительное хранение, необходимо покрывать известковой замазкой в составе извести и воды по весу (массе) равными частями с добавкой 5% клея. Штабеля пиломатериалов покрывают односкатным временным покрытием из досок со свесами до полметра за края штабеля.

## **Тема 13. ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **13.1. Общие сведения**

К **лакокрасочным** относят природные или искусственные материалы, которые наносят в вязкожидком состоянии тонким слоем на строительные конструкции и детали с целью образования пленки для защиты их от вредных воздействий окружающей среды, архитектурно-художественного оформления и улучшения санитарно-гигиенических условий. Лакокрасочные материалы делят на основные и вспомогательные. Основные включают краски, лаки и эмали, а вспомогательные — грунтовочные и шпатлевочные

составы, используемые при подготовке поверхностей под окраску, растворители, разбавители и др.

*Краски* предназначены для создания непрозрачного цветного декоративного и защитного покрытия, скрывающего текстуру окрашиваемого материала. В состав красок входят связующие или пленкообразующие и красящие вещества - пигменты. При необходимости они содержат наполнители, снижающие расход пигментов, и специальные добавки для улучшения технологических и эксплуатационных свойств красок (ускорители затвердевания - *сиккативы*, разбавители). *Пигментами* называются тонкодисперсные порошки, не растворимые в связующем веществе и растворителе способные в смеси с ними образовывать непрозрачные покрытия различных цветов и оттенков; лаки создают прозрачное цветное покрытие и служат для окончательной отделки окрашиваемой поверхности, а также защиты окрасочной пленки от механических повреждений.

*Лаки* представляют собой дисперсии природных или синтетических полимеров, битума, олифы в летучих растворителях. В состав лаков вводят пластификаторы, сиккативы и другие добавки.

*Грунтовки* обеспечивают необходимое сцепление между защищаемой поверхностью и покрытием. Обычно грунтовки состоят из тех же материалов, что и краски, но имеют меньшее содержание пигментов.

*Шпаклевки* предназначены для заполнения пор и выравнивания окрашиваемых поверхностей. Они содержат наряду с раствором клеящего вещества и некоторых компонентов (мыла, растворителя) значительное количество наполнителя, в качестве которого обычно применяют мел. К шпаклевкам по составу близки *подмазочные пасты*, отличающиеся более высоким содержанием клея и других связующих, улучшающих их адгезионные свойства, т.е. сцепление с основанием.

Лакокрасочные материалы классифицируют: по виду пленкообразующих веществ (масляные, глифталевые, эпоксидные, известковые, силикатные), виду жидкой фазы (водные и безводные), отношению к действию воды (водостойкие и неводостойкие), значению (химически стойкие, термостойкие, электроизоляционные).

### 13.2. Основные компоненты окрасочных составов

Основными компонентами окрасочных составов являются связующие вещества и пигменты. В состав некоторых красок входят также растворители, разбавители, пластификаторы, сиккативы, наполнители и др.

*Клеи*. К группе связующих, используемых для приготовления водных красочных составов, относят животные, растительные, искусственные и синтетические клеи. Животный клей бывает костный и мездровый. **Мездровый** клей получают при размачивании кожных покровов животных с последующей сушкой раствора. **Костный** клей - это продукт переработки клеящего вещества, извлекающего из обезжиренных костей. Выпускают

плиточный и дробленый клей, а также клей-студень. Клей не должен иметь гнилостного запаха, налетов плесени и должен расплываться при погружении в подогретую воду. Клей хранят в сухом месте.

**Эмульсии** широко распространены в производстве малярных работ в качестве связующих красочных составов. Масляные эмульсии изготавливают из олифы, известкового молока и раствора животного клея или других компонентов в эмульгаторах. Разводить эмульсию до рабочей консистенции рекомендуется непосредственно перед применением. Использование эмульсионных окрасочных составов позволяет экономить натуральные олифы.

**Пигменты** - тонкоизмельченные цветные порошки, нерастворимые в воде, органических растворителях и связующих материалах, но способные хорошо с ними смешиваться, образуя красочные составы. Пигменты разделяют на минеральные и органические; минеральные, в свою очередь, - на природные и искусственные.

### 13.3. Вспомогательные материалы

Вспомогательными материалами при окрасочных работах являются шпатлевки, грунтовки, ускорители сушки (сиккативы), растворители и разбавители, смывочные средства, шлифующие материалы, наполнители и др.

Перед окраской поверхность шпатлюют (выравнивание пастой), шлифуют и грунтуют.

В зависимости от материала поверхности применяют шпаклевки гипсовые, клеевые, масляные, лаковые.

Растворителями и разбавителями красок служит скипидар, лаковый бензин, спирт, сольвент каменноугольный, ацетон и др.

Смывочными средствами для выведения ржавых пятен на штукатурке служит медный купорос, для удаления старых масляных красок-растворедких щелочей, нашатырный спирт, соляная кислота и др.

В качестве шлифующих материалов для подготовки поверхности под краску применяют натуральную пемзу в виде порошка или кусков с плоской поверхностью, искусственную пемзу, приготовленную из порошка пемзы, кварца или наждака на связующем, корундкристаллическую окись алюминия (в виде шлифовальной шкурки), шлифовальную бумагу или шлифовальную шкурку, изготавливаемую из тонких обломков стекла, кварца, наждака, нанесенных на бумагу или ткань, покрытую предварительно клеем.

Наполнители - высокодисперсные минеральные порошки, вводимые в состав красок с целью уменьшения расхода более дорогого пигмента и придания им особых свойств, например повышенной прочности, кислото-, огнестойкости и т.д.

В качестве наполнителей для окрасочных составов применяют каолин, молотый тальк, пылевидный кварц, асбестовую пыль, слюду и другие измельченные материалы.

### 13.4. Виды окрасочных составов

В качестве связующего в строительных красках этого вида применяют водно-известковые или водно-цементные суспензии. Известковую суспензию готовят из известкового теста или из свежепогашенной тонкомолотой извести-кипелки. Известковые краски применяют для окраски кирпичных стен и штукатурок.

Более долговечны и атмосфероустойчивы цементные краски. Цементные краски получают на основе белого портландцемента и щелочестойкие пигменты. Их применяют для наружной и внутренней окраски по камню, кирпичу, бетону, штукатурке и другим пористым поверхностям, которые предварительно увлажняют.

Сухие силикатные краски состоят из смеси пигментов с тонкомолотыми наполнителями (тальк, мел и др.). Смесь придает рабочее состояние путем разведения калиевым жидким стеклом.

Сухие клеевые краски состоят из пигментов, наполнителей и тонкоизмельченного животного клея и до рабочей вязкости доводят разведением водой. Водно-клеевые составы наносятся на предварительно подготовленную поверхность (по грунтовке или шпаклевке). В грунтовочные составы входят медный купорос, животный клей и мел. Медный купорос растворяют в горячей воде, а затем смешивают с отдельно приготовленной мыльно-клеевой суспензией. Шпатлевочные составы содержат больше клея и мела.

Клеевые краски не водостойки, поэтому их применяют только для окраски штукатурок во внутренних сухих помещениях.

Сухие казеиновые краски состоят из измельченного казеина, известково-пушонки, пигмента и кальцинированной соды или других минеральных солей. Казеин-белковое вещество, получаемое из молока. Растворяется в слабых растворах щелочей и обладает большой клеящей способностью. Казеинаты кальция нерастворимы в воде, поэтому для повышения водостойкости казеиновых клеевых растворов в их состав вводят известь. Для получения красочных составов рабочей консистенции сухие казеиновые краски смешивают с горячей водой. Казеиновые краски применяют для окраски наружных оштукатуренных и бетонных поверхностей зданий, а также для внутренней отделки помещений.

Эмульсионные краски - пигментированные эмульсии полимеров в воде. Основными представителями этой группы являются поливинилацетатные, акрилатные, глифталевые водоразбавляемые составы. В эмульсионные краски, кроме пигментов, добавляют эмульгаторы, стабилизаторы и другие вспомогательные вещества. Твердеют эмульсионные краски по мере распада эмульсии, в результате которого уже через 1-2 ч образуется прочное свето- и водостойкое газопроницаемое покрытие. Эмульсионные краски пожаро- и взрывобезопасны, нетоксичны. Их можно наносить на непросохшие поверхности штукатурки или бетона, учитывая влагонепроницаемость

образуемой пленки. Эмульсионные краски применяют для наружных и внутренних окрасок по кирпичу, камню, бетону, штукатурке и дереву.

**Масляные краски.** Масляными красками называют красочные суспензии пигментов в олифе, в состав которых вводят наполнители. По консистенции масляные краски подразделяются на густотертые и готовые к употреблению. Для получения густотертых красок пигменты тщательно растирают с олифой в специальных краскотерочных машинах с тем, чтобы все частицы пигмента были покрыты пленкообразующим веществом. Перед использованием густотертые краски разводят олифой до рабочей консистенции.

**Лаки.** Лаки - это растворы смол, битумов и других пленкообразующих веществ в летучих растворителях, наносимые на поверхность тонким слоем и образующие после высыхания твердые покровные пленки. В качестве пленкообразователей используют синтетические и природные смолы, битумы, дегти и нитроцеллюлозу. В качестве растворителей применяют лаковый бензин, сольвент-нафту, скипидар, различные спирты и эфиры (для растворения нитроцеллюлозы и глифталей).

Растворы смол или битумов в натуральных олифах или в растительных маслах называют масляными лаками. Масляные лаки с большим содержанием масел называют жирными, с низким содержанием - тощими. Жирные лаки в сравнении с тощими образуют более эластичные и атмосферостойкие пленки.

По виду смолы масляные лаки подразделяют на глифталевые, перхлорвиниловые, поливинилхлоридные т.д.

**Эмалевые краски.** Эмалевыми называют краски, приготовленные растиранием пигментов на различных лаках, в частности на масляном. Густотертые эмалевые краски разводят до рабочей консистенции жидким лаком с добавлением сиккатива и растворителей. После высыхания эмалевые красочные составы образуют блестящую пленку. В качестве пигментов в состав эмалевых красок входят цинковые, титановые и литопонные белила, кроны, ультрамарин, сажу, железный сурик и некоторые органические пигменты.

По виду связующего эмалевые краски разделяют на масляные (на масляных лаках), нитроэмали (на нитроцеллюлозных лаках), глифталевые (на глифталевых лаках), перхлорвиниловые и т.п.

Глифталевые эмалевые краски имеют ограниченную водостойкость, из-за чего их используют для внутренней отделки помещений, покрывая металл, дерево, бетон и штукатурку. Они не рекомендуются в помещениях с влажным режимом эксплуатации.

Пентафталевые эмалевые краски применяют для высококачественной наружной окраски по металлу, дереву, бетону и штукатурке, а также для окраски санитарно-технических узлов и кухонь.

Алкидно-стирольные эмалевые краски обладают хорошей водостойкостью, твердостью и блеском, но недостаточной атмосферостойкостью. Их употребляют для окраски дверных и оконных блоков, радиаторов, труб и производственного оборудования.

Нитроэмалевые краски - быстровысыхающие. Их наносят на деревянные и металлические поверхности, ранее покрытые нитрогрунтовым составом.

Пленки эмалевых красок на масляных лаках, отвердевшие без нагревания, при длительном воздействии влаги постепенно разрушаются, поэтому эти краски применяют только для внутренних работ. Нитроэмали применяют как для внутренней окраски помещений с температурой не выше 40°C, так для наружных работ (нитроглифталевые эмали). Перхлорвиниловые эмалевые краски образуют водо- и атмосферостойкие пленки и применяются для окраски фасадов зданий.

Перхлорвиниловые краски поставляют на стройки в готовом виде и наносят краскораспылителем или валиком. Эти краски отличаются повышенной водостойкостью и химической стойкостью. Перхлорвиниловые краски широко распространены для окраски фасадов зданий. Краски следует хранить в помещениях, защищенных от воздействия солнечных лучей, в плотно закрытой таре.

Эфиоцеллюлозные краски разделяют на нитроглифталевые, нитроцеллюлозные и этилцеллюлозные. Их используют для окраски наружных деревянных и металлических поверхностей, находящихся под воздействием атмосферных факторов.

### **13.5. Материалы для гидроизоляции и антикоррозионных покрытий**

Для гидротехнического строительства интерес представляют лакокрасочные материалы на основе органических вяжущих, применяемых для гидроизоляционных и антикоррозионных покрытий.

Для гидроизоляции лакокрасочные материалы на основе битумов, эпоксидных, фенолформальдегидных и кремнийорганических смол. Лакокрасочная гидроизоляция экономична, однако долговечность ее не высока и достигает нескольких лет. Лакокрасочные материалы наносят на поверхность разнообразными способами, широкое применение находит метод распыления, позволяющий автоматизировать процесс окраски и добиться высокой производительности.

Для защиты строительных материалов от воздействия воды разработаны **водоотталкивающие кремнийорганические покрытия**, они не имеют цвета, не скрывают фактуру материалов, не лишают их воздухо- и паропроницаемости (в отличие от лакокрасочных покрытий), и не вызывают запыляемости поверхностей.

Водоотталкивающие кремнийорганические соединения целесообразны для повышения водостойкости и водонепроницаемости бетона, а также для снижения капиллярного подсоса при невысоких гидростатических давлениях. На основе кремнийорганических соединений, помимо пропитанных составов, можно изготавливать также защитные лаки и краски, обладающие наряду с высокой водо- и химической стойкостью, термостойкостью и относительной жароупорностью.

## **ТЕМА 14. МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **14.1. Общие сведения о металлах и их видах**

Металлами называют вещества, характерными признаками которых при обычных условиях являются высокая прочность, пластичность, тепло- и электропроводность, особый блеск, называемый металлическим. Такие признаки металлов обуславливаются их электронными межатомными связями и кристаллическим строением. При очень высоких давлениях свойства металлов могут меняться. Металлы, применяемые в строительстве, делят на две группы - черные и цветные.

Черные металлы представляют собой сплав железа с углеродом. Кроме того, в них могут содержаться в большем или меньшем количестве и другие химические элементы (кремний, марганец, сера, фосфор). С целью придать черным металлам специфические свойства в их состав вводят улучшающие или легирующие добавки (никель, хром, медь и др.). Черные металлы в зависимости от содержания углерода подразделяют на чугуны и стали.

Цветные металлы в чистом виде весьма редко используют в строительстве. Значительно чаще находят применение сплавы цветных металлов, которые по истинной плотности разделяют на легкие и тяжелые.

Легкие сплавы получают на основе алюминия или магния. Наиболее распространенными легкими сплавами являются алюминиево-марганцевые, алюминиево-кремнеземистые, алюминиево-магниевые и сплавы дюралюминия. Их используют для несущих (фермы и др.) и ограждающих (оконные переплеты и др.) конструкций зданий и сооружений.

Тяжелые сплавы получают на основе меди, олова, цинка, свинца. Среди тяжелых сплавов в строительстве применяют бронзу (сплав меди с оловом или сплав меди с алюминием, железом и марганцем) и латунь (сплав меди с цинком). Из этих сплавов изготавливают архитектурные детали и санитарно-техническую арматуру.

### **14.2. Основы технологии производства чугуна и стали**

Производство черных металлов из железной руды - сложный технологический процесс, который может быть условно разделен на две стадии. На первой стадии получают чугун, а на второй - его перерабатывают в сталь.

### **14.3. Изделия из чугуна**

В зависимости от содержания примесей и скорости охлаждения получают два основных вида чугуна: белый и серый. Эти наименования соответствуют цвету чугуна. Белый имеет высокую твердость, но он весьма хрупок; его применяют для получения ковкого чугуна и стали. Серый чугун в

расплавленном состоянии обладает хорошей текучестью и легко заполняет формы, дает малую усадку при затвердении, а также легко поддается механической обработке. Серый чугун используют для литья разнообразных строительных изделий. Разновидность серого чугуна - модифицированный черный чугун. Его получают за счет введения в жидкий чугун добавок (модификаторов). Этот обладает повышенными механическими свойствами.

В современном гражданском, промышленном, сельскохозяйственном и транспортном строительстве широко используют чугунные изделия. Среди них в первую очередь следует назвать санитарно-технические изделия и оборудование, например отопительные радиаторы, ванны, мойки, вентили. Чугунные трубы применяют для стояков санитарно-технических кабин, канализационных сетей, для отвода промышленных вод и т.д.

Чугунные литые изделия изготавливают различными способами. Среди которых наиболее простым является литье в формы. Прогрессивные способы литья чугуна - под давлением и центробежный. Из серого чугуна путем отливки получают элементы строительных конструкций, работающих на сжатие: колонны, опорные подушки, арки, своды, тубинги метрополитена, плиты для полов промышленных зданий и т.п. Его используют для литья печных приборов (топочные дверцы, задвижки, колосники, а также арматурно-художественных изделий).

#### **14.4. Виды и свойства сталей**

По стандарту марку углеродистой стали обыкновенного качества обозначают буквами Ст и цифрами от 0 до 7. Качественные углеродистые стали маркируют двузначными цифрами, показывающими содержание углерода в сотых долях процента (0,8; 25 и т.д.). В обозначение марок кипящей стали добавляют "кп", полуспокойной - "пс", спокойной - "сп", например Ст3сп, Ст5пс, Ст2кп.

В отличие от маркировки углеродистых сталей буквы в марке низколегированных сталей показывают наличие в стали легирующих примесей, а цифры - их среднее содержание в процентах; предшествующие буквам цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента. Для маркировки стали каждому легирующему элементу присвоена определенная буква: кремний - С, марганец - Г, хром - Х, никель - Н, молибден - М, вольфрам - В, алюминий - Ю, медь - Д, кобальт - К. Первые цифры марки обозначают среднее содержание углерода (в сотых долях процента для инструментальных и нержавеющей сталей); затем буквой указан легирующий элемент и последующими цифрами - его среднее содержание, например сталь 3Х13 содержит 0,3% С и 13% Cr, марки 2Х17Н2 - 0,2% С, 17% Cr и 2% Ni. При содержании легирующего элемента менее 1,5% цифры за соответствующей буквой не ставятся: 1Г2С, 12ХН3А. Буква А в конце обозначения марки указывает на то, что сталь является высококачественной, буква Ш - особо высококачественной. Например, низколегированная конструкционная сталь марки 1Г2С содержит 0,1%

углерода, 2% марганца и 1% кремния.

Сталь углеродистая обыкновенного качества - сплав железа с углеродом. В ее составе также присутствуют в небольшом количестве примеси: кремний, марганец, фосфор и сера, каждая из которых оказывает определенное влияние на механические свойства стали. В сталях обыкновенного качества, применяемых в строительстве, углерода содержится 0,06...0,62%. Стали с низким содержанием углерода характеризуются высокой пластичностью и ударной вязкостью. Повышенное содержание углерода придает стали хрупкость и твердость.

Низколегированные стали наиболее часто применяют в строительстве. Содержание углерода в низколегированных сталях не должно превышать 0,2%, так как с его возрастанием понижаются пластичность и коррозионная стойкость, а также ухудшается свариваемость стали. Легирующие добавки влияют на свойства стали следующим образом: марганец увеличивает прочность, твердость и сопротивление стали износу; кремний и хром повышают прочность и жаростойкость, а медь - стойкость стали к атмосферной коррозии; никель способствует улучшению вязкости без снижения прочности. Низколегированные стали имеют более высокие механические свойства, чем малоуглеродистые. Стали, содержащие никель, хром и медь, высокопластичны, хорошо свариваются, их с успехом используют для сварных и клепаных конструкций промышленных и гражданских зданий, пролетных строений мостов, нефтерезервуаров, труб и т.д.

Наибольшее применение в строительстве для изготовления металлических конструкций получили низколегированные стали марок 10ХСНД, 15ХСНД, 10Г2СД, и др.

Средне- и высоколегированные стали употребляют в строительстве только тогда, когда нужно обеспечить конструкциям высокую коррозионную стойкость. Для этого конструкции изготовляют из специальной нержавеющей стали, например хромоникелевой и хромоникелемарганцевой.

Среди физических свойств сталей наибольшее значение имеют истинная плотность, температура плавления, теплоемкость, теплопроводность, коэффициент температурного расширения.

#### **14.5. Изделия из стали**

При изготовлении стальных изделий расплавленную сталь разливают по изложницам. Вынутые из них стальные слитки подвергают обработке давлением. Обработка давлением основана на высоких пластических свойствах стали, при этом изменяется не только форма стального слитка, но и его свойства. Существуют следующие способы обработки стальных слитков давлением: прокатка, волочение,ковка, штамповка и прессование.

Прокатка - наиболее распространенный способ изготовления профилированных стальных изделий. При прокатке стальных слитков пропускают между вращающимися валками прокатного стана, в результате

чего заготовка обжимается, вытягивается и в зависимости от профиля прокатных валков приобретает заданную форму (профиль). Сортамент стали горячего проката - сталь круглая, квадратная, полосовая, уголкового равнобокая и неравнобокая, швеллеры, двутавровые балки, шпунтовые сваи, трубы, арматурная сталь периодического профиля и др.

При волочении заготовка последовательно протягивается через отверстия (фильеры) размером меньше сечения заготовки, вследствие чего заготовка обжимается и вытягивается. При волочении в стали появляется так называемый наклеп, который повышает ее твердость. Волочение стали обычно производят в холодном состоянии, при этом получают изделия точных профилей с чистой и гладкой поверхностью. Способом волочения изготавливают проволоку, трубы малого диаметра, а также прутки круглого, квадратного и шестиугольного сечения.

Ковка - обработка раскаленной стали повторяющимися ударами молота для придания заготовке заданной формы. Ковкой изготавливают разнообразные стальные детали (болты, анкера, скобы и т.д.)

Штамповка - разновидность ковки, при которой сталь, растягиваясь под ударами молота, заполняет форму штампа. Штамповка может быть горячей и холодной. Этим способом можно получить изделия очень точных размеров.

Прессование представляет собой процесс выдавливания находящийся в контейнере стали через выходное отверстие (очко) матрицы. Исходным материалом для прессования служит литье или прокатные заготовки. Этим способом можно получать профили различного сечения, в том числе прутки, трубы небольшого диаметра и разнообразные фасонные профили.

Холодное профилирование - процесс деформирования листовой или круглой стали на прокатных станках. Из листовой стали получают гнутые профили с различной конфигурацией в поперечнике, а из круглых стержней на станках холодного профилирования путем сплющивания - упрочненную холодносплюснутую арматуру.

Прокатную сталь квадратного сечения, а также полосовую сталь используют в строительстве для различных целей. Круглую сталь в основном употребляют в качестве арматуры для железобетона. Прокатная сталь для шпунтованных свай выпускают разнообразных профилей; ее применяют для гидротехнического строительства.

Стальные трубы цельнотянутые и сварные диаметром 59...1620 мм используют для магистральных газо- и нефтепроводов, водоснабжения, отопления и других целей.

Мелкие стальные изделия в виде болтов, гаек, шайб, заклепок широко применяются при изготовлении из прокатных стальных профилей разнообразных строительных конструкций. Любое строительство в настоящее время не обходится без стальных крепежных изделий - шурупов, винтов, гвоздей, скоб, а также без скобяных изделий, необходимых для комплектации дверных и оконных блоков, санитарно-технических кабин (петли, ручки, замки и др.).

Стальная арматура. Большое количество стали используют в качестве

арматуры в железобетоне. В среднем для получения 1 м<sup>3</sup> железобетона требуется 50...100 кг стали. Для армирования железобетона используют стальные стержни и проволоку как непосредственно, так и в виде сеток и каркасов, изготавливаемых в основном заводским методом.

Стержневая арматурная сталь представляет собой горячекатаные стержни диаметром 6...80 мм. Из стальной изготавливают также арматурные сетки и каркасы. Канаты и пряди используют для напряженной арматуры. Арматурную сталь необходимо хранить в закрытых помещениях или под навесом на стеллажах отдельно по видам и маркам стали, а также по диаметрам. При этом рекомендуется следить за сохранностью на торцах стальных стержней разных марок меток, сделанных несмываемыми красками, а также за сохранностью на торцах стальных стержней разных марок меток, сделанных несмываемыми красками, а также за сохранностью заводских бирок, прикрепленных к пучкам, пакетам и моткам арматурной стали. При хранении арматурной стали необходимо предохранять ее от загрязнения и коррозии.

Закладные детали предназначены для соединения железобетонных элементов между собой. Монтажные петли, закладываемые в железобетонные элементы, изготавливают из арматурной стали. Диаметр стержня определяют расчетом петли на разрыв под действием силы тяжести бетонного элемента.

#### 14.6. Способы обработки стали

**Термическая обработка** металлических материалов заключается в нагреве их до требуемой температуры, выдержке и охлаждении с заданной скоростью до определенной температуры.

Процесс термической обработки подразделяют на собственно термическую обработку под воздействием только тепла - закалку, отпуск, отжиг, нормализацию; термомеханическую обработку при комбинированном воздействии тепла и пластического деформирования; химико-термическую обработку при сочетании воздействия тепла и изменения химического состава металла.

**Термомеханическая обработка** металлов включает нагрев, пластическое деформирование и охлаждение металла, совмещенные в единой технологической схеме. Сущность совмещенного процесса состоит в том, что заготовку сразу после окончания горячей обработки давлением (ковки, прокатки) закаливают. При этом не производится специального нагрева заготовок, а используется остаточное тепло после горячего деформирования. В результате экономится топливо для нагрева под закалку, уменьшается потребность в нагревательных печах, сокращается время изготовления деталей и существенно улучшаются механические свойства стали.

**Химико-термическая обработка** металлов заключается в насыщении поверхности изделия углеродом, азотом, алюминием и другими элементами. Этому виду обработки подвергают, например, изделия, предназначенные для

работы на истирание в сочетании с ударными нагрузками, т.е. тогда, когда они должны характеризоваться высокой твердостью поверхностных слоев при достаточно вязкой сердцевине. В зависимости от особенностей диффундируемого элемента можно воздействовать также на усталостную прочность, повышать сопротивление поверхности металла воздействию внешних агрессивных сред и т.д. Чаще всего применяют **цементацию** - насыщение стали углеродом. Поверхностный слой низкоуглеродистых сталей при цементации науглероживается до 0,8...1,1% С и подвергается термической обработке, в результате которой приобретает структуру мартенсита. При науглероживании изделия обычно помещают в стальные ящики, засыпают цементационной смесью, состоящей из активированного угля и углекислой соли, и нагревают до 900-950 С. Кислород воздуха при нагреве с углем образует оксид углерода, который при наличии железа диссоциирует с образованием углерода. Кроме цементации применяют азотирование, цианирование, алитирование, хромирование и другие виды химико-термической обработки металлов.

#### 14.7. Коррозия стали и методы борьбы с ней

Разрушение строительных металлов в результате химического или электрохимического воздействия на них внешней среды называют коррозией.

Чтобы избежать коррозии металлов, применяют стойкие противокоррозионные сплавы (главным образом, железоуглеродистые, в состав которых входят легирующие элементы), защиту основного металла металлическими и неметаллическими покрытиями.

Защитные металлические покрытия наносят на металлы гальваническим, химическим, анодизационным, диффузионным, горячим, металлизационным способами.

К числу неметаллических покрытий относят: эмалирование, покрытие стеклом, образование высыхающих или невысыхающих пленок, напыление пластмасс, нанесение защитных слоев обкладкой листовыми пластиками, стойкими к агрессии плитками, обмазками и др.

Эффективным средством защиты металла служат ингибиторы.

Покрытия, получаемые при пропускании внешнего источника в соответствующем электролите, в который погружена защищаемая деталь в паре с анодом, называют электролитическими или гальваническими.

Защитные слои на обычной углеродистой или низколегированной сталях наносят также способом *плакирования* или биметаллизации. Биметалл - это двуслойная сталь с плакирующим тонким слоем нержавеющей металла.

В качестве высыхающих лакокрасочных *пленкообразующих* материалов применяют различные синтетические лаки (например, поливинилхлоридный), эпоксидную смолу, нитроэмали, хлорокаучуковые эмали, нефтяные и каменноугольные лаки, краски, содержащие растительные масла. В качестве стойких пигментирующих веществ в лаках и маслах применяют алюминиевую пыль, свинцовый сурик, железный сурик и др.

Важным условием стойкости покрытия является тщательность подготовки поверхности.

Для антикоррозионной изоляции стальных изделий может применяться битумно-асбестовая мастика, цементно-казеиновое покрытие, обмотка рулонными гидроизоляционными материалами.

Применяют также в отдельных случаях нанесение на металл пленок путем горячего *напыления пластмассы*, приклеивание или приваривание пленок, защиту поверхности обкладочными материалами (винипластом, полиизобутиленом), плитками из плавленного базальта, кислотоупорного бетона, кислотостойкой керамики, резины, эбонита.

Обмазочные композиции служат также в качестве скрепляющих растворов при обкладке защищаемого металла (например, металлической ванны для травления металла и др.) кислотоупорными плитками.

Антикоррозионным средством для металлического оборудования служат летучие ингибиторы и ингибированная бумага. Ингибитором называют вещество, замедляющее или прекращающее протекание реакции. Таким веществом могут быть нитрит натрия с углекислым аммонием, с уротропином. Ничтожные дозы паров ингибитора в воздухе помещения сохраняют оборудование от коррозии, являясь безвредными для организма человека.

Помимо перечисленных мероприятий, борьба с коррозией металлов осуществляется рациональным конструктивным оформлением металлических конструкций, при котором исключается возможность попадания и задержки влаги в стыках на поверхности металла; применением проекторов, т.е. присоединением к основному металлу менее устойчивого против коррозии (например, цинковых или других материалов); катодной защитной подземных металлических сооружений (трубопроводы и др.) присоединением к катоду отдельного источника питания и заземлением анода.

#### **14.8. Цветные металлы и их сплавы**

Алюминий - легкий серебристо-белый металл. Важное достоинство его - низкая плотность ( $2700 \text{ кг/м}^3$ ). В чистом виде алюминий мягок, пластичен, хорошо отливается, прокатывается, температура плавления  $657^\circ \text{C}$ . Алюминий имеет повышенную стойкость к коррозии на воздухе за счет образования защитной пленки  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , высокую теплопроводность и электропроводность.

В чистом виде в строительстве алюминий применяется для отливки деталей, изготовления порошков (алюминиевые краски и газообразователи при изготовлении ячеистых бетонов), фольги, электропроводов. Алюминиевую фольгу применяют для изготовления высокоэффективного утеплителя (альфоля), в качестве отражателя тепловых лучей, а также декоративного материала. Путем анодного оксидирования из алюминиевых сплавов получают архитектурные детали различной расцветки.

Для строительных изделий алюминий применяют в виде сплавов, в состав

которых входят Cu, Mn, Mg, Si, Fe.

Сплавы, состоящие из алюминия, меди, магния и марганца носят название дюралюминий.

В настоящее время область применения алюминиевых сплавов сильно расширена. Их рекомендуется применять: в конструкциях большепролетных сооружений, которых собственный вес составляет значительную часть нагрузок; в сборно-разборных конструкциях; в конструкциях сооружений, возводимых в трудно доступных местах; при строительстве в сейсмических районах; в конструкциях сооружений, предназначенных для службы в агрессивной среде; в конструкциях подвижных и подъемно-транспортных устройств.

Медь металл красного цвета с плотностью  $8800 \text{ кг/м}^3$ , температурой плавления  $1083 \text{ С}$ , пределом прочности при растяжении около  $200 \text{ МПа}$ , относительным удлинением  $30-60\%$ . Медь мягкий и пластичный металл, хорошо проводит электричество и тепло.

Медь добывают из медных сульфидных и окисленных руд. Применяют медь для изготовления электрических проводов и в качестве составной части различных сплавов.

Сплав, состоящий из меди и цинка, называют латуню. Латунь обладает высокими механическими и антикоррозийными свойствами и поддается горячей и холодной обработке. Иногда к сплаву латуни добавляют свинец, олово, алюминий, кремний и др. Применяют ее в виде листов, прутьев, проволоки, труб.

Латунь в строительстве применяют также в виде специальных изделий, сочетающих антикоррозийные и художественные качества (для архитектурной отделки интерьеров - базы колонн, различные погонажные изделия).

Сплав меди с оловом (до  $10\%$ ) называют оловянистой бронзой. Сплавы меди с алюминием, никелем кремнием носят название безоловянистых бронз. Иногда в состав бронзы вводят свинец, цинк, фосфор. Бронзу применяют в виде изделий для внутреннего оборудования зданий (сантехническая арматура, вентиляционные решетки, детали карнизов, фурнитуры и др).

Кроме бронз и латуни известны другие сплавы, содержащие медь. Например, мельхиор ( $20\%$  никеля и  $80\%$  меди), никелин ( $45\%$  никеля и  $55\%$  меди), константан ( $40\%$  никеля,  $59\%$  меди и  $1\%$  марганца).

Магний - один из наиболее легких металлов. Средняя плотность его  $1730 \text{ кг/м}^3$ , температура плавления  $649 \text{ С}$ . В чистом виде магний малоустойчив. Получают его из морской рапы после осадки поваренной соли, из карналлита ( $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ), а также из магнезита.

Применяют магний при изготовлении специальных легких сплавов.

Плотность цинка  $7000 \text{ кг/м}^3$ . Температура плавления  $419 \text{ С}$ . Применяют главным образом для оцинкования различных стальных изделий (гвоздей, болтов, кровельной стали), в качестве составляющего сплавов. При обычной температуре цинк хрупок, при нагревании до  $150 \text{ С}$  он становится пластичным.

Цинк получают из сульфидных цинковых руд  $ZnS$ .

Свинец - мягкий, пластичный, тяжелый металл. Плотность свинца  $11400 \text{ кг/м}^3$ . Температура плавления  $325^\circ \text{C}$ . Свинец хорошо лется и прокатывается, хорошо противостоит действию серной и соляных кислот. Предел прочности при растяжении до  $20 \text{ МПа}$ , твердость по  $H_v=5,9$ . Свинец непроницаем для рентгеновских лучей и частично гамма-лучей. Применяется в строительстве для специальных труб, антикоррозийных покрытий, звуко- и гидроизоляции и как составная часть некоторых легких сплавов. Свинец добывают из сульфидных руд.

Плотность олова  $7230 \text{ кг/м}^3$  Температура плавления  $232^\circ \text{C}$ . Олово - мягкий, стойкий против коррозии металл. Применяется для лужения стали и меди в качестве припая и как составная часть цветных легкосплавных сплавов. Предел прочности при растяжении  $35...45 \text{ МПа}$ , относительное удлинение  $40\%$ , твердость по  $H_v=12$ . Олово добывают из руды, которая называется оловянным камнем.

Сплавы, состоящие из свинца, олова, сурьмы, меди, применяют в качестве так называемых антифрикционных или подшипниковых. Такие сплавы носят название баббитов.