

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА имени К.А. Тимирязева**

П.А. Михеев, Г.Н. Горяева

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Курс лекций
для студентов направления
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Новочеркасск
Лик
2020

УДК 662/627(075.8)

ББК 38.77

М 69

Рецензент:

Жарницкий В.Я., доктор технических наук, профессор

Михеев П.А.

М 69 Материаловедение и технология конструкционных материалов: курс лекций для студентов направления 20.03.02 Природообустройство и водопользование. / П.А. Михеев, Г.Н. Горяева; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева – Москва, Новочеркасск: Лик, 2020.

ISBN 978-5-907158-94-8

Курс лекций для студентов направления 20.03.02 Природообустройство и водопользование – 159 с.

ISBN 978-5-907158-93-1

Курс лекций соответствует содержанию дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов» рабочей программы дисциплины, изучаемой студентами во 2 семестре. Конструкционные материалы являются основой промышленного, гражданского, сельского строительства, поэтому изучение свойств, особенностей получения и применения строительных материалов является важным этапом подготовки строителя.

Курс лекций предназначен для студентов специальности 20.03.02 Природообустройство и водопользование.

УДК 662/627(075.8)

ББК 38.77

ISBN 978-5-907158-93-1

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА

имени К.А. Тимирязева, 2020

© Михеев П.А., Горяева Г.Н. 2020

ВВЕДЕНИЕ

Выпускникам бакалавриата по направлению природообустройство и водопользование необходимо иметь определённый объём знаний по основным вопросам строительного материаловедения и технологии конструкционных материалов, уметь эффективно их использовать в своей практической работе по избранному профилю деятельности. В учебном плане образовательного направления 20.03.02 Природообустройство и водопользование дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» является первой профессиональной дисциплиной, которая изучается на втором курсе, формируя базу для последующего освоения архитектурно-строительных, расчетно-конструктивных, организационно-технологических и других дисциплин.

Конструкционные материалы составляют основу любого объекта водохозяйственного строительства, поэтому изучение свойств, особенностей получения и применения строительных материалов является важным этапом подготовки специалиста. Знание основных физических, химических, механических, технологических свойств позволяет сравнивать различные строительные материалы и изделия и определять технико-экономическую целесообразность их применения в конкретных условиях водохозяйственного строительства.

В процессе эксплуатации зданий и сооружений водного и жилищно-коммунального хозяйства строительные материалы и конструкции, из которых они выполнены, подвергаются влиянию различного вида нагрузок, а также разнообразным воздействиям внешней и внутренней среды. Для обеспечения требуемой долговечности материалов и конструкций, к ним предъявляются определенные требования по прочности, деформативности, коррозионной стойкости, морозостойкости, водонепроницаемости, водостойкости. В зависимости от назначения и условий эксплуатации могут предъявляться требования по возгораемости, токсичности, радиационной защите и др.

Структура и содержание курса лекций соответствует рабочей программе дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов», разработанной на кафедре «Сельскохозяйственное строительство и экспертиза объектов недвижимости» ФГБОУ ВО ВОРГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Курс лекций предназначен для бакалавров направления 20.03.02 Природообустройство и водопользование.

Составители

ЛЕКЦИЯ 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

План лекции.

- 1.1. Основные понятия строительного материаловедения. Общие сведения о строительных материалах.
- 1.2. Классификация строительных материалов и изделий.
- 1.3. Строение и основные свойства строительных материалов. Физические, механические, химические, технологические свойства.

1.1. Основные понятия строительного материаловедения. Общие сведения о строительных материалах

Дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» является одной из первых инженерных дисциплин, которая создаёт базу для изучения последующих архитектурно-строительных, расчетно-конструктивных, организационно-технологических дисциплин.

Здание любого типа состоит из одинаковых по назначению частей: фундамента, каркаса и ограждающих конструкций (стен, перекрытий, покрытий, кровли). Ни одно здание или сооружение невозможно спроектировать, построить и эксплуатировать без использования строительных материалов с соответствующими строительно-техническими свойствами.

Материаловедение – наука, изучающая взаимосвязь внутренней структуры, состава, основных свойств композиционных материалов и их отношение к различного рода внешним воздействиям. Технология конструкционных материалов изучает общие принципы механических, химических, физико-химических, тепловых и других воздействий, которым подвергается исходное сырье для получения различных строительных изделий.

В общей стоимости строительных конструкций на долю строительных материалов приходится порядка 50-60%. При этом строительство является самой материалоёмкой сферой общественного производства. Ежегодно в стране для получения строительных материалов добывается и перерабатывается более миллиарда тонн сырьевых ресурсов. Проблема выбора и эффективного использования строительных материалов и изделий является актуальной. На стоимость строительных материалов большое влияние оказывают транспортные затраты. Грузовой железнодорожный транспорт примерно на четверть, а речной – более чем на половину загружены перевозкой строительных материалов.

Одновременно с этим промышленные предприятия различных отраслей несут большие затраты на удаление, складирование и утилизацию сотен миллионов тонн производственных отходов. Рациональное использование промышленных отходов для получения качественных строительных материалов и изделий позволяет комплексно решать задачи снижения стоимости строительства и улучшения экологического состояния окружающей среды.

1.2. Классификация строительных материалов и изделий

При изучении строительных материалов существуют системные классификации их огромной номенклатуры по различным классификационным признакам: производственное назначение, вид исходного сырья, технологический способ производства, структурные особенности и др. При этом различают природные и искусственные материалы.

Природные материалы получают непосредственно из недр земли или путем переработки лесных массивов в «деловую древесину». Этим материалам придают определенную форму и размеры, не меняя их внутреннего строения и состава. В строительстве наиболее широко из числа природных материалов используют каменные и лесные материалы и изделия. В сравнительно небольших количествах находят применение природный битум, асфальт, озокерит, казеин, солома, камыш и другие местные материалы.

Искусственные строительные материалы и изделия производят на специализированных предприятиях и заводах строительной индустрии. Классификации строительных материалов по их основному назначению, структурным признакам и химическому составу представлены на рисунках 1.1–1.3.



Рисунок 1.1 – Классификация строительных материалов по назначению



Рисунок 1.2 – Классификация строительных материалов по структуре



Рисунок 1.3 – Классификация строительных материалов по химическому составу

1.3. Строение и основные свойства строительных материалов. Физические, механические, химические, технологические свойства

Свойствами называют способность материалов определенным образом реагировать на воздействие отдельных или совокупных внешних или внутренних силовых, тепловых и других факторов. Различают химический, минеральный и фазовый состав материала.

Химический состав, обычно выражает содержание (%) оксидов, позволяет судить о прочности, огнестойкости, водо- и коррозионной стойкости, и других технических свойствах материала.

Минеральный состав показывает содержание тех или иных минералов в вяжущих веществах или в каменных материалах, во многом определяющих их технические свойства.

Фазовый состав характеризует соотношение между твёрдой, жидкой и газообразной фазой в материале и его способность сопротивляться внутрифазовым переходам воды, особенно при циклическом замораживании и оттаивании.

Не менее важное, чем состав, влияние на свойства материала оказывает и его строение, рассматриваемое на разных уровнях.

Макроструктура – строение материала, видимое невооруженным глазом.

Микроструктура – строение веществ, видимое при большом увеличении в оптическом микроскопе. Микроструктура может быть кристаллическая (с определённой температурой плавления) и аморфная (с постепенным плавлением в некотором температурном интервале).

Внутреннее строение – изучаемое методами электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа и т.п. на молекулярном уровне, определяет прочность, твёрдость, тугоплавкость и другие важные свойства.

Свойства материалов разделяют на: физические, химические и физико-химические, механические, технологические и специальные.

Физические свойства характеризуют параметры строения, структурные особенности и отношение материала к протеканию в нём физических процессов (рисунки 1.4).

К параметрам состояния относятся:

- *истинная плотность* (ρ_u , г/см³) – масса (m) единицы объёма (V) материала в абсолютно плотном состоянии (без пор, трещин, капилляров)

$$\rho_u = \frac{m}{V_a};$$

- *средняя плотность* (ρ_{cp} , кг/м³) – масса единицы объёма материала в естественном состоянии (с порами)

$$\rho_{cp} = \frac{m}{V_e};$$

- *насыпная плотность* (ρ_n , кг/м³) – масса единицы объёма сыпучих или волокнистых материалов (цемента, песка, минеральной ваты, щебня и т.д.)

$$\rho_n = \frac{m}{V_c}.$$

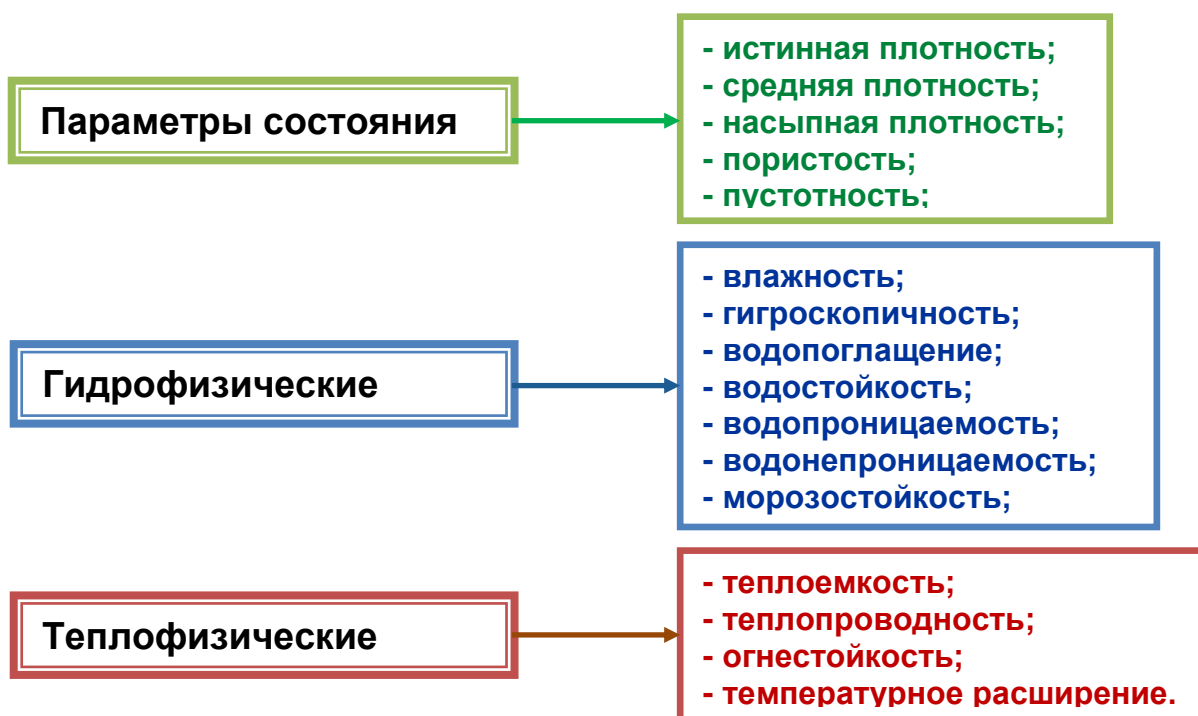


Рисунок 1.4 – Физические свойства строительных материалов

Структурные параметры характеризуют:

– *пористость* ($\Pi, \%$) – степень заполнения объёма материала порами

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_{\text{cp}}}{\rho_{\text{н}}}\right) 100, \%$$

– *пустотность* ($V_{\text{пуст}}, \%$) – степень заполнения объёма зернистого, порошкообразного или волокнистого материала межзерновыми пустотами

$$V_{\text{пуст}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{cp}}}\right) 100, \%$$

Гидрофизические свойства. Эта группа свойств характеризует отношение материала к статическим или циклическим воздействиям воды (водяного пара).

Влажность $V_{\text{л}}$ – содержание воды в материале в данный момент

$$V_{\text{л}} = \frac{m_{\text{в}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}} 100, \%$$

где $m_{\text{в}}$; $m_{\text{с}}$ – масса соответственно влажного и сухого материала, кг.

Гигроскопичность – способность материала поглощать водяной пар из воздуха и конденсировать его в своих порах и капиллярах. Гигроскопичные строительные материалы (теплоизоляционные, лесные и др.), как правило, требуют специальной защиты от увлажнения и связанного с этим ухудшения свойств.

Водопоглощение ($B_{\text{o}}, \%$) – способность пористых материалов (бетон, кирпич и др.) впитывать и удерживать воду. Различают водопоглощение по объёму

$$B_{\text{o}} = (m_2 - m_1) \cdot 100 / V,$$

где m_2 ; m_1 – масса соответственно после и до насыщения материала водой;
 V – объём образца;

Водопоглощение и по массе ($B_m = (m_2 - m_1) \cdot 100 / m_1, \%$).

Водопоглощение по объёму обычно меньше величины пористости, т.к. часть пор недоступна для воды, и всегда меньше 100%. Водопоглощение лёгких пористых материалов по массе может быть и больше 100%.

Водостойкость – характеризуется коэффициентом размягчения, представляющим отношение прочности насыщенного водой материала $R_в$ к прочности сухого материала $R_с$, ($K_p = R_в / R_с$). Коэффициент размягчения K_p может быть в пределах от 0 (размокающие глины) до 1 (металлы, стекло и др.). Строительные материалы считают не водостойкими, если коэффициент размягчения меньше 0,8.

Водопроницаемость – свойство материала пропускать воду под давлением, характеризуемое количеством воды, прошедшим в течение 1ч через 1 см² поверхности материала при заданном давлении (по стандарту в зависимости от вида материала). Гидротехнические бетоны, кровельные, гидроизоляционные материалы должны быть в определённой мере водонепроницаемыми. *Водонепроницаемость* бетона характеризуется маркой водонепроницаемости, имеющей буквенное и цифровое обозначение, где цифра характеризует величину гидростатического давления, при котором образец при стандартных испытаниях не пропускает воду. Например, марки В2, В4, ... В12 означает, что бетон не пропускает воду при давлении соответственно 2, 4 или 12 кг/см² (атмосферы).

Морозостойкость – способность насыщенного водой материала выдерживать многократное (циклическое) попеременное замораживание и оттаивание. Марка морозостойкости показывает, сколько циклов замораживания и оттаивания при стандартных испытаниях выдерживает материал. Например, марки по морозостойкости F25, F50, ... F500 – соответственно 25, 50 или 500 циклов.

Теплофизические свойства.

Теплоёмкость – свойство материала поглощать при нагревании определённое количество тепла. Характеризуется удельной теплоёмкостью (С, кДж/кг град), выражающей количество тепла, необходимое для нагревания 1 кг материала на 1 градус.

Теплопроводность – свойство материала передавать тепло через свою толщу. Зависит от пористости, влажности, структуры, средней плотности материала. Характеризуется коэффициентом теплопроводности (λ , Вт/м·град), выражающим количество тепла, проходящего через стену толщиной 1м, площадью 1 м² за 1ч при разности температур на противоположных поверхностях стены в 1 градус.

Огнестойкость – способность материала сопротивляться действию огня при пожаре в течение определённого времени. Зависит от воспламеняемости материала и его способности гореть. По огнестойкости материалы делят на негорючие, трудногорючие и горючие.

Негорючие – под действием огня не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются (бетон, кирпич, асбест и др.)

Трудногорючие – с трудом воспламеняются, тлеют и обуглива-

ются. После удаления источника огня горение этих материалов прекращается (асфальтобетон, фибролит, пропитанная антипиренами древесина).

Сгораемые – под действием огня воспламеняются и продолжают гореть или тлеть после удаления источника огня (древесина, рубероид, пластмассы и др.).

Температурное расширение – свойство материала увеличиваться в размерах при нагревании и сокращаться при охлаждении. Характеризуется коэффициентом линейного температурного расширения. При сезонном изменении температуры окружающей среды на 50°С температурные деформации бетона, стали, гранита, древесины составляют 0,5-1 мм/м. Из-за этого сооружения большой протяжённости могут разрушиться, если не предусматривать специальных мер (например, устройство деформационных швов и т.п.)

Химические и физико-химические свойства позволяют оценивать материалы по способности противостоять химическим воздействиям и процессам, например, коррозии.

Химические свойства выражают особенности химического состава материала в условиях инертной окружающей среды, а также степень активности материала к химическому взаимодействию с реагентом внешней среды. Постепенное или быстрое разрушение материала под влиянием химических и электрохимических процессов называется коррозией.

Химическая активность проявляется и в способности вяжущих материалов и бетонов на их основе затвердевать при взаимодействии с водой (твердение цемента, гипса и др.)

Физико-химические свойства выражают влияние физического состояния материала на протекание в нём химических процессов, адсорбционные и другие поверхностные явления.

Удельная поверхность тонкодисперсных (порошкообразных) материалов ($S_{уд}$, см²/г) характеризует суммарную поверхность частиц 1 г порошка. Чем выше удельная поверхность, тем больше реакционная способность материала.

Гидрофобность – неспособность материала смачиваться водой. К гидрофобным веществам относятся жиры, некоторые полимеры и др. Гидрофобизация строительных материалов повышает их стойкость против коррозии, морозостойкость, водонепроницаемость и др.

Адсорбция – способность материалов с очень высокой удельной поверхностью поглощать вещества из газовой или жидкой среды. Адсорбция лежит в основе многих методов хроматографии (разделение и анализ смесей, изучение поровой микроструктуры и т.д.) при исследовании различных материалов.

Адгезия – сцепление поверхностей разнородных материалов. Лежит в основе гальванических и лакокрасочных покрытий, склеивания материалов, а также получения композитов типа бетонов.

Механические свойства. Механические свойства выражают способность материала сопротивляться напряжениям, возникающим от силовых, тепловых и других воздействий.

Деформативные свойства. Эти свойства характеризуют способность материала к изменению формы или размеров при неизменности его массы. Главнейшие виды деформаций – растяжение, сжатие, изгиб, кручение и сдвиг. Все они могут быть обратимыми и необратимыми в зависимости от свойств материалов.

Упругость – свойство материала восстанавливать первоначальную форму после снятия нагрузки. Упругая деформация полностью исчезает после прекращения действия внешних сил, поэтому называется обратимой.

Пластичность – способность материала изменять форму и размеры, под действием внешних сил, не разрушаясь. Полученная форма сохраняется после прекращения действия внешних сил. Остаточная пластическая деформация является необратимой, так как первоначальная форма в этом случае не может восстановиться самостоятельно.

Пластическая деформация, медленно нарастающая в течение длительного времени без увеличения значений действующих постоянных нагрузок, называется деформацией ползучести, а процесс такого деформирования – *ползучестью* или крипом.

Помимо материалов упругих (сталь, резина и др.) и пластичных (дерево, глиняное тесто, битум и др.) имеются материалы хрупкие (бетон, стекло и др.).

Хрупкость – свойство материала разрушаться без предварительной деформации, как только действующие на них усилия достигают величины разрушающих нагрузок. Хрупкие материалы плохо сопротивляются ударным воздействиям.

Прочностные свойства. *Прочность* – свойство материалов сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами (неравномерное нагружение и др.)

Прочность материала оценивают **п р е д е л о м п р о ч н о с т и** R , определённым при данном виде деформации. Для хрупких материалов основной прочностной характеристикой является прочность при сжатии.

Предел прочности при сжатии R_c (МПа) равен частному от деления разрушающей силы сжатия $P_{разр}$ на площадь A поперечного сечения испытуемого образца (куба, цилиндра, призмы):

$$R_c = \frac{P_{разр}}{A},$$

Предел прочности при растяжении R_p (МПа) определяется по аналогичной формуле при испытании образцов на осевое растяжение. В зависимости от соотношения R_p/R_c все материалы условно делятся на три группы:

$R_p \geq R_c$ (волокнистые- древесина вдоль волокон и др.);

$R_p \approx R_c$ (сталь и др.)

$R_p \leq R_c$ (хрупкие- природные камни, бетон, кирпич и др.)

Предел прочности при изгибе R_u (МПа) определяют путём испытания образцов материала в виде балок на двух опорах. Предел прочности при одном грузе для балок прямоугольного сечения определяют по формуле:

$$R_u = \frac{M}{W} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{разр} \cdot l}{b \cdot h^2},$$

где M – изгибающий момент;

W – момент сопротивления;

$P_{разр}$ – разрушающая сила при изгибе;

b и h – ширина и высота поперечного сечения образца;

l – расстояние между опорами балки (пролёт).

Ударная вязкость (сопротивление удару) характеризуется количеством работы, затраченной на разрушение стандартного образца, отнесённой к единице объёма (Дж/м³) или площади поперечного сечения (Дж/м²). Сопротивление удару важно для материалов, используемых в полах, дорожных покрытиях, фундаментах станков и т.п. Для испытаний на удар применяют специальные приборы – копры с падающими грузами.

Эксплуатационно-механические свойства. В некоторых эксплуатационных условиях помимо деформативных и прочностных показателей дополнительными характеристиками механических свойств материалов служат их твёрдость, истираемость, износостойкость.

Твёрдость – свойство материала сопротивляться проникновению в него другого более твёрдого тела. Это свойство не находится в прямой зависимости от прочности: например, стали разных марок по прочности могут обладать одинаковой твёрдостью. Твёрдость древесины, металлов, бетона и других материалов определяют разными приборами, работающими по принципу вдавливания наконечника в виде шарика, конуса или пирамиды. По результатам испытаний вычисляют показатель твёрдости НВ по величине прилагаемого усилия вдавливания P и площади поверхности отпечатка A :

$$HB = \frac{P}{A}.$$

При испытании показатель твёрдости образца может оказаться между показателями двух соседних минералов. Например, если образец чертится апатитом, а сам не оставляет царапину на флюорите, то его твёрдость принимают равной 4,5.

Истираемость (И) – способность материала уменьшаться в массе и объёме под действием истирающих усилий. Оценивается потерей первоначальной массы образца, отнесённой к площади поверхности истирания, г/см²;

$$I = \frac{(m_1 - m_2)}{A},$$

где m_1 и m_2 – масса образца до и после истирания.

Сопротивление истиранию определяют стандартными методами с использованием специального круга истирания и абразивов (кварцевый песок, наждак). Истираемость имеет большое значение для полов, лестниц и других конструкций, подвергающихся истирающим воздействиям.

Износостойкость – свойство материала сопротивляться одновременному воздействию истирания и ударов. Износ определяют испытанием пробы материала определённой массы во вращающемся барабане со стальными ша-

рами или без них в течение определённого времени. Показателем износа служит потеря массы в результате измельчения пробы материала. Выражается износ в % от первоначальной массы.

Технологические свойства. Свойства, выражающие способность к восприятию производственных операций, выполняемых в процессе получения материалов, их обработки и переработки, называют технологическими. Для оценки технологических свойств разработаны и стандартизированы специальные методы и приборы. Условно технологические свойства можно подразделить на характеристики формуемости и параметры обрабатываемости материалов и изделий из них.

При изготовлении композитных материалов (бетон, керамика, пластмасса и т.д.) приготовленная смесь должна обладать определённой удобоукладываемостью, то есть способностью воспринимать технологические операции по формованию и уплотнению изделий. Смеси с очень малой вязкостью, называются литыми. Обладая высокой текучестью, они не требуют специального уплотнения, что значительно упрощает технологию формования. Не требуют приложения больших уплотняющих усилий и высокопластичные смеси, используемые при наливных и литых способах формования наряду с литыми смесями. Уплотнение формуемых изделий в этих случаях происходит под влиянием гравитации или свойств текучести.

При уплотнении малоподвижных и жёстких смесей, содержащих, как правило, пониженное количество вяжущего вещества и жидкой фазы, затрачивается значительно большая работа, чем при уплотнении пластичных, подвижных или литых смесей. Для достижения необходимой плотности формуемых изделий применяют различные технологические способы: введение в смесь пластифицирующих добавок, вибрационные воздействия, прессование, трамбование, укатка и др. Каждой консистенции формуемой смеси должны соответствовать определённые параметры уплотнения и сроки формования.

В соответствии с назначением изделий в процессе их изготовления применяют различные технологические способы обработки. Способность материалов к дробимости, раскалываемости (например, при производстве щебня), шлифуемости, полируемости (при получении гладких лицевых поверхностей изделий), гвоздимости (удерживание гвоздя при силовых воздействиях) и других показателей технологических свойств оценивается специально разработанными методиками и приборами.

Специальные свойства, учитываются и используются при выборе материалов для конструкций специального назначения, работающих в особых условиях.

Требования к специальным свойствам в каждом конкретном случае устанавливаются с учётом условий эксплуатации конструкций. Например, радиационно-защитные свойства.

Свойство материала сохранять исходный химический состав, структуру и технические характеристики в процессе и (или) после воздействия ионизирующего излучения.

Существенно зависит от вида радиации, величины и мощности погло-

щенной дозы, режима облучения (непрерывное или импульсное, кратковременное или длительное), условий эксплуатации материала (температура, давление, механические нагрузки), размеров конструкции, удельной поверхности и др.

Для защиты от радиоактивных излучений применяются гидратные, имеющие повышенное содержание химически связанной воды, и особо тяжелые бетоны (плотность 3000...5000 кг/м³). Такие бетоны применяют на атомных электростанциях, в исследовательских центрах и др. объектах, имеющих радиоактивный источник.

Акустические свойства.

Звукопоглощение – способность поглощать шумовой звук. Определяется по величине коэффициента звукопоглощения, равного отношению количества поглощенной звуковой энергии к общему количеству звуковой энергии, попадающей на поверхность строительного материала в единицу времени.

Материал является звукопоглощающим, если у него коэффициент звукопоглощения больше 0,2. Такие материалы обладают открытой пористостью или шероховатой, рельефной поверхностью, поглощающей звук.

Звукоизоляция – способность ослаблять ударный звук, передающийся через строительные конструкции дома из одного помещения в другое.

Виброизоляция и вибропоглощение – предотвращение передачи вибрации от механизмов и машин к строительным конструкциям зданий.

Испытание и определение характеристик специальных свойств проводят с использованием соответствующих методов, приборов и оборудования.

Контрольные вопросы

1. *Принципы классификации строительных материалов.*
2. *Разновидности макро- и микроструктуры строительных материалов.*
3. *Основные группы свойств строительных материалов.*
4. *Физические свойства, основные характеристики.*
5. *Химические свойства строительных материалов.*
6. *Физико-химические свойства строительных материалов.*
7. *Технологические свойства строительных материалов.*
8. *Механические свойства, основные особенности.*
9. *Специальные свойства строительных материалов.*
10. *Радиационно-защитные свойства.*
11. *Акустические свойства строительных материалов.*

ЛЕКЦИЯ 2. ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

План лекции.

- 2.1. Классификация и краткая характеристика горных пород. Породообразующие минералы.
- 2.2. Горные породы, применяемые в строительстве.
- 2.4. Способы разработки и обработки природных камней. Хранение и транспортировка каменных материалов и изделий.

2.1. Классификация и краткая характеристика горных пород. Породообразующие минералы.

Природными каменными материалами называются материалы и изделия, получаемые механической обработкой (дроблением, раскалыванием, распиливанием и т.п.) горных пород.

Природный камень наряду с древесиной был первым строительным материалом, используемым человеком. Из глубины веков пришли к нам памятники архитектуры, возведённые из природного камня, средневековые замки и храмы, построенные из природного камня, известны в каждой стране.

В промышленном и гражданском строительстве каменные материалы и изделия имеют широкое применение. Камни неправильной формы: бутовый камень, булыжник, гравий и щебень используются для кладки фундаментов, возведения стен, приготовления бетона и бутобетона, устройства дорог и др.

Камни правильной формы из изверженных плотных пород и песчаников используют при кладке методом сухой кладки (без раствора) правильными рядами с перевязкой швов, изготовлении архитектурных элементов (колонн, цокольных частей, зданий).

Классификация горных пород. Горная порода – это крупное скопление, сложенное из одного или нескольких минералов (т.е моно- или полиминеральные породы), характеризующееся достаточно постоянным составом, строением и свойствами. Минеральный состав и структура определяют свойства горной породы.

В основу классификации горных пород положено их происхождение (генетическая классификация). Условия образования горных пород определяют их химико-минералогический состав, кристаллическое строение и структуру. В свою очередь от этих показателей зависят основные физико-технические свойства горных пород, и они являются исходными при выборе и технико-экономической оценке природных каменных материалов.

Минерал (от лат., *minera* – руда) – природное тело, однородное по химическому составу, строению и свойствам, образующееся в результате физико-химических процессов на поверхности и в глубинах земли. Минералы в подавляющем большинстве – твёрдые тела: кристаллические и аморфные, в природе известно более 3 тысяч минералов, но лишь немногие из них обра-

зуют крупные скопления, такие минералы называют породообразующими.

Каждый минерал обладает комплексом только ему присущих свойств и признаков. К ним относятся: химический состав и строение, плотность, твёрдость, спайность, оптические свойства (блеск, цвет, светопреломление и др.). По этим признакам идентифицируют минералы. В зависимости от условий формирования горные породы делят на три группы: магматические, осадочные и метаморфические (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Классификация горных пород

2.2. Горные породы, применяемые в строительстве

МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ.

Магматические – первичные породы, образующиеся при остывании магмы, что связано со сложными процессами происхождения магм и строения Земли. Магма представляет собой высокотемпературный силикатный расплав, который в зависимости от режима охлаждения может образовать:

а) плотные кристаллические породы, если остывание происходило медленно и под большим давлением в глубине земной коры (глубинные магматические породы);

б) аморфные (стеклообразные) или слабозакристаллизованные, а при наличии газа в магме – пористые породы (излившиеся магматические).

Минеральный состав пород зависит от химического состава магмы. Различают магмы кислые (содержание диоксида кремния $SiO_2 > 65\%$), средние ($SiO_2 = 50-65\%$) и основные ($SiO_2 < 50\%$).

В горных породах, образовавшихся из кислой магмы, обязательно присутствует кварц. Если порода образовалась из основной магмы, в ней преобладают тёмноокрашенные железистомагнезиальные алюмосиликаты.

Глубинные породы характеризуются кристаллической структурой, отсутствием пор, высокой прочностью, твёрдостью и морозостойкостью. К глубинным породам относятся: граниты, сиениты, габбро и диориты.

Гранит – зернисто-кристаллическая порода, сложенная из трёх минералов: кварца (20-40%), полевых шпатов (40-70%) и слюды (5-20%).

Граниты имеют высокую прочность при сжатии – 100-250 МПа, а при растяжении, как и других каменных материалов в 30-40 раз ниже. Водопоглощение составляет 0,9 %, морозостойкость – около 200 циклов попеременного замораживания и оттаивания. Граниты – твёрдые породы (твёрдость более 6) имеют высокую химическую стойкость. Их цвет бывает чаще всего серым, розовым, желто-красным, тёмно-красным или темным. Граниты хорошо полируются, приобретая декоративный вид.

Сиениты – аналоги гранита, но без кварца. Свойства и области применения такие же.

Диориты – тёмно-серая мелкокристаллическая порода, состоящая в основном из полевых шпатов (около 75%) и тёмноокрашенных минералов. Отличается повышенной ударной вязкостью. Применяют для облицовки и в дорожном строительстве (брусчатка и т.п.).

Габбро – крупнокристаллическая порода, образовавшаяся из основной магмы. Как и гранит, габбро обладает высокой морозостойкостью и стойкостью против выветривания. Цвет тёмно-серый, тёмно-зелёный до чёрного. Габбро хорошо полируется и имеет красивую текстуру.

Излившиеся плотные породы имеют порфировую структуру, когда в общей аморфной массе вкраплены кристаллы какого-либо минерала.

Базальт – самая распространённая излившаяся порода. Цвет тёмно-серый до чёрного. По прочности на сжатие базальт превосходит габбро – 500 МПа. Базальты твёрдые, но хрупкие породы, что затрудняет их обработку.

Плотные излившиеся породы менее декоративны и менее стойки к выветриванию, чем глубинные. Применяют их, главным образом как щебень для бетона, отсыпки железнодорожных путей и т.п. Базальт также используют в качестве сырья для каменного литья и получения высококачественной минеральной ваты.

Излившиеся пористые породы образовались непосредственно при извержении вулканов. Первичными продуктами извержения являются вулканические пеплы, пески и пемза, которые с течением времени могли цементироваться, образуя туфы.

Вулканические пепел и песок – порошкообразные частицы, имеющие

стеклообразное строение, благодаря чему при добавлении извести или цемента, а иногда и самостоятельно они способны к твердению. Используются как активная добавка к вяжущим.

Пемза – очень пористая лёгкая порода в виде кусков размером 5-100 мм. Большая пористость (до 80%) обуславливает низкую теплопроводность. Средняя плотность около 500 кг/м^3 , предел прочности при сжатии небольшой – 2-4 МПа, но этого достаточно для получения на базе пемзы лёгких бетонов. Кроме того, пемза используется в молотом виде как вулканическая добавка к цементам и в качестве абразивного порошка. Пемза относится к тепло- и звукоизоляционным материалам.

Вулканические туфы – порода, образовавшаяся из вулканических пеллов, которые омонолитились в результате стекания массы, сохранившей высокую температуру, или в результате природной цементации. Это пористая порода (30-60%), с замкнутыми порами, что обуславливает его высокую морозостойкость. Прочность зависит от пористости и составляет 2-20 МПа. Теплопроводность у туфа в 1,5-2 раза ниже, чем у кирпича. Цвет туфов не яркий, основные оттенки красно-оранжевые до коричневато-лиловых. Туфы используют как облицовочный материал и для кладки стен. В тонкомолотом виде туф используют как добавку к цементам.

ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ.

Осадочные – вторичные породы, образовавшиеся в результате выветривания магматических пород, в зависимости от происхождения делят на: а) механические отложения, при образовании которых главную роль играли физико-механические процессы (воздействие воды, мороза, нагрева и охлаждения и т.п.); при этом, как правило, не менялся минеральный и химический состав исходных пород; б) органогенные отложения, которые образовались из остатков (скелетной части) живых организмов, как правило, морской фауны (ракушки, кораллы, и т. п.); в) хемогенные осадки, образовавшиеся в результате растворения первичных пород и последующей кристаллизации из водных растворов.

Осадочные породы – обломочные механического происхождения бывают рыхлые (гравий, песок, глина) и сцементированные – те же рыхлые осадки, частицы которых склеены природным цементом (брекчии, конгломераты, песчаники).

Преобладающим минералом песка является кварц, т.к. при выветривании гранита кварц оказывается самым твёрдым и химически стойким минералом, не подвергающимся разрушению.

Не менее распространённой, чем песок, рыхлой осадочной породой является глина. Источником её образования служат самые распространённые минералы изверженных пород – полевые шпаты.

Под действием минерализованных грунтовых вод и давления вышележащих горных пород рыхлые осадочные породы могут цементироваться, образуя так называемые сцементированные осадочные породы: песчаники, брекчии и конгломераты.

Песчаники состоят из зёрен кварцевого песка, сцементированного природным цементом, например, карбонатом кальция, водным кремнеземом, гипсом и т.п. Цементация происходит путём постепенного осаждения на зёрнах песка цементирующего вещества из воды (как накипь в чайнике). В зависимости от цементирующего вещества песчаники называют известковыми, кремнистыми и т.д. Цвет их зависит от цвета цементирующего вещества. Плотность песчаников – 2300-2500 кг/м³, прочность – от 10 до 100 МПа. Песчаники использовались для возведения зданий с глубокой древности, т.к. добывать их значительно легче, чем магматические породы, а свойства их достаточно хорошие. Известно много памятников архитектуры: соборов и замков (например, Виндзорский замок – резиденция английских королей), построенных из песчаника. Песчаники используют для фундаментов, подпорных стенок, тротуаров, а особо стойкие для облицовок; кроме того, из песчаников делают щебень для бетонов и дорожных покрытий.

Конгломераты и брекчии – породы, состоящие из сцементированных крупных зёрен гравия (конгломераты) или из остроугольных с шероховатой поверхностью зёрен щебня (брекчии). Области их использования такие же, как у песчаников.

Органические осадочные породы в основном состоят из карбоната кальция $CaCO_3$ и реже из аморфного кремнезема SiO_2 . Главнейшие породы в этой группе – известняки различного вида, используемые человеком для самых разных целей с древности.

Известняки плотные – широко распространённая на Земле горная порода, состоящая в основном из кальцита $CaCO_3$. Их цвет в зависимости от примесей: белый, светло-серый, серовато-кремовый или желтоватый.

Плотность известняков 2000-2600 кг/м³, прочность при сжатии сравнима с прочностью бетона и составляет 10-100 МПа. Твёрдость небольшая – 3-3,5, что позволяет легко добывать и обрабатывать известняк. Известняки абсолютно не стойки к воздействию кислых сред.

Известняки – одна из самых важных пород для строителей. Они издавна использовались для возведения зданий и их облицовки (достаточно вспомнить слова «Москва белокаменная»). Самый распространённый щебень – известняковый (для бетонов и дорожных покрытий). Известняк – сырьё для получения извести и цемента.

Известняк – ракушечник – пористая порода, состоящая из раковин и панцирей моллюсков, сцементированных известковым цементом. Он имеет низкую теплопроводность и легко поддаётся распиловке, большой прочностью не обладает. Используют в виде камней и блоков как местный стеновой материал. Декоративные разновидности ракушечника применяют как облицовочный материал.

Мел – мелкая и рыхлая порода органогенного происхождения, состоящая из мельчайших обломков раковин и скелетов морских микроорганизмов, представляет собой почти чистый кальцит $CaCO_3$ с небольшим количеством мелкого песка, глины, магнезита. Используют при производстве извести, цемента, стекла и благодаря высокой дисперсности для приготовления красок и

шпатлёвок.

Диатомиты и трепелы – рыхлые землистые породы белого, серого или желтоватого цвета, в основном состоящие из аморфного кремнезема SiO_2 , по внешнему виду и физическим свойствам похожи на мел. Они образовались из остатков мельчайших водорослей, а так же кремневых скелетов морской микрофауны с примесью глины и ила. Со временем под давлением вышележащих слоёв горных пород диатомиты и трепелы уплотняются и превращаются в плотную, прочную и трудноразмокающую в воде породу – опок. В диатомите и трепеле до 75-95% активного кремнезема, поэтому их применяют как гидравлическую добавку к вяжущим, а также используют при производстве теплоизоляционных материалов.

Хемогенные осадочные породы образовались, главным образом, при испарении вод, содержащих минеральные соли. В строительстве используют гипс, ангидрит, известковый туф, магнезит и доломит.

Известковый туф образовался в результате выпадения $CaCO_3$, из источников подземных углекислых вод. Туфы пористы и имеют ноздреватое строение, легко поддаются распиловке и используются для внутренней облицовки помещений, улучшая их акустические свойства.

Магнезит – состоит в основном из минерала магнезита $MgCO_3$. Используют для получения огнеупорных материалов и магнезиальных вяжущих.

Доломит – порода, состоящая в основном из минерала доломита $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, с примесью глины, оксидов железа и др. По структуре и физическим свойствам доломит близок к плотным известнякам, поэтому его применяют в качестве строительного камня и щебня для бетона. Обладает твердостью 3, 5-4, плотностью 1,7-2,9 г/см³.

Гипс – горная порода обычно белого или серого цвета, состоящая из минерала того же названия $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. В строительстве используют как сырьё для получения гипсовых вяжущих. **Ангидрит** – плотная горная порода, состоящая преимущественно из минерала ангидрита $CaSO_4$. Цвет породы белый с голубым или серым оттенком. Используют для получения вяжущих и для внутренней отделки и скульптурных работ. На открытом воздухе быстро выветривается, переходя в гипс.

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ.

Метаморфические – осадочные и магматические породы, изменившие своё строение и свойства в результате длительных физико-химических процессов, протекающих под воздействием высоких давлений, температур и минерализованных вод, во время нахождения их в земной коре.

Главным фактором метаморфизма является температура, давление и химически активные вещества – растворы и газы, под действием которых породы любого состава и генезиса (магматические, осадочные или метаморфизованные) подвергаются изменениям.

Мраморы – метаморфизованные известняки, состоящие из плотно сросшихся между собой кристаллов кальцита ($CaCO_3$), иногда с примесью доломита ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). Кристаллы в мраморе прочно связаны друг с дру-

гом без цементирующего вещества. Это произошло за счёт огромного многостороннего давления на известняки в условиях повышенных температур. Мрамор имеет высокую плотность 2600-2800 кг/м³ и прочность при сжатии 50-300 МПа, водопоглощение менее 1%. При всём этом твёрдость мрамора не высока – 3-3,5, что облегчает его обработку.

Мраморы могут быть как чисто белого цвета, так и самых разнообразных цветов с характерным «мраморовидным» рисунком. Мраморы хорошо полируются.

Мраморы широко применяются для отделки зданий и общественных сооружений. Не рекомендуется их использовать для полов с большой интенсивностью эксплуатации (он быстро изнашивается) и для наружной облицовки зданий, т.к. кальцит не стоек к действию влаги и кислотных оксидов (в том числе и СО₂), содержащихся в атмосфере городов. В этих условиях мрамор быстро теряет полировку и разрушается с поверхности.

Кварциты – метаморфизированные кремнистые песчаники, в которых кристаллы кварца непосредственно срослись между собой. Кварциты очень стойки к выветриванию, имеют высокую прочность при сжатии – до 400 МПа и плотность 2600-2700 кг/м³. Из-за большой твёрдости (тв.7) они трудно обрабатываются.

Цвет кварцитов белый, красный, тёмно-вишнёвый. Применяют их в ответственных частях зданий и сооружений, для облицовки, а так же в виде щебня для бетона и сырья для получения огнеупоров.

Гнейсы – слоистая порода, образовавшаяся в результате перекристаллизации гранитов и других магматических пород при одноосном давлении. Поэтому гнейсы имеют слоистое (сланцевое) строение, что облегчает их добычу и обработку, но снижает стойкость к выветриванию. Раскалываются гнейсы по слоям слюды.

Глинистый сланец образовался из глин в результате перекристаллизации в условиях одноосного давления и повышенных температур. Глинистые сланцы состоят из уплотнённых глин с вкраплениями кварцевых зерен, пластинок слюды и других минералов. Сланцы имеют тёмно-серый цвет и легко раскалываются на плоские плитки толщиной 3-4 мм. Такие плитки называемые шифером, использовались в качестве долговечного кровельного материала.

2.3. Способы разработки и обработки природных камней.

Хранение и транспортировка каменных материалов и изделий

Методы добычи и обработки природного камня зависят от вида конечной продукции (щебень, облицовочные плиты, стеновые камни и т. п.) и свойств разрабатываемой породы (в основном её твёрдости). При этом в конечном итоге, учитываются транспортные расходы, а также вероятные эксплуатационные показатели с учётом долговечности и надёжности работы материала в конструкции.

Для строительных материалов важнейшими показателями при оценке

возможностей их использования являются: прочность (твёрдость), долговечность и обрабатываемость. Испытание и определение характеристик свойств строительных материалов проводят с использованием соответствующих методов, приборов и оборудования. Для ориентировочной оценки и сравнения относительной твёрдости материалов методом царапания создана десятибалльная шкала Мооса (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Шкала твёрдости Мооса

Показатель твёрдости	Минерал	Характеристика твёрдости
1	Тальк или мел	Легко чертится ногтем
2	Каменная соль или гипс	Чертится ногтем
3	Кальцит или ангидрит	Легко чертится стальным ножом
4	Флюорит (плавиковый шпат)	Царапается стальным ножом под небольшим нажимом
5	Апатит	Царапается стальным ножом под сильным нажимом
6	Ортоклаз	Слегка царапает стекло, стальным ножом не чертится
7	Кварц Топаз Корунд Алмаз	Легко царапают стекло, стальным ножом не чертятся
8		
9		
10		

Долговечность горных пород характеризуется их способностью сохранять первоначальные свойства в процессе эксплуатации сооружений и временем до разрушения облицовок (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Классификация горных пород по долговечности

Горные породы	Категория долговечности	Долговечность, годы		
		начало разрушения	угрожающее состояние	конец разрушения
Цветные мраморы	Пониженной	20...75	20...200	100..600
Белые мраморы, плотные известняки и доломиты	Средней	75...150	200...400	1200
Граниты, лабрадориты и др.	Долговечные	220...350	550...1000	свыше 1500
Кварциты	Очень долговечные	650	свыше 1500	–

Обрабатываемость связана с твёрдостью, в зависимости от которой изменяется трудоемкость получения изделий, условно выделены 9 категорий:

1 – гипсы, известняки, ангидриты, пористые ракушечники, вулканические туфы;

2 – мраморы, травертины, доломиты, туфы плотные;

3 – мраморы и туфы с включением кварца и др. твердых минералов;

4 – песчаники слабосцементированные, базальты;

5 – габбро, лабрадориты;

6 – диабаз, габбро-диабазы, сиениты, гранодиориты;

7 – граниты малопрочные;

8 – граниты средней прочности;

9 – граниты прочные, яшмы, кварциты, роговики.

В камнеобрабатывающей промышленности принята следующая классификация горных пород:

а) твёрдые – породы, в состав которых входят минералы с твёрдостью 6-7 (кварцит, гранит, габбро, лабрадорит и т.п.);

б) средние – минералы этих пород имеют твёрдость не выше 5 (мрамор, плотные известняки, доломиты, некоторые виды туфа и т.п.);

в) мягкие – сравнительно небольшая группа пород с твёрдостью 2-3 (гипс, ангидрит, известняк ракушечник, высокопористые туфы и т.п.).

При разработке месторождений строительных горных пород для выбора наиболее производительных структур комплексной механизации учитываются свойства пород в естественном состоянии.

Щебень и бутовый камень получают, разрабатывая горные породы открытым, буровзрывным методом рисунок 2.2. Образовавшиеся после взрыва обломки породы дробят до нужного размера и отсеивают по фракциям (рисунок 2.3).

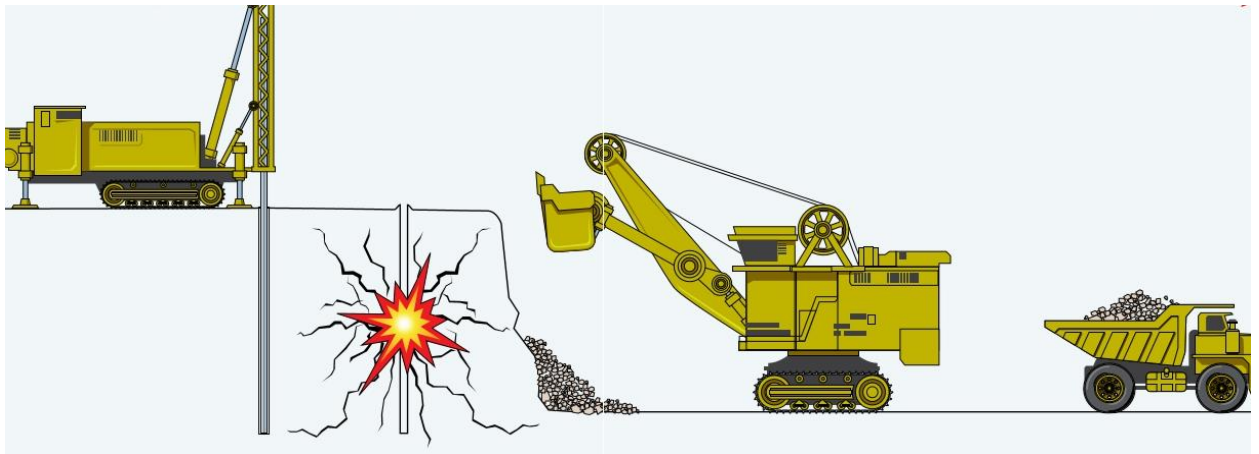


Рисунок 2.2 – Открытый буровзрывной метод добычи камня



Рисунок 2.3 – Дробильно-сортировочный способ разработки камней

Отделочные и стеновые изделия получают из камня, добываемого различными механизированными методами, не нарушающими структуру породы. Выбор метода добычи зависит, главным образом, от твёрдости породы.

Средние и мягкие породы добывают в карьерах с помощью камнерезных машин, снабжённых твёрдосплавными дисковыми, цепными или канатными пилами (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Распиловка крупных блоков из пород средней твердости

Вырезку мелкоштучных блоков из таких пород производят поточным методом. В этом случае по рельсовому пути, проложенному в карьере, движутся три дисковые камнерезные машины, производящие горизонтальные и вертикальные пропилы и пропиловы, отделяющие камень от основного массива породы. Дисковые пилы позволяют получить камень размером не более 35% от диаметра диска, т.е. не более 50-70 см. Блоки большого размера целесообразно выпиливать машинами с рабочим органом в виде фрезы.

Для вырезки блоков из пород средней твёрдости могут применяться дисковые и цепные пилы, снабжённые алмазными режущими насадками. Производительность таких машин в породах средней твёрдости в 4-5 раз выше (5-10 м²/ч), чем на твёрдосплавном инструменте (1-2 м²/ч). Для мягких пород применение алмазного инструмента не эффективно.

Установка канатного пиления работает на «свободном» абразиве (кварцевом песке, карборунде) фракции 0,3-0,6 мм, подаваемым в пропил вместе с водой. Скорость движения каната – 7-10 м/с; производительность установки – 1-2 м² пропила в час. В последние годы получили распространение канатные пилы с армированным режущим органом: на многожильный канат насажены «алмазные» втулки диаметром 10-14 мм. Благодаря большой скорости движения каната (35-45 м/с) такая установка имеет высокую производительность – 10-15 м²/ч.

Твёрдые породы обычно разрабатывают, отделяя сначала крупный монолит. Затем его делят на блоки, из которых на камнеобрабатывающем заводе получают требуемые изделия. Отделение монолита может осуществляться

несколькими способами: буроклиновым, строчечным бурением и канатными пилами с алмазными насадками.

Буроклиновой способ, применяемый чаще других, заключается в том, что отделяемый объем камня обуреваются по контуру перфораторами (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Буроклиновой способ разработки твердых пород

В полученные отверстия (шпуры) вводятся гидравлические или механические клинья или расширяющиеся составы на основе минеральных вяжущих веществ – так называемый «тихий взрыв». С их помощью монолит породы раскалывают по требуемой плоскости. В старину для этой цели применяли силу замерзающей воды или набухающей древесины. Этот метод базируется на крайне низкой прочности камня при растяжении (для гранита $R_p=5-8$ МПа, при $R_{сж} > 100$ МПа).

Добытые в карьере блоки перевозят на камнеобрабатывающий завод, где производится их распиловка на плиты или изготовление из них фасонных изделий.

Современные способы обработки натуральных камней, включают выполнение следующих видов работ.



Пиление – достигается распиливанием заготовки. Поверхность спила остается неравномерно-шероховатая, с так называемыми, бороздками высотой до 2 мм. Пиление с помощью стальной дроби придает дополнительный рельеф, тогда как специальные армированные пластины из твердых сплавов, наоборот, сглаживают. Пилёные плиты находят

свое применение в ландшафтном дизайне (садовые дорожки, придомовые площадки, искусственные водоемы), для облицовки цоколей, внутренней облицовки помещений, а также как элемент декора (камины, входные группы, стены).



влияет такая характеристика, как обрабатываемость. Шлифованные плиты применяют для лестничных маршей, полов, пешеходных площадок.



широко применяется для изготовления напольных плит и плит для внешней/фасадной облицовки здания.



при достижении которого качество полировки не становится лучше. Эталонно принято считать придельный блеск стекла, который составляет 200 единиц.

Полируемость может быть: *отличная* – 170-200 ед. – полнокристаллические мраморы, мелкозернистые граниты, кварциты; *хорошая* – 140-170 ед. – граниты, мраморизованные известняки; *средняя* – 70-140 ед. – базальты, известняки, доломиты; *плохая* – менее 70 ед. – туфы, рыхлые известняки.

Полировка выявляет природную/естественную фактуру камня – цвет и рисунок. Самый часто встречаемый вид обработки, подходит как для внутренней, так и для внешней отделки помещений.

Шлифование – процесс выравнивания твердого материала с помощью абразивов до равномерно-шероховатой поверхности (видны следы обработки). Выполняется в несколько этапов (от 3 до 7). На каждом этапе используются разные шлифовальные насадки с постепенным уменьшением зерен абразива. Максимально допустимая неровность – до 0,5 мм. На качество шлифования

Лощение (тонкая шлифовка) – максимальное сглаживание плоскости шлифовальным инструментом с напылением микрошлифпорошков. Другими словами – улучшенное, гладкое шлифование или полировка без блеска. Следы от инструмента не видны, поверхность матовая с небольшим бархатным мерцанием, хорошо просматривается природный узор. Лощение

Полировка – максимальное сглаживание поверхности до зеркального блеска и четкого отражения деталей предметов. Существует химическая полировка и механическая. При химической, применяют специальные соединения – пасту ГОИ (оксид хрома) или азотнокислое олово, а при механической полировке – войлочные или фетровые круги. У каждого камня существует свой показатель предельного блеска,



Термообработка/Обожжение/ Оплавление – обработка поверхности камня (преимущественно гранита) пламенем высокой температуры (2300-2700° С) до достижения шероховатой поверхности со следами шелушения. В процессе воздействия огня часть минералов плавятся, и выгорает, вследствие чего образуются впадины и бугры небольших размеров.

Зернистость получаемой фактуры зависит от размеров кристаллов гранита и продолжительности воздействия пламени на поверхность. Термообработанный камень чаще применяют в дорожном строительстве, обустройстве придомовой территории в ландшафтном дизайне, для оформления входных групп и лестничных маршей для снижения скольжения.



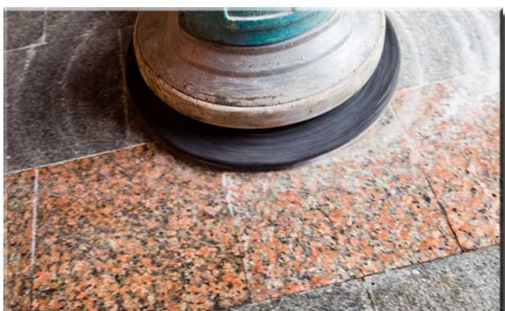
Скол (фактура «Скала») – скалывание специальными клиньями верхнего слоя поверхности для имитации, грубо обработанного камня или вовсе необработанного природного скала с хаотическими впадинами и выпуклостями. Колотая фактура встречается во внешней облицовке зданий (эффектно подчеркивает монументальность

общественных зданий), а так же при решении различных задач ландшафтного дизайна, гармонично вписывается в природный пейзаж.



Бучардирование – способ обработки для придания равномерно-шероховатой поверхности с максимально допустимыми неровностями рельефа до 5 мм. Обработка производится на машинах с ударным воздействием и с применением специальных насадок – бучарды (бучарда – молоток с рабочей поверхностью в виде зубцов, предназначенный для ударного скалывания по-

верхности натурального камня или специального насадка для камнеобрабатывающей машины). Этот метод обработки применяется, когда необходимо снять верхний изношенный слой камня для обновления, в отделочных работах в виде напольного покрытия, для снижения скольжения.



Браширование – суть обработки та же что и при бучардировании – придание равномерно-шероховатой поверхности и эффекта состаривания с несколько меньшими неровностями рельефа, которые достигаются с помощью специальных щеток, а не бучарды.



вижной воде (галька).



Галтовка – процесс обработки камня в специальных галтовочных барабанах или галтовочных вибромашинах. Камни вместе с наполнителем (арбазивом) помещают в машины, там они при воздействии острые углы и края обкалываются, сглаживаются. Получается гладкая поверхность со сглаженными гранями – эффект камня, долгое время находившегося в под-

Пескоструйная и водоструйная обработка – методы абразивного воздействия, при которых песок или иной мелкий абразивный материал распыляется либо струей воздуха под высоким давлением, либо струей воды, очищая поверхность и придавая ей равномерную шероховатость.

Травление – химический способ для очистки, придания шероховатости или удаления природной оксидной пленки на поверхности камня химическими реагентами. Применяется для удаления верхнего слоя породы, очищения, придания шероховатой поверхности.

Гидрофобизация – это придание пористым минеральным строительным материалам водонепроницаемых свойств с целью гидроизоляции строительных объектов, осуществляется путем обработки химическими растворами, например, кремнийорганическими гидрофобизаторами, вследствие чего поверхность становится несмачиваемой.

Флюатирование – обработка химическими растворами, при нанесении которых на камень происходит химическая реакция, в результате, ионы кальция, находящиеся на поверхности, преобразуются в почти нерастворимый CaF . При этом происходит уплотнение пор и капилляров и как следствие уменьшается водопоглощение, повышается прочность и морозостойкость.

Хранение и транспортировка каменных материалов и изделий.

Материалы и изделия из природного камня во время транспортирования следует предохранять от увлажнения, загрязнения и механических повреждений. Бутовый и валунный камень, щебень, булыжный камень перевозят навалом или в контейнерах. Бутовый камень хранят в штабелях навалом по маркам и породам; брусчатку – в штабелях по сортам и классам.

Крупные стеновые блоки, блоки для распиливания, бортовые камни перевозят на открытых платформах с укладкой правильными рядами на подкладках, защищая от повреждений.

Плиты и блоки хранятся в штабелях с зазорами для естественной вентиляции, маркируются: на тыльной их стороне или на торце краской наносится тип камня, плиты или блока, размеры и некоторые другие сведения.

В результате действия проникающей в поры и трещины воды и мороза, различной степени температурного расширения входящих в состав камней минералов, влияния агрессивных газов изделия из природного камня в процессах транспортирования, хранения и эксплуатации могут разрушаться. Для предохранения от разрушения их покрывают кремниеорганическими жидкостями, растворами воска и парафина, нерастворимыми в воде солями (флюатирование), а также пропитывают полимерными материалами.

Контрольные вопросы

1. Назовите три группы горных пород по условиям их образования (по генетическому признаку)
2. Укажите основные породообразующие минералы.
3. Чем различаются между собой горная порода и минерал?
4. Охарактеризуйте изверженные горные породы: гранит, сиенит, габбро, базальт, вулканический туф.
5. Как образовались осадочные горные породы: песок, известняки, песчаники, диатомиты, где их применяют?
6. Назовите условия образования, свойства и области применения основных метаморфических горных пород.
7. Какие горные породы применяются в строительстве?
8. Укажите способы разработки горных пород
9. Виды фактурной обработки лицевой поверхности камня.
10. В чем особенности хранения и транспортировки каменных материалов

ЛЕКЦИЯ 3. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

План лекции.

3.1. Минеральные (неорганические) вяжущие вещества, определение и классификация.

3.2. Воздушные вяжущие вещества. Атоклавные вяжущие.

3.3. Гидравлические вяжущие вещества.

3.4. Портландцемент – состав, способы производства, свойства.

3.5. Разновидности портландцемента.

3.6. Пути экономии цемента.

3.1 Минеральные (неорганические) вяжущие вещества, определение и классификация

Минеральными (неорганическими) вяжущими веществами называются порошкообразные материалы, которые при смешивании с водой или водными растворами некоторых солей образуют пластическую массу (тесто), способную со временем твердеть до камневидного состояния (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Классификация минеральных вяжущих веществ

Большую группу минеральных вяжущих составляют воздушные и гидравлические вещества.

Воздушные вяжущие вещества способны в тестообразном состоянии твердеть и длительно сохранять свою прочность только на воздухе, вне контакта с водой. Их используют в условиях, не связанных с воздействием водной среды.

Гидравлические вяжущие вещества способны в тестообразном состоянии твердеть и длительное время сохранять прочность не только на воздухе, но и в воде, увеличивая с течением времени прочность отвердевшего теста (камня), поэтому в отличие от воздушных, они могут применяться в наземных, подземных, гидротехнических и других сооружениях, подверженных воздействию водной среды.

Вяжущие автоклавного твердения по существу входят в группу гидравлических, набирают прочность и водостойкость при автоклавной (гидротермальной) обработке при давлении насыщенного пара 0,8-1,5 МПа и температуре 170-200° С в течение 2-20 часов.

Для производства минеральных вяжущих веществ используют горные породы: известняк, мел, туф, ракушечник, доломиты, магнезит, гипс, мергели, глины, бокситы, кварцевый песок и другие. Из побочных продуктов в качестве сырья в цементной промышленности используются металлургические и топливные шлаки, золы и другие.

Направление химических и физико-химических процессов при производстве вяжущих веществ во многом зависит от таких факторов, как состав сырья, однородность его компонентов, количество примесей, технологического и термического режимов. Таким образом, принципиальная схема технологии вяжущих веществ зависит от специфических особенностей изготовления отдельных видов вяжущих

3.2 Воздушные вяжущие вещества. Атоклавные вяжущие

Гипсовые вяжущие вещества – это воздушные вяжущие, состоящие в основном, из полуводного гипса или ангидрида $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ и получаемые тепловой обработкой сырья и последующим помолом. Сырьем для получения гипсовых вяжущих чаще всего служит горная порода гипс, состоящая преимущественно из минерала гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Кроме этого используются ангидрид и отходы промышленности (например, фосфогипс – отход переработки природных фосфатов в суперфосфат; борогипс). В зависимости от температуры тепловой обработки гипсовые вяжущие вещества подразделяются на две группы: низкообжиговые и высокообжиговые.

Низкообжиговые гипсовые вяжущие получают тепловой обработкой природного гипса при низких температурах (110-180 °С). Они состоят в основном из полуводного гипса, так как дегидратация сырья при указанных температурах приводит к превращению двухводного гипса в полугидрат $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$. К низкообжиговым гипсовым вяжущим относятся: строи-

тельный, формовочный и высокопрочный гипс.

Строительный гипс получают путем варки гипсовой породы (гипсового камня) в варочных котлах. Гипсовый камень сначала размалывают, а потом в виде порошка нагревают в котлах. Имеются промышленные установки, в которых совмещены помол и обжиг.

По срокам схватывания гипсовые вяжущие делят на три группы:

- А – быстросхватывающиеся (2-15 минут);
- Б – нормальносхватывающиеся (6-30 минут);
- В – медленносхватывающиеся (начало схватывания не ранее 20 минут).

ГОСТ 125-79 разделяет все гипсовые вяжущие по прочности на 12 марок: от Г-2 до Г-25.

Предел прочности стандартных образцов, изготовленных из гипсового теста нормальной густоты через 2 часа должен соответствовать следующим данным, представленным в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Прочностные характеристики строительного гипса

Показатели прочности, МПа, не менее	М а р к и		
	Г-5	Г-6	Г-7
При сжатии	5,0	6,0	7,0
При изгибе	2,5	3,0	3,5

Марка гипсового вяжущего, например, Г-6-А-II, даёт информацию о его основных свойствах, где Г – гипсовое вяжущее, 6 – предел прочности на сжатие в МПа, А – быстросхватывающееся, II – среднего помола.

Высокообжиговые гипсовые вяжущие получают термической обработкой высокопрочного гипсового камня в герметичных аппаратах под давлением пара.

Он состоит из α – модификации полуводного сульфата Ca, более активной, чем β - модификация. В связи с этим прочность этого гипса при сжатии составляет 15-25 МПа, что значительно превышает прочность строительного гипса (примерно в шесть раз). Из высокопрочного гипса изготавливают элементы стен и сборных перегородок, камни для стен.

При твердении строительного гипса происходит химическая реакция присоединения воды с образованием двуводного сульфата кальция:



Так как растворимость полугидрата Ca в воде 8 г/л (считая на $CaSO_4$), а двуводрата – 2 г/л, то вскоре после затворения строительного гипса водой создаются условия для образования в перенасыщенном растворе зародышей кристаллов двуводрата Ca.

Схватывание (загустевание) гипсового теста начинается с образования рыхлой пространственной коагуляционной структуры, в которой кристаллики двуводрата связаны слабыми ван-дер-вальсовыми силами молекулярного сцепления. После схватывания происходит твердение, обусловленное ростом кристаллов новой фазы, их срастанием и образованием кристаллизационной структуры.

Другие свойства гипса:

– водостойкость – способность не разрушаться в насыщенном водой состоянии, характеризуется коэффициентом размягчения гипсовых вяжущих 0,3-0,8, не водостойкий;

– морозостойкость – способность материала выдерживать попеременно замораживание и оттаивание в воде комнатной температуры, очень низкая;

– воздухостойкость – способность материала длительно выдерживать многократное систематическое увлажнение и высушивание без значительных деформаций и потери механической прочности, высокая;

– огнестойкость – способность материала выдерживать воздействие открытого огня в течение определённого времени, высокая (разрушается через 6 – 8 часов прогрева).

Изготовленные гипсовые изделия сушат при температуре 60-70 °С, что повышает прочность контактов срастания кристаллов и самих изделий вследствие удаления пленочной воды. Для уменьшения количества воды затворения в гипсовые растворы вводят пластифицирующие добавки, применяют метод интенсивного уплотнения.

Гипсовые вяжущие используются для изготовления гипсовых деталей и гипсобетонных изделий – перегородочных панелей, сухой штукатурки, для приготовления штукатурных растворов (внутренняя штукатурка) и получения гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ). Нередко при применении быстросхватывающегося гипса требуется замедлить схватывание. С этой целью в воду затворения добавляют животный клей или СДБ. Эти добавки адсорбируются на частицах гипса и образуют адсорбционную пленку, затрудняющую растворение полугидрата и начало его схватывания.

В процессе твердения гипсовый раствор немного увеличивается в объеме, что способствует изготовлению архитектурных деталей способом литья.

Магнезиальные вяжущие вещества – каустический магнезит и каустический доломит – тонкие порошки, главной составной частью которых является оксид магния.

Каустический магнезит получают при обжиге горной породы магнезит $MgCO_3$ в шахтных или вращающихся печах при температуре 700-800 °С. В результате магнезит разлагается по реакции: $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2 \uparrow$.

Реакция разложения $MgCO_3$ обратимая, поэтому при обжиге магнезита необходимо интенсивно удалять из печи CO_2 при помощи искусственной или естественной тяги. Оставшееся твердое вещество, оксид магния, измельчают в тонкий порошок и упаковывают в металлические барабаны.

Каустический магнезит сравнительно быстро твердеет. Схватывание его должно наступать не ранее 20 минут, а конец – не позднее 6 часов с момента затворения. Нормативами СНиП I-V. 2-62 установлены 3 марки каустического магнезита: 400, 500, 600. Марки определяют по показателям прочности при сжатии образцов-кубов из жесткого трамбованного раствора состава 1:3 (по массе) через 28 суток воздушного твердения.

Каустический доломит получают путем обжига при температуре 650-750°С природного доломита $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ с последующим тонким измель-

чением продукта. При температуре обжига $CaCO_3$ остается в инертном виде как балласт, из-за чего активность каустического доломита ниже, чем магнезита. Марки каустического доломита – 100-300.

Магнезиальные вяжущие затворяют не водой, а водными растворами солей сернокислого или хлористого магния. Чаще всего используют хлористый магний. Это ускоряет твердение и значительно повышает прочность, так как наряду с гидратацией оксида магния происходит образование гидрохлорида магния – $MgO \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$. При затворении водой оксид магния гидратируется очень медленно.

Магнезиальные вяжущие отличаются высокой прочностью, достигающей при сжатии 600-1000 кгс/см² (60-100 МПа), обладает хорошей адгезией с деревом, поэтому их можно применять для изготовления фибролита и магнезиально-опилочных (ксилолитовых) полов - монолитных и плиточных. Из-за того, что магнезиальные вяжущие слабо сопротивляются действию воды, их можно использовать при твердении на воздухе с относительной влажностью не более 60 %. Так как каустический магнезит легко поглощает влагу и углекислоту воздуха, образуя гидрат оксида магния и углекислый магний, хранить его надо в герметичной таре.

Применяют магнезиальные вяжущие также при производстве изделий для внутренней облицовки помещений, для устройства оснований под чистые полы, скульптурные изделия.

Воздушная строительная известь. Известь, как и гипс, древнейшее вяжущее вещество. Её применяли в строительстве за несколько тысяч лет до нашей эры. Воздушная известь – продукт умеренного обжига кальциево-магниевых карбонатных горных пород: мела, известняка, доломита с содержанием глины не более 6 %. Основной составляющей известняка является карбонат кальция $CaCO_3$. Обжигают известняк при температуре 900-1200°С до возможно более полного удаления CO_2 по реакции $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$.

Гашение извести сопровождается разогревом массы вследствие выделения значительного количества тепла $CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + 950 \text{ кДж}$. В процессе гашения куски негашеной извести самопроизвольно диспергируются, распадаясь на тонкие частицы размером в несколько микронов (тоньше, чем цемент). Воздушная известь является единственным вяжущим веществом, которое превращается в тонкодисперсное вещество химическим диспергированием.

Большая удельная поверхность частиц $Ca(OH)_2$ обуславливает большую водоудерживающую способность и пластичность известкового теста. При отстаивании известковое тесто содержит около 50 % твердых частиц $Ca(OH)_2$ и 50 % воды. Каждая частица окружена тонким слоем адсорбированной воды, играющей роль своеобразной гидродинамической смазки.

Высокая пластичность известкового теста в смеси с песком – это то свойство, которое так ценится при изготовлении строительных растворов.

Гашение комовой извести в тесто на специализированных растворных заводах производят в известегасильных машинах. Механизированное гаше-

ние ускоряет процесс, повышает качество известкового теста. На небольших стройках комовую известь сначала гасят в творилах и известковое тесто через сетку сливают в известегасильную яму, в которой завершается гашение. Известковое тесто выдерживают в яме не менее двух недель. Нельзя применять известковое тесто, в котором осталась непогасившаяся известь, так как её гашение в штукатурке и кладке вызовет растрескивание затвердевшего известкового раствора.

В зависимости от количества воды, добавляемой к комовой извести, можно получить известковое тесто или гидратную известь (пушонку). Гашение извести в пушонку осуществляют в гидрататорах непрерывного действия, в которых выделяющееся тепло и водяные пары используют для превращения комовой извести в тончайший рыхлый порошок объемной массой 400-450 кг/м³. При гашении в пушонку известь увеличивается в объеме в 2-3,5 раза.

Известь применяется в строительстве как строительный раствор, то есть в смеси с песком и другими заполнителями. На воздухе известковый раствор постепенно отвердевает под влиянием двух одновременно протекающих процессов:

- высыхание раствора, сближение кристаллов $Ca(OH)_2$ и их срастание;
- карбонизация извести под действием углекислого газа, который в большом количестве содержится в воздухе $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$.

Образующийся карбонат кальция срастается с кристаллами $Ca(OH)_2$ и упрочняет известковый раствор. При карбонизации выделяется вода, поэтому штукатурку и стены, в которых используются известковые растворы, подвергают сушке. Известковые растворы твердеют медленно, сушка ускоряет процесс их твердения.

Строительные растворы и бетоны, приготовленные на молотой негашеной извести, быстро схватываются и отвердевают вследствие гидратационного твердения негашеной извести.

При правильно подобранном водоизвестковом отношении (0,9-1,5), кристаллы гидроксида Ca, получившиеся при гидратации CaO непосредственно в материале ($Ca \cdot H_2O$), срастаются между собой и образуют прочный кристаллический сросток. Саморазогревание материала (раствора или бетона) способствует ускорению твердения и росту прочности раствора, что особенно важно при зимних работах (каменной кладке, штукатурке). Во избежание чрезмерного разогрева нужно позаботиться об отводе излишнего экзотермического тепла. При этом никаких трещин от гашения извести не образуется, а воздушная известь ведет себя как быстросхватывающееся и быстротвердеющее вяжущее вещество.

В молотую негашеную известь и гидратную известь (пушонку) разрешается вводить тонкомолотые минеральные добавки: доменный и топливный шлаки, золы, известняк. Продукт совместного помола негашеной извести и карбонатной породы называется карбонатной известью. Молотую негашеную известь обычно используют сразу после помола, так как она теряет свои свойства вследствие поглощения влаги из воздуха.

В зависимости от содержания оксида магния воздушная известь разделяется на:

- кальциевую ($MgO \leq 5\%$);
- магнезиальную ($MgO = 5 - 20\%$);
- высокомагнезиальную или доломитовую ($MgO = 20 - 40\%$).

Наиболее важными показателями качества извести является активность – процентное содержание оксидов, способное гаситься; количество непогасившихся зерен (недожог или пережог); время гашения.

В зависимости от времени гашения извести всех сортов различают: быстрогасящую известь, с временем гашения до восьми минут; среднегасящую, (не более 25 минут), и медленногасящую, (более 25 минут).

Строительные растворы на воздушной извести имеют невысокую прочность. Так, известковые растворы через 28 суток воздушного твердения имеют предел прочности при сжатии: на гашеной извести – 0,4-1,0 МПа, на молотой негашеной извести – до 5,0 МПа. Сорт воздушной извести устанавливают не по прочности, а по характеристике её состава.

Чем меньше глинистых и других примесей в исходном известняке, тем выше активность извести, быстрее происходит её гашение и больше выход известкового теста. Большое количество извести идет на изготовление силикатного кирпича и силикатных бетонов: ячеистых, тяжелых, а также используется в смешанных вяжущих.

Известково-шлаковые и известково-пуццолановые вяжущие вещества получают, основываясь на способности тонкоизмельченных гранулированных доменных шлаков твердеть при добавке извести. Обычно шлак размалывают совместно с воздушной известью, содержание которой в вяжущем составляет 20-30 %. При помоле добавляют 3-5 % гипса для улучшения процессов твердения. Известковошлаковые вяжущие схватываются и твердеют медленно, но при термовлажностной обработке твердение ускоряется. Они стойки в пресной воде, но имеют низкую морозостойкость. Используются при изготовлении строительных растворов и в бетонах низких марок.

Известково-пуццолановые вяжущие изготавливают путем совместного помола трепелов, диатомитов и других активных минеральных добавок с известью. При твердении во влажных условиях или в воде образуются низкоосновные гидросиликаты Са, которые способны на воздухе в сухих условиях дегидратироваться, причем прочность изделия может сильно снижаться. Применяются там же, где и известково-шлаковые вяжущие.

Растворимое или жидкое стекло представляет собой коллоидный водный раствор силиката натрия или силиката калия, имеющий желтый или коричневый цвет, плотностью 1,3-1,5 г/см³ при содержании воды 50-70 %. Состав щелочных силикатов выражается формулой $R_2O \cdot mSiO_2$, где R - это натрий или калий, m – модуль жидкого стекла. У натриевого стекла $m = 2,5-3,0$, у калиевого $m = 3,0-4,0$.

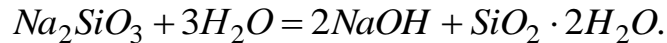
Стекло варят из кварцевого стекла и соды в стеклоплавильных печах (как обычное стекло) и когда расплав застывает, образуются непрозрачные

твердые куски. Жидкое стекло получают растворением раздробленных кусков в воде при повышенной температуре и давлении 0,6-0,7 МПа.

Натриевое жидкое стекло применяют для изготовления кислотоупорных и жароупорных бетонов, для уплотнения грунтов.

Калиевое стекло, более дорогое, применяют преимущественно в силикатных красках.

Жидкое стекло относится к воздушным вяжущим веществам. Силикаты натрия и калия в воде подвергаются гидролизу:



Выделяющийся гель кремниевой кислоты $SiO_2 \cdot 2H_2O$ обладает вяжущими свойствами. Водный раствор имеет щелочную реакцию. Для ускорения твердения жидкого стекла к нему добавляют кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 , ускоряющий выпадение геля кремниевой кислоты и гидролиз жидкого стекла.

Автоклавные вяжущие – это вяжущие, которые твердеют при гидротермальной обработке под давлением (автоклавирование), которая длится 6-8 ч при давлении насыщенного пара в 9 -13 атм.

В группу вяжущих материалов входят известково-кремнезёмистый, нефелиновый, известково-шлаковый, известково-зольный цементы.

Автоклавные вяжущие являются местными материалами, получаемыми в основном от использования отходов промышленности местных предприятий. В сравнении с традиционными вяжущими, имеют небольшое распространение в строительстве. По механическим свойствам имеют более низкие значения при прочих равных условиях с традиционными материалами.

Применяют для изготовления разнообразных материалов: пористых (газосиликат, пеносиликат) – для теплоизоляции элементов наружных стен и покрытий зданий; плотных – для конструктивных элементов.

3.3 Гидравлические вяжущие вещества

Гидравлическая известь – продукт умеренного обжига (не до спекания) мергелистых известняков, содержащих от 6 до 20 % глинистых примесей. Обычный интервал температур обжига составляет 900-1100°C, что зависит от состава сырья. Продукт обжига содержит не только свободную известь, но и химические соединения с оксидами глины: силикаты Ca_2SiO_2 , алюминаты $2CaO \cdot Al_2O_3$, ферриты кальция $2CaO \cdot Fe_2O_3$. Полученную комовую гидравлическую известь подвергают помолу в мельницах для получения тонкомолотой негашеной извести. При взаимодействии с водой силикаты и алюминаты в извести остаются практически негидратированными. Только при гашении этой извести в тесто постепенно образуются гидросиликаты и гидроалюминаты кальция.

Характеризуется гидравлической извести модулем основности:

$$M_o = \frac{\% CaO}{\% (SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3)}.$$

Для сильно гидравлической извести модуль основности равен 1,7-4,5, а для слабо гидравлической – 4,5-9,0.

Модуль основности характеризует способность извести к твердению в воде. При значении $M_o > 9,0$ известь является типично воздушным вяжущим веществом.

Гидравлическая известь не обладает высокой прочностью. Прочность образцов из раствора состава 1:3 (И:П) при сжатии должна быть 2-2,5 МПа через 28 суток комбинированного хранения (7 суток во влажном воздухе и 21 сутки – в воде).

В настоящее время гидравлическая известь имеет ограниченное применение. Используется она для изготовления растворов и бетонов невысокой прочности, для кладки в сырых местах, в малоэтажном строительстве.

Романцемент – гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким помолом обожженных не до спекания (900 °С) известняковых и магнезиальных мергелей, содержащих 25 % и более глины. Образующиеся при обжиге низко основные силикаты и алюминаты кальция придают романцементу гидравлические свойства.

Получают романцемент помолом в шаровых мельницах продуктов обжига совместно с гипсом (3-5 %) и активными минеральными добавками (10-15 %). Схватывание и твердение романцемента обусловлено гидратацией силикатов и алюминатов кальция, образовавшихся при обжиге. Романцемент выпускают трех марок: 2,5; 5 и 10 (МПа), применяется при изготовлении строительных растворов, бетонов, бетонных камней. В настоящее время романцемент практически не используется, его полностью заменил портландцемент.

3.4. Портландцемент – состав, способы производства, свойства

Портландцемент – продукт тонкого измельчения клинкера, получаемого в результате равномерного обжига до спекания природного сырья (мергеля) или искусственной однородной сырьевой смеси, содержащей известняк и глину. В процессе помола клинкера добавляют гипсовый камень в количестве до 3,5 %.

Сырьевыми материалами для производства портландцемента служат известняки с высоким содержанием Ca (мел, мергели, плотный известняк) и глинистые породы, содержащие SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

На изготовление одной тонны цемента расходуется около 1,5 тонн минерального сырья. Соотношение между карбонатами и глинистым компонентами сырьевой смеси 3:1, то есть берется примерно 75 % известняка и 25 % глины. Кроме того, в сырьевую смесь вводят добавки, корректирующие химический состав, регулирующие температуру спекания смеси и кристаллизацию минералов клинкера.

Например, ввод добавки трепела или опоки повышает содержание SiO_2 . Добавка колчеданных огарков увеличивает содержание Fe_2O_3 .

Побочные продукты промышленности все шире используют при производстве портландцемента. Весьма ценным сырьем являются доменные шлаки, нефелиновый шлам – побочный продукт производства глинозема и другие.

Основной вид топлива – природный газ. Стоимость топлива составляет до 25 % себестоимости готового цемента. Поэтому экономии топлива при производстве портландцемента уделяется большое внимание.

Производство портландцемента – сложный технологический и энергоемкий процесс, включающий:

- добычу в карьере и доставку на завод сырьевых материалов;
- приготовление сырьевой смеси;
- обжиг сырьевой смеси до спекания (получение клинкера);
- помол клинкера с добавкой гипса (получение портландцемента);
- маганизирование готового продукта.

Приготовление сырьевой смеси осуществляется сухим, мокрым и комбинированным способами.

Сухой способ заключается в измельчении и тесном смешении сухих сырьевых материалов. Поэтому сырьевая смесь получается в виде минерального порошка, называемого сырьевой мукой. Тонкое измельчение известняка и глины осуществляется в трубных мельницах, которые совмещают помол и сушку сырьевых материалов до остаточной влажности 1-2 %. Сырьевые мельницы работают по замкнутому циклу.

Установка включает сепараторы, отделяющие крупную фракцию сырьевой муки и возвращающие её в мельницу для помола. Так повышается тонкость помола сырьевой смеси и качество обжигаемого из нее клинкера. При сухом способе производства цемента затраты тепла на обжиг клинкера в 1,5-2 раза меньше, чем при мокром способе. Ввиду технико-экономических преимуществ сухой способ производства цемента наиболее выгоден при использовании известняка и глины с невысокой влажностью (10-15 %), однородного состава и физической структуры.

Мокрый способ применяют, если мягкое сырье имеет значительную влажность (мел, глина). Тонкое измельчение и смешение исходных материалов осуществляется в водной среде. Сырьевая смесь получается в виде текучей массы – шлама с большим содержанием воды (35-45 %). Глина перерабатывается в суспензию в глиноболтушках. Известняк после дробления направляется на совместный помол с глиняным шламом в шаровую мельницу через весовые дозаторы. Совместное измельчение обеспечивает тщательное смешение исходных материалов, и получение однородной сырьевой смеси. Помол производят до остатка на сите № 008 не более 8-10 %, следовательно, примерно 90 % частиц смеси имеет размер менее 80 микрон.

Из мельниц известняково-глиняный шлам перекачивают насосами в шламбассейны, где усредняют химический состав. Применение разжижителей (СДБ и других) позволяет снизить влажность шлама. Однако это все же не устраняет главный недостаток мокрого способа производства цемента – высокую энергоемкость процесса получения клинкера.

Применение комбинированного способа дает возможность на 20-30 % снизить расход топлива по сравнению с мокрым способом. Сущность способа – приготовленный по мокрому способу шлам обезвоживается и из него изготавливаются гранулы для обжига. Однако при этом возрастает расход электроэнергии.

Обжиг гранул осуществляется во вращающихся печах, которые представляют собой длинные, расположенные наклонно цилиндры, сваренные из листовой стали с огнеупорной футеровкой внутри. Диаметр печи 5-7 м, длина 95, 185 и 230 м.

Печи, работающие по сухому способу, имеют размеры 95x7 м, производительность – 3000 т/сут. Расход тепла на обжиг – 3400 кДж/кг. Расход тепла при мокром способе производства цемента – 5600 кДж/кг.

Помол клинкера производится в трубных мельницах, работающих по открытому или замкнутому циклу. Мельница – стальной барабан, облицованный внутри стальными броневыми плитами и разделанный дырчатыми перегородками на 2-4 камеры. Размер мельниц – 3,95×11,00 м, производительность – 100 т/час и 4,6×16,4 м, производительностью 135 т/час.

Материал измельчается под действием загруженных в барабан мелющих тел – стальных шаров (камеры грубого помола) и цилиндров (камеры мелкого помола).

При вращении мельницы перемалывающие тела (шары и цилиндровые) поднимаются на некоторую высоту и падают, дробя и истирая зерна материала. При работе по открытому циклу мельница работает «на приход», то есть материал непрерывно поступает со стороны камер грубого помола через полую ось, а измельченный материал выходит из камеры тонкого помола и далее транспортируется в силосы.

Замкнутый цикл включает помольный агрегат и центробежный сепаратор, отделяющий крупные зерна, которые возвращаются на домол. Помольные установки замкнутого цикла дают возможность тонко измельчить клинкер ($S_{уд.} = 4000 - 5000 \text{ см}^2/\text{г}$).

При помоле к клинкеру добавляют природный гипс, служащий для замедления схватывания портландцемента.

Готовый портландцемент – очень тонкий порошок темно-серого или зеленовато-серого цвета. При выходе из мельницы он направляется пневмотранспортом (цементные насосы) для хранения в силосы – железобетонные банки диаметром 8-15 м и высотой 25-30 м. Емкость силосов от 4000 до 10000 тонн. Цемент в силосах выдерживают до его охлаждения и гашения остатков свободного CaO (под действием влаги воздуха). Из силосов цемент выгружается в автоцементовозы, железнодорожные вагоны. Часть цемента упаковывается в мешки (по 50 кг).

Свойства портландцемента находятся в зависимости от качества клинкера. Добавки, вводимые в цемент, лишь регулируют его свойства. Качество клинкера зависит от:

– его химического и минерального состава;

- тщательности подготовки сырьевой смеси;
- условий проведения обжига;
- режима охлаждения клинкера.

Клинкер получают в виде спекшихся гранул размером 10-40 мм, имеющих сложную микроструктуру.

Химический состав клинкера выражает содержание оксидов, в процентах по массе. Главными оксидами являются: CaO – 63-66 %; SiO_2 – 21-24 %; Al_2O_3 – 4-8 %; Fe_2O_3 – 2-4 %, что в сумме составляет 95-97 %.

В качестве основы портландцемента рассматриваются четыре минерала, полученные в результате всех стадий производства цемента:

- C_3S трёхкальциевый силикат $3CaO \cdot SiO_2$;
- C_2S двухкальциевый силикат $2CaO \cdot SiO_2$;
- C_3A трёхкальциевый алюминат $3CaO \cdot Al_2O_3$;
- C_4AF четырёхкальциевый алюмоферит $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$.

Клинкерные минералы не являются чистыми соединениями, а представляют собой смеси, содержащие в незначительном количестве компоненты других минералов в виде смешанных кристаллических соединений; это относится и к остальным химическим примесям клинкера, которые не могут образовать самостоятельных фаз. Поэтому, чтобы отличать чистые соединения от клинкерных минералов, основные минералы клинкера C_3S и C_2S названы «алит» и «белит».

Алит C_3S является основным клинкерным минералом, определяющим прочность цемента. Из шести известных модификаций C_3S в клинкере возникают только две высокотемпературные модификации, которые стабилизируются путем включения атомов примесей. Третья модификация – триклинная – также изредка встречается.

Белит главным образом представляет собой β -форму C_2S . При температуре спекания клинкера, превышающей 1420С, образуется α - C_2S , а при температуре до 1420 С – α' - C_2S . Последняя форма во время охлаждения клинкера при температуре 670 С превращается в метастабильный β - C_2S .

При дальнейшем медленном охлаждении из β - C_2S может образоваться стабильная γ -форма. Этот процесс протекает с увеличением объема на 10% и при определенных условиях может привести к рассыпанию клинкера. Быстрое охлаждение клинкера и наличие примесей препятствует переходу белита в гидравлически инертную γ -фазу, снижающую его качество. Белит твердеет значительно медленнее алита, но в конце концов достигает такой же прочности, как алит. Кроме оксидов в портландцементе в небольших количествах в виде различных соединений могут присутствовать MgO , CO_3 , Na_2O , K_2O , TiO_2 , Cr_2O_3 , P_2O_5 .

Технические характеристики портландцемента:

- минеральный состав – выражает содержание в клинкере главных минералов, определяется с помощью оптической и электронной микроскопии, рентгенофазового анализа, микронзондирования и другими методами;
- вещественный состав – выражает содержание в цементе основ-

ных компонентов: клинкера, гипса, добавок и приводится в паспорте на цемент;

- тонкость помола – оценивают путем рассеивания пробы цемента через сито с сеткой № 008 (размер ячейки в свету 0,08 мм), должна быть такой, чтобы через указанное сито проходило не менее 85 % массы цемента;

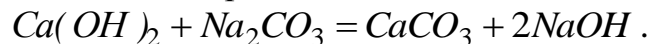
- плотность – портландцемента без минеральных добавок составляет 3,05-3,15 г/см³, насыпная плотность равна 1,3 г/см³;

- водопотребность – цемента определяется количеством воды (в % от массы цемента), которое необходимо для получения цементного теста нормальной густоты – 22-28 %;

- нормальной густотой – такая подвижность цементного теста, при которой пестик прибора Вика, погруженный в кольцо, заполненное тестом, не доходит на 5-7 мм до пластинки, на которую установлено кольцо;

- сроки схватывания и равномерность – изменения объема цемента определяются в тесте нормальной густоты. Сроки схватывания определяют с помощью прибора Вика путем погружения иглы в тесто нормальной густоты. *Началом схватывания* считают время, прошедшее от начала затворения до того момента, когда игла не доходит до пластинки на 1-2 мм. *Конец схватывания* – время от начала затворения до того момента, когда игла погружается в тесто не более, чем на 1-2 мм. Начало схватывания цемента должно наступать не ранее 45 минут, в конец схватывания – не позднее 10 часов от начала затворения. Для получения нормальных сроков схватывания при помоле клинкера вводят добавку двуводного гипса – до 3,5 %. Замедлители схватывания – фосфаты, нитраты калия, натрия, сахар.

Ускорители схватывания – карбонаты щелочных металлов и хлориды:



Равномерность изменения объема определяется выдерживанием в кипящей воде в течение трех часов образцов-лепешек, изготовленных из теста нормальной густоты через 24 часа предварительного твердения. Лепешки не должны деформироваться. Причина неравномерного изменения объема цементного камня – местные деформации, вызываемые расширениями свободной извести СаО и периклаза MgO вследствие их гидратации.

- активность и марка цемента определяются испытанием стандартных образцов-балочек 4×4×16 см, изготовленных из цементно-песчаной растворной смеси состава 1:3 и В/Ц = 0,4 через 28 суток твердения (1 суток во влажном воздухе, а 27 суток – в воде комнатной температуры). Образцы испытывают вначале на изгиб, а затем – на сжатие.

Активностью называют предел прочности при осевом сжатии половинок балочек в возрасте 28 суток. Допускается ускоренное испытание на определение активности в возрасте 3 и 7 суток. Кроме активности по стандарту определяют расчетную активность портландцемента. Это - предел прочности при сжатии цементного камня оптимальной структуры, полученного и испытанного с учетом реальных условий. Портландцемент подразделяют на марки: М 400, 500, 550, 600 (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Показатели портландцемента и его разновидностей

Наименование цемента	Марка цемента	Предел прочности при изгибе, кгс/см ² (МПа) в возрасте, сут.		Предел прочности при сжатии, кгс/см ² (МПа) в возрасте, сут.	
		3	28	3	28
Портландцемент	400	-	55(5,5)	-	400(40)
	500	-	60(6,0)	-	500(50)
	550	-	62(6,2)	-	550(55)
	600	-	65(6,5)	-	600(60)
Быстротвердеющий портландцемент	400	40(4,0)	55(5,5)	250(25)	400(40)
	500	45(4,5)	60(6,0)	280(28)	500(50)
Шлакопортландцемент	300	-	45(4,5)	-	300 (30)
	400	-	55(5,5)	-	400(40)
	500	-	60(6,0)	-	500(50)

- в ы д е л е н и е т е п л а при твердении. Процесс гидратации цемента сопровождается выделением тепла. Тепловыделение внутренней части массивных конструкций может повысить температуру на 40 °С. Снаружи бетон сооружения остывает быстрее, чем внутри. Вследствие этого, возникают температурные напряжения, которые являются причиной появления в бетоне трещин. Поэтому рекомендуется использовать низкотермичные цементы, снижающие расход вяжущего и применять искусственное охлаждение. При бетонировании в холодное время года по способу термоса выделяющееся тепло способствует поддержанию положительной температуры бетона.

Портландцемент применяют, главным образом, для бетонных и железобетонных конструкций в наземных, подземных и подводных сооружениях, в том числе и таких, которые подвержены переменному замораживанию и оттаиванию. В цементных растворах необходимо предусматривать использование водоудерживающих добавок: извести, глины, цемянки, золы и других.

Для удовлетворения специфических требований строительства (стойкость к агрессивной среде и других), повышения долговечности сооружений и конструкций, сокращения их стоимости и расхода цемента, используется ряд разновидностей портландцемента.

3.5. Разновидности портландцемента

Для получения портландцемента с заданными свойствами используют два пути: изменение минералогического состава и структуры портландцементного клинкера; введение минеральных или органических добавок.

Изменяя минералогический состав, получают различные разновидности портландцемента.

БТЦ (быстротвердеющий портландцемент) - отличающийся повышенной прочностью (50% марочной прочности) через 3 суток. Для получения группы быстротвердеющих портландцементов в клинкере увеличивают содержание алита (C₃S) и трёхкальциевого алюмината (C₃A) – в сумме содержание эти минералов должны составлять ≈ 60–65%, кроме этого производят более тонкий помол.

Сульфатостойкий портландцемент - по содержанию не более 5 % трёхкальциевого алюмосиликата (C_3A), применяют в условиях воздействия на конструкцию минерализованных вод, содержащих в своём составе ионы SO_4 .

Портландцемент с умеренной экзотермией - пониженное содержание наиболее быстро гидратирующихся клинкерных минералов (C_3S) и (C_3A) приводит к замедленному нарастанию прочности цемента с умеренной экзотермией по сравнению с обычным портландцементом, однако на конечную величину прочности оно не оказывает влияния, удельная поверхность цемента должна быть не менее $3200 \text{ см}^2/\text{г}$.

Пластифицированный портландцемент - отличается от обычного, способностью придавать растворам и бетонным смесям повышенную подвижность, при этом уменьшается В/Ц, повышается морозостойкость и водонепроницаемость бетона. Получают путём введения в портландцементный клинкер лигносульфонатов (ЛСТ), например, сульфитно-дрожжевой бражки (СДБ).

Белый и цветные портландцементы – разновидности обыкновенного цемента, которые отличаются от него цветом. Белый цемент (ГОСТ 965-78) получают измельчением маложелезистого белого клинкера, минеральных добавки гипса, а цветные цементы (ГОСТ 15825-70) в зависимости от цвета – из белого клинкера путем их измельчения вместе с добавкой красящего пигмента (окислы хрома, марганца, кобальта, никеля и др.) и гипса. По показателям прочности выпускают: цемент белый М400 и М500.

Гидрофобный портландцемент – получают совместным помолом клинкера портландцемента с гидрофобными добавками типа мылонафт, асидол, окисленный петралатум, олеиновая кислота и другие продукты перегонки нефти, в количестве от 0,06 до 3% от массы цемента. Имеет повышенные свойства водонепроницаемости, морозостойкости и воздухостойкости, применяется для дорожного и гидротехнического строительства.

Активные минеральные добавки (SiO_2 , Al_2O_3) (гидравлические) – природные или искусственные вещества, которые при смешивании в тонкоизмельчённом виде с воздушной известью и затворении с водой образуют тесто, способное после твердения на воздухе продолжать твердеть в воде.

Природные минеральные добавки: горные породы – диатомит, трепел, опока, горелые глинистые породы (глиежи); вулканические – туф, пемза;

Искусственные минеральные добавки: побочные продукты и отходы промышленности – доменные шлаки, зола-унос, белитовый шлак-отход.

К портландцементам с минеральными добавками относится:

– пуццолановый портландцемент, получаемый путём помола портландцементного клинкера с активной минеральной добавкой (АМД) до 40%, которая вначале адсорбирует, а затем химически связывает гидроксид кальция, что предотвращает его выщелачивание. Применение: для бетонов, постоянно находящихся во влажных условиях; конструкций, подвергающихся попеременному увлажнению и высушиванию.

– *шлакопортландцемент (шпц)* – получают совместным помолом

портландцементного клинкера и гранулированного цементного шлака (21–80%), на 20% дешевле, при таких же свойствах. Рекомендуется применять для гидротехнических сооружений и массивных конструкций.

– *глиноземистый цемент* – быстротвердеющее и высокопрочное гидравлическое вяжущее вещество. Изготавливают из бокситов и известняков, состоит преимущественно из низкоосновных алюминатов кальция (80–85%), способен приобретать высокую прочность в очень короткие сроки (в течение суток 90%).

В справочной и технической литературе приняты условные обозначения цемента, которые включают:

- указание наименования цемента, например, портландцемент, шлакопортландцемент сокращенно обозначаются ПЦ и ШПЦ;
- марку цемента;
- максимальное содержание активных минеральных добавок, например, 0; 5; 20% соответственно обозначается - Д0; Д5; Д20;
- обозначение быстротвердеющего цемента (при необходимости) – Б;
- обозначение (при необходимости) пластификации или гидрофобизации цемента – ПЛ и ГФ;
- обозначение нормирования минералогического состава клинкера (при необходимости) – Н;
- обозначение стандарта, регламентирующего свойства цемента - например, ГОСТ 10178 - 85.

Примеры условного обозначения:

- портландцемент марки 500 с содержанием активной минеральной добавки не более 20%, быстротвердеющий, пластифицированный обозначается как ПЦ 500-Д 20-Б -ПЛ-ГОСТ10178-85;
- шлакопортландцемент марки 400 ШПЦ 400 ГОСТ 10178-85.

3.6. Пути экономии цемента

Строительство – самая материалоемкая отрасль, требующая добычи, переработки и транспортировки огромного количества минерального сырья.

Причины перерасхода цемента:

- необеспеченность высококачественными заполнителями;
- потеря активности при неудовлетворительном хранении;
- неудовлетворительные условия транспортирования;
- низкий технологический уровень приготовления растворов.

Пути экономии цемента:

- приготовление бетона из чистых фракционированных заполнителей;
- использование химических добавок, пластификаторов;
- использование отдельной технологии приготовления бетонной смеси;
- оптимизация условий транспортирования и хранения;
- применение высококачественных форм для контрольных образцов;
- учет последующего нарастания прочности бетона рациональные под-

боры составов бетонов и растворов;

- применение автоматических устройств по дозированию составляющих.

В качестве примера рассмотрим вопрос использования промышленных отходов в производстве цемента, т.к. повсеместно имеются большие месторождения некондиционных нерудных ископаемых. Кроме того, многочисленные предприятия различных отраслей промышленности ежегодно сбрасывают в отвалы сотни миллионов тонн разнообразных отходов. Все некондиционное сырье можно рассматривать как дополнительные ресурсы для производства строительных материалов, в том числе, и цемента.

При всем многообразии промышленных отходов наиболее перспективные из них, с точки зрения расширения сырьевой базы водохозяйственного строительства, можно свести к следующим основным видам:

- топливные шлаки и золы;
- шлаки черной и цветной металлургии;
- отходы горнорудной промышленности;
- отходы угледобычи;
- отходы промышленности строительных материалов;
- прочие промышленные отходы.

Следует иметь в виду, что в каждом конкретном случае рекомендации по применению некондиционного сырья, а также тех или иных отходов требуют уточнения с учетом местных условий.

Для каждого из перечисленных видов устанавливаются нормативные требования по минералогическому составу, содержанию добавок, марочной прочности, условиям и времени их хранения. Но портландцемент является сравнительно дорогим вяжущим веществом. В связи с этим весьма актуальным является решение вопросов снижения его себестоимости и экономии с учетом использования региональных ресурсов.

Все это позволит комплексно решать задачи экономии цемента, повышения качества бетона и железобетона, а также утилизации отходов и восстановления природно-экологического баланса окружающей среды.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируется вяжущие вещества?
2. Какие вяжущие вещества относятся к группе воздушных вяжущих?
3. Какие вяжущие относятся к группе гидравлических вяжущих?
4. В каких областях строительства применяется воздушные и гидравлические вяжущие вещества?
5. Назовите основные клинкерные минералы и укажите их роль в формировании структуры цементного камня.
6. Перечислите свойства портландцемента.
7. Назовите области применения портландцемента в строительстве.
8. Перечислите технические характеристики портландцемента.
9. Назовите разновидности портландцемента.
10. Перечислите причины перерасхода и пути экономии цемента.

ЛЕКЦИЯ 4. БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

План лекции.

- 4.1. Определение и классификация бетонов. Состав и структура бетона.
- 4.2. Свойства бетонной смеси и основы технологии бетона.
- 4.3. Основные свойства тяжёлого бетона и его применение в водозонном строительстве.
- 4.4. Железобетон. Обычный и предварительно напряженный железобетон.

4.1. Определение и классификация бетонов. Состав и структура бетона

Бетонами называют искусственные каменные материалы, получаемые в результате затвердевания рациональной по составу, тщательно перемешанной и уплотненной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды и заполнителей.

До затвердевания приготовленный состав называется бетонной смесью. Помимо указанных выше основных компонентов, в состав бетонной смеси могут вводиться специальные добавки для улучшения требуемых свойств получаемого материала.

Среди других искусственных каменных материалов, бетоны являются самыми массовыми по применению в строительстве, благодаря их высокой прочности, надежности и долговечности при работе в конструкциях зданий и сооружений.

Кроме указанных достоинств, бетоны на основе минеральных вяжущих, имеют и другие положительные качества:

- легкая формуемость бетонной смеси, обеспечивающая получение практически любых заданных форм и размеров изделий и конструкций; возможность полной механизации бетонных работ;
- разнообразие свойств бетона, достигаемое использованием соответствующих вяжущих веществ, заполнителей и специальных добавок, а также применением специальных технологических приемов и операций;
- экономичность состава бетона, до 80-90% объема которого приходится на долю заполнителей из местных каменных материалов;
- возможность использования разнообразных крупнотоннажных отходов промышленности в составе бетонной смеси.

Классификация бетонов производится по различным признакам (рисунок 1).

Для получения бетонов применяют практически все разновидности минеральных вяжущих, в соответствии с чем различают бетоны:

- **цементные** (на портландцементе и его разновидностях);
- **силикатные** (на известковых вяжущих в сочетании с силикатными компонентами);
- **гипсовые** (с применением гипсоангидритовых вяжущих).

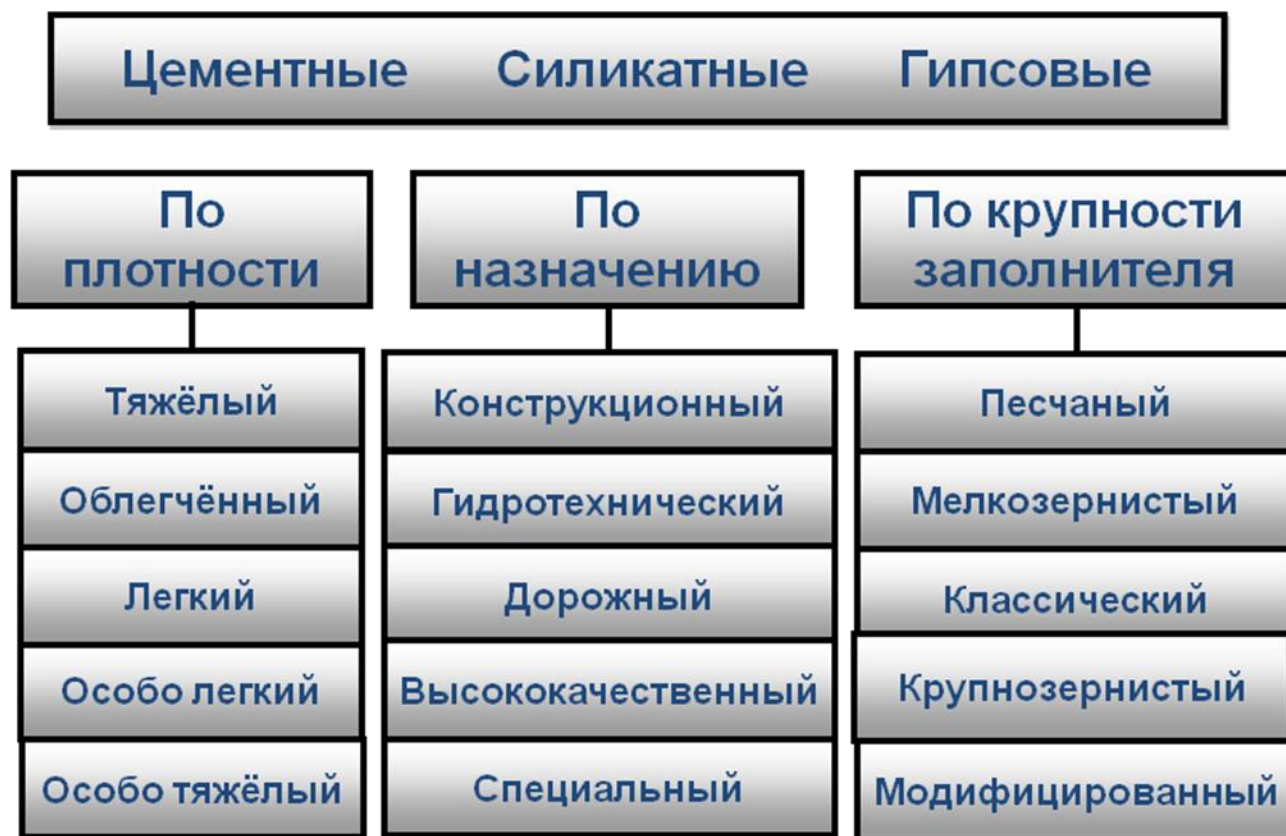


Рисунок 4.1 – Классификация бетонов

В зависимости от наибольшей крупности применяемых заполнителей бетоны подразделяются на:

- **песчаные** (с крупностью зерен заполнителя до 5 мм);
- **мелкозернистые** (с максимальной крупностью зерен заполнителя до 10 мм);
- **крупнозернистые** (с заполнителями наибольшей крупности от 10 до 150 мм).

По производственному назначению *бетоны* бывают:

- **конструкционные**, предназначенные для изготовления бетонных и железобетонных (в сочетании с арматурой в виде стальных стержней, сеток, каркасов) несущих конструкций зданий и сооружений (колонны, балки, плиты и др.);
- **гидротехнические** (для строительства гидротехнических сооружений – плотин, шлюзов, облицовок каналов и др.);
- **дорожные** (для строительства дорожных и аэродромных оснований и покрытий);
- **специального назначения** (кислотоупорные, жароупорные, рентгенозащитные и др.).

Основной считается классификация бетонов по показателю средней плотности бетона, зависящей от вида используемых заполнителей и пористости цементного камня. **По средней плотности бетоны** подразделяют на следующие виды:

- **особо тяжелые** со средней плотностью свыше 2500 кг/м^3 , получаемые на заполнителях в виде железной руды, барита, чугунного скрапа, чугунной дробы, стальных обрезков и т.п., используемые для биологической защиты от радиоактивных излучений;

- **тяжелые** (обычные) – средней плотностью $2200\text{-}2500 \text{ кг/м}^3$, получаемые на заполнителях из плотных горных пород – гранита, диабазы, песчаника и др., используемые для сборных и монолитных несущих конструкций;

- **облегченные** – средней плотностью $1800\text{-}2200 \text{ кг/м}^3$, получаемые на заполнителях из шлаков и других промышленных отходов, предназначенные для ограждающих несущих конструкций (наружные стены, покрытия);

- **легкие** - средней плотностью $500\text{-}1800 \text{ кг/м}^3$, предназначенные для ограждающих конструкций, получаемые с использованием легких пористых природных (пемза, туф и др.) или искусственных (керамзит, аглопорит, перлит, термозит, вермикулит и др.) заполнителей, либо при отсутствии в них песчаных фракций заполнителей, вследствие чего между зернами крупного заполнителя образуются пустоты, а сам такой легкий бетон называется *крупнопористым*;

- **особо легкие** (теплоизоляционные) - средней плотностью менее 500 кг/м^3 , характеризующиеся большим содержанием в них воздушных или газовых равномерно распределенных по всему объему мелких пор (ячеек), именуемые ячеистыми бетонами.

Каждому из разновидностей бетонов присущи свои особенности. Например, гидротехнический должен быть предельно плотным, водонепроницаемым, морозостойким, стойким против коррозии, тогда как легкий бетон для ограждающих конструкций зданий (стен, перекрытий) должен быть малотеплопроводным, обеспечивать требуемую звукоизоляцию и пр., а дорожные бетоны должны быть не только морозостойкими, но и устойчивыми к динамическим воздействиям транспортных средств, истираемости и износу под колесами автомашин и т.д.

Основным показателем качества бетонов является предел прочности при одноосном сжатии образцов-кубов с ребром 15 см (с разделением бетонов на классы по прочности В) или предел прочности при сжатии цилиндрических образцов диаметром 15 и высотой 30 см (с разделением бетонов на классы С).

Кубиковая прочность бетона (R). Для оценки прочности бетона за стандартные лабораторные образцы принимают кубы размером $15 \times 15 \times 15 \text{ см}$; испытывают их при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ через 28 дней твердения в нормальных условиях (температуре воздуха $15\text{...}20 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности $90\text{-}100\%$). Временное сопротивление эталонных кубов принимают за кубиковую прочность бетона.

Однако при испытании бетонных кубиков края пресса препятствуют поперечным деформациям опорных граней кубиков создавая эффект обоймы (рисунок 4.2). В результате **кубики показывают повышенную прочность**, по сравнению с реальной прочностью бетона. Если смазать поверхности контакта кубика с гранями пресса, то силы трения не препятствуют работе об-

разца, разрушение происходит от раскалывания образца при меньших напряжениях, соответствующих реальной прочности бетона.

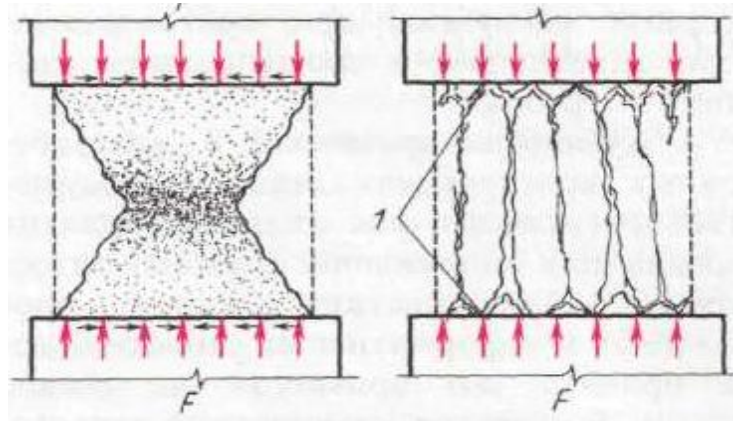


Рисунок 4.2 – Схема испытания бетонных кубиков на прочность

Призменная прочность бетона (R_b). На практике поверхности пресса не смазываются, а увеличивается длина образца. При увеличении длины образца отношение прочности образца к прочности кубика уменьшается и при соотношении $h/a \geq 4$ устанавливается, т.е. показывает реальную прочность бетона.

Под призменной прочностью понимают временное сопротивление осевому сжатию призмы с отношением высоты призмы к размеру стороны квадрата, равному четырем.

По кубиковой прочности устанавливают класс прочности бетона, по призменной - нормативное сопротивление бетона для расчетов. Связь между призменной и кубиковой прочностью записывается: $R_b = 0.77 - 0.001R \approx 0.75R$.

Эти показатели качества обоих классов принимаются по стандарту с гарантированной обеспеченностью прочности. Всего предусмотрено 19 классов по прочности на сжатие при испытании кубов (от В1 до В60) и 19 классов при испытании цилиндров (от С 0,8 до С 55). Все значения прочности при этом выражаются в МПа.

Наряду с основным делением бетонов на классы по прочности, в настоящее время допускается и деление бетонов на марки, нормируемые по среднему значению показателя прочности на сжатие (в кгс/см²): от 15 (для ячеистых бетонов) до 600 и более (для тяжелых бетонов).

Состав бетона. Но состав бетона не может быть универсальным, по одному рецепту на все случаи. Состав бетона, как и состав сплава в металлургии, должен быть запроектирован заранее в зависимости от того, в каких конструкциях, в каком сооружении будет применяться бетон. При этом надо иметь в виду, что свойства бетона, например, важнейшее из них – прочность, зависят не только от того, в каких пропорциях взяты его составные части, но и от качества исходных материалов и технологии получения бетона.

Требования к исходным материалам для приготовления бетонных смесей определяются соответствующими ГОСТами на каждый из них.

Для обычных бетонов в качестве вяжущего используют портландцемент и его разновидности.

Наиболее распространенные из них:

– портландцемент – начинает схватываться не ранее чем через 3/4 и не позднее чем через 3 часа после замеса. Конец схватывания – через 4-10 часов.

– шлакопортландцемент – после замеса в зависимости от температур и параметров раствора начинает схватываться через 1-6 часов, заканчивает через 10-12 часов.

– пуццолановый портландцемент – твердение начинается через 1-4 часа, заканчивается через 6-12 часов.

– глиноземистый цемент – твердеть начинает через 1 час, заканчивает через 8 (но не позже).

К мелким заполнителям бетона относятся различные *пески* – природные (горные, речные, морские, овражные) или искусственные, получаемые дроблением горных пород или некоторых промышленных отходов. К пескам, используемым в качестве мелких заполнителей бетона, предъявляют требования по их зерновому и минералогическому составу, по содержанию вредных примесей, пылевидных и глинистых частиц. При необходимости пески обогащают – просеивают и промывают, смешивают с другими более крупными песками и т.п. В зависимости от размеров зерен различают песок:

– крупный размер песчинок 3,5-2,4 мм;

– средний 2,5-1,9 мм;

– мелкий 2,0-1,5 мм;

– очень мелкий 1,6-1,1 мм);

– тонкий (меньше 1,2 мм).

В качестве крупного заполнителя применяют *гравий* или *щебень* из горных пород или искусственного происхождения.

Гравий – это в различной степени окатанные обломки прочных горных пород (гранита, диорита, базальта и др.) с гладкой поверхностью. Размер зерен гравия от 5 до 70 мм. Для бетона наиболее применимы зерна малоокатанной щебневидной формы, хуже яйцевидные (сильноокатанные), еще хуже зерна пластинчатой и игловатой формы, снижающие прочность бетона. Гравий, подобно песку, может содержать вредные примеси пыли, ила, глины, органических кислот и сернокислых соединений, содержание которых ограничивается действующими стандартами.

Часто гравий залегает вместе с песком. При содержании в гравии 25-40% песка, материал называют песчано-гравийной смесью. Пригодность гравия в качестве заполнителя определяют по результатам испытания.

Щебень – это материал, который получают при дроблении горных пород или искусственных камней на куски размером, как и гравий от 5 до 70 мм.

Зерна щебня имеют неправильную форму, поверхность их рваная, шероховатая. Поэтому щебень лучше сцепляется с цементным камнем, но бетонная смесь с щебнем хуже перемешивается и тяжелее уплотняется. Из-за

этого в бетонную смесь со щебнем приходится добавлять больше воды затворения, чем с гравием.

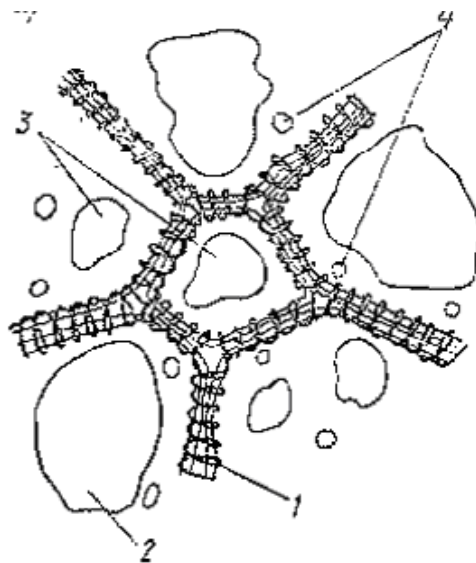
К крупным заполнителям относятся и пористые материалы – щебень из туфа, пемзы, вулканического шлака, или керамзитовый гравий, изготавливаемый на заводах легких заполнителей и др. В зависимости от величины фрагментов различают следующие фракции:

- особо мелкий 3-10 мм;
- мелкий 10-12 мм;
- средний 20-40 мм;
- крупный 40-70 мм.

Для затворения бетонных смесей должна применяться *вода*, не содержащая вредных примесей – кислот, сульфатов, жиров и т.д. Обычно применяют питьевую воду. Морская и другая вода допускается только на основании результатов специальных испытаний.

Структура бетона. При затворении бетонной смеси водой начинается химическая реакция гидратации, образуется студенистое вещество – гель, который со временем кристаллизуется, твердеет, скрепляет зерна заполнителей.

Структуру бетона можно представить в виде пространственной решетки из цементного камня, включающего кристаллический сросток, гель и большое количество пор и капилляров, содержащих воздух и воду, в котором хаотично расположены зерна песка и щебня (рисунок 4.3).



1 – цементный камень; 2 – щебень; 3 – песок;
4 – поры, заполненные воздухом и водой

Рисунок 4.3 – Структура бетона

Механические свойства цементного камня и заполнителей существенно отличаются друг от друга. Макроструктура (рисунок 4.4) зависит от соотношения между компонентами бетона, а также однородности их распределения. Надо учитывать и воздушные пустоты, возникающие вследствие недоуплотнения бетонной смеси.



Рисунок 4.4 – Типы макроструктуры бетона

Таким образом, структура бетона грубо неоднородна и зависит от многих факторов. Эти особенности структуры проявляются в свойствах бетона во взаимодействии с температурно-влажностным режимом окружающей среды, наделяя его упруго-пластично-ползучими свойствами.

4.2. Свойства бетонной смеси и основы технологии бетона

Чтобы получить высокую прочность бетона, надо правильно подобрать зерновой состав заполнителей. Так составить из них смесь, чтобы между зернами было как можно меньше пустот. Для этого, вначале отсеивают крупный и мелкий заполнитель по размерам, или фракциям, которые затем составляют так называемую оптимальную зерновую смесь. В этой смеси все частицы так тесно примыкают друг к другу, что для цементного теста остаются только незначительные промежутки. Бетон, приготовленный на такой оптимальной смеси заполнителей, имеет высокую плотность и прочность.

Качество бетонной смеси оценивают по ее связности, однородности и удобоукладываемости – формуемости. Эти свойства зависят от вязкости и количества цементного теста, обволакивающего заполнитель и заполняющего пустоты между ним. Количество цементного теста должно быть достаточным для того, чтобы эта многокомпонентная система приобрела связность, т.е. превратилась в структурированную однородную систему с определенными физическими и механическими свойствами.

Но одной только оптимальной смеси заполнителей еще недостаточно – нужна рациональная технология бетона. Технология приготовления бетонной смеси складывается из ряда последовательных операций.

Прежде всего, в соответствии с заданным составом производится *дозирование* принятых исходных материалов – цемента, песка, щебня, воды и др. Дозирование осуществляют путем отвешивания (реже – объемного отмеривания) компонентов смеси с помощью автоматических или ручных дозаторов. Порции материалов по проектному составу направляют в бетоносмесители с принудительным или свободным (гравитационным) *перемешиванием*

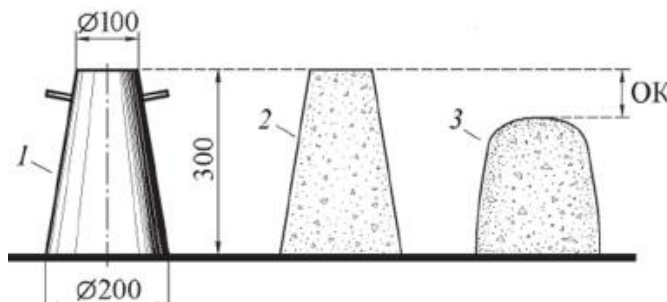
для получения из зернистых материалов однородной смеси. Однородность бетонной смеси – одно из важнейших к ней требований.

После перемешивания бетонную смесь *транспортируют* (иногда на многокилометровые расстояния) к месту укладки. При этом очень важно, чтобы смесь сохранила свою однородность и не расслоилась во время перевозки. Транспортирование на большие расстояния целесообразнее всего осуществлять в автобетоносмесителе, продолжающем перемешивание бетонной смеси во время ее перевозки.

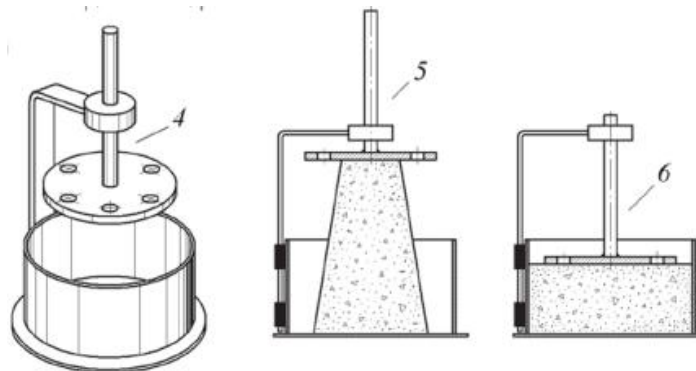
Формовочная способность бетонной смеси (удобоукладываемость) определяется такими показателями как подвижность и жесткость.

Подвижность отражает способность бетонной смеси, которой была придана определенная форма, например, правильного усеченного конуса, оседать или расплываться под влиянием собственной тяжести. Измеряют подвижность бетонной смеси величиной (в сантиметрах) осадки стандартного конуса – конуса Абрамса (рисунок 4.5, а). Если осадка конуса находится в пределах 2 - 4 см, смесь относят к *малоподвижным*, 4 - 12 см – к *подвижным*, более 12 см – к *текучим* (литым).

а)



б)



а – подвижности; б – жесткости;

1 – конус Абрамса; 2 – жесткая бетонная смесь $OK=0$; 3 – подвижная бетонная смесь $OK>0$; 4 – прибор Вебе; 5 и 6 – начальный и конечный моменты испытаний

Рисунок 4.5 – Определение показателей бетонной смеси

При осадке конуса, равной нулю, смесь – *жесткая*. В этом случае ее удобоукладываемость оценивается с помощью специальных приборов для определения показателя жесткости (в секундах).

Жесткость бетонной смеси характеризуют продолжительностью вибрирования на стандартной виброплощадке (частота – 3000 колебаний в минуту, амплитуда колебаний – 0,5 мм), необходимой для выравнивания и уплотнения предварительно отформированного конуса бетонной смеси (рисунок 4.5, б). К особо жестким относят смеси при времени вибрации свыше 13 с., к жестким 5 - 12 с., к малоподвижным - менее 5 с.

Показатели подвижности и жесткости назначают с учетом характера изделия, средств уплотнения, густоты армирования и др. Регулирование указанных характеристик бетонной смеси достигается проектированием ее состава, а при необходимости – введением специальных пластифицированных и других добавок.

Основными составляющими технологии приготовления бетона, влияющими на качество бетонной конструкции являются *уплотнение и уход за бетоном*.

Наиболее распространенным способом уплотнения бетонной смеси является *вибрирование*. В процессе вибрирования частые колебания вибратора передаются всем частицам бетонной смеси. В результате снижаются силы внутреннего трения, и бетонная смесь приобретает свойства тяжелой жидкости и способна легко заполнять форму. Эффективность виброуплотнения зависит от интенсивности и продолжительности вибрирования.

В свою очередь, интенсивность виброуплотнения зависит от амплитуды и частоты колебаний и вычисляется по формуле В.Н. Шмигальского:

$$U = 8\pi^3 \cdot a^2 \cdot f^3,$$

где U – интенсивность виброуплотнения, см²/с³;

a – амплитуда колебаний, мм;

f – частота колебаний, Гц.

Для каждой бетонной смеси существует своя оптимальная продолжительность вибрирования, превышение которой не дает прироста плотности и даже может привести к расслаиванию смеси. Виброуплотняют бетонную смесь стационарными или переносными (поверхностными, глубинными) вибромеханизмами различных типов.

Кроме вибрирования бетонной смеси имеются и другие эффективные методы ее уплотнения: прессование, центрифугирование, вакуумирование.

Прессование позволяет получать бетон особо высокой плотности и прочности при минимальном расходе цемента (100 – 150 кг/м³ бетона). Широкому распространению этого способа препятствуют экономические причины – интенсивное уплотнение начинается при прессующем давлении выше 10 – 15 МПа. Для уплотнения изделия на каждый 1 м² его поверхности следует принимать нагрузку 100000 – 150000 МПа, что исключает использование мощных прессов для уплотнения бетона крупноразмерных изделий. По этим причинам способ прессования применяется только при формировании штучных изделий небольшого размера, например, тротуарной плитки.

Центрифугирование осуществляет уплотнение бетонной смеси за счет центробежных сил, возникающих при вращении ее с большей скоростью.

Для этого бетонную смесь загружают в трубчатую форму, установленную на центрифуге, обеспечивающей скорость вращения от 600 до 1000 об/мин. Под действием центробежных сил бетонная смесь прижимается к внутренней поверхности формы, а вода, как более легкая составляющая, отжимается в центр формы и стекает. В результате из бетонной смеси удаляется до 20-30 % воды, что повышает плотность и позволяет получить высокопрочные бетоны марок 400 – 600, но при значительном расходе цемента (порядка 450 кг/м³). Методом центрифугирования формируют трубы, опоры линий электропередач, стойки под светильники.

Вакуумирование, осуществляемое разрежением до 0,07 – 0,08 МПа с использованием вакуум-насосов, обеспечивает удаление из бетонной смеси воздуха, вовлеченного при ее приготовлении и укладке, а также избыточной части воды. Освободившееся при этом место в смеси занимают твердые частицы, в результате чего увеличивается плотность и на 50 - 70% повышается прочность вакуумированного бетона. Однако толщина слоя, которая может быть вакуумирована, не превышает 120 – 150 мм. Вследствие этого, вакуумированию подвергают преимущественно массивные конструкции (плотины, шлюзы и т.д.) для придания их поверхностному слою повышенной плотности и прочности.

Твердение бетона и уход за ним. Приготовленный и уложенный в форму (опалубку) бетон набирает прочность постепенно, по мере твердения цементного камня. В начальный период (первые несколько суток) нарастание прочности происходит интенсивно, а далее постепенно замедляется. При этом скорость нарастания прочности зависит от температуры и влажности среды. Нормальными условиями для твердения цементного бетона считаются: температура 20 ± 2 °С и относительная влажность воздуха до 100%. В таких условиях под влиянием химических реакций минералы, из которых состоят цементные частицы, постепенно превращаются в новые стабильные образования – гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферриты кальция.

Состав мероприятий, обеспечивающих благоприятные условия твердения уплотненной бетонной смеси, а также способы, предохраняющие бетон от повреждения в раннем возрасте факторами окружающей среды, составляет систему ухода за твердеющим бетоном. Уход должен быть организован сразу после укладки и уплотнения бетонной смеси и прежде всего нужно защитить поверхность от высыхания.

Пока температура не превышает 20-25°С, бетону необходима лишь влага. Поэтому в первые две недели бетон поливают водой и закрывают от ветра рогожей или матами. Если же температура воздуха повышается выше 35°С, то уже необходимы дополнительные меры защиты.

Одним из эффективных методов ухода за свежеложенным бетоном в гидромелиоративном и дорожном строительстве является покрытие его поверхности пленкообразующими веществами (битумные эмульсии, латексы и др.). Наряду с этим, горизонтальные поверхности после схватывания бетона покрывают песком или опилками и периодически увлажняют.

Высокая температура (порядка 80-100°С) при обеспечении влажности

среды значительно ускоряет химические реакции в бетоне. С понижением температуры скорость химических реакций твердения замедляется. Бетон очень чувствителен к холоду на стадии его раннего твердения. Так, например, при снижении температуры с 20°C до 5°C схватывание бетона замедляется в 2-5 раза, а скорость нарастания прочности снижается на порядок.

При температуре ниже 0°C твердение прекращается полностью, так как вода в бетоне замерзает, и реакции твердения прекращаются из-за отсутствия свободной воды. Замерзая в бетоне, вода увеличивается в объеме примерно на 9%. В результате этого в порах бетона развивается большое давление, которое разрушает структуру еще не затвердевшего в достаточной мере бетона.

При оттаивании бетона замерзшая свободная вода снова превращается в жидкость и твердение бетона возобновляется. В нем происходят те же процессы, что и до замораживания, но уже при изменившейся поврежденной структуре. Поэтому такой бетон предохраняют от замерзания до срока, необходимого для приобретения им 30-50% проектной прочности.

Внутренний запас тепла в бетонной смеси создают путем подогрева воды, песка и щебня или гравия, чтобы температура бетонной смеси на выходе из бетономешалки не превышала 30°C, так как при более высокой температуре смесь быстро густеет и теряет удобоукладываемость. Подогретую бетонную смесь защищают от охлаждения во время транспортировки к месту укладки, используя обогреваемые или утепленные средства транспортировки. На месте зимнего бетонирования конструкций бетонную смесь укладывают в утепленную опалубку и укрывают отформованные изделия сверху теплоизоляционным материалом (опилками, шлаком, камышитом и др.). Этот способ зимнего бетонирования называется «термос». Он особенно эффективен при бетонировании массивных конструкций при отношении площади охлаждающейся поверхности к объему (модуль поверхности) не более 6.

При зимнем бетонировании тонких конструкций свежееуплотненную бетонную смесь подогревают снаружи паром или электрическим током.

При бетонировании в зимних условиях конструкций с большой поверхностью охлаждения (покрытия дорог, облицовки каналов и т.д.) в бетонную смесь вводят специальные противоморозные добавки, понижающие температуру замерзания воды и ускоряющие твердение бетона при отрицательных температурах. Такими добавками могут служить хлористый кальций, нитрит натрия, аммиачная вода и др. Бетонирование, не требующее подвода тепла для твердения на морозе, называется холодным.

4.3. Основные свойства тяжелого бетона и его применение в водохозяйственном строительстве

Тяжелый бетон – типичный представитель искусственных каменных материалов. В нем цементный камень, получаемый при отвердевании цементного теста, полностью окружает каждую частицу мелкого и крупного заполнителя и заполняет пространство, между этими частицами создавая непрерывную пространственную сетку или матрицу. В результате этого от-

дельные зерна заполнителя оказываются сцементированными в общий монолит. В монолите 20-30% объема занимает цементный камень, а 70-80% приходится на долю заполнителей.

В значительной мере структура бетона по свойствам неоднородна, так как неоднородны составляющие ее компоненты (щебень, песок, цементный камень). Для тяжелых бетонов характерен широкий диапазон показателей прочности при сжатии от 5 до 80 МПа (проектные марки М50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700 и 800).

Бетон называют **высокопрочным**, если его марка выше 600. В настоящее время за счет использования вяжущих повышенной активности возможно получение бетона с пределом прочности при сжатии 100 МПа и выше.

Прочность бетона на растяжение составляет 6–10 %, а при изгибе – 10-16% от предела прочности при сжатии.

Бетон имеет малую прочность на растяжение, поэтому происходит разрыв бетона от поперечных растягивающих напряжений – трещинообразование (рисунок 4.6).

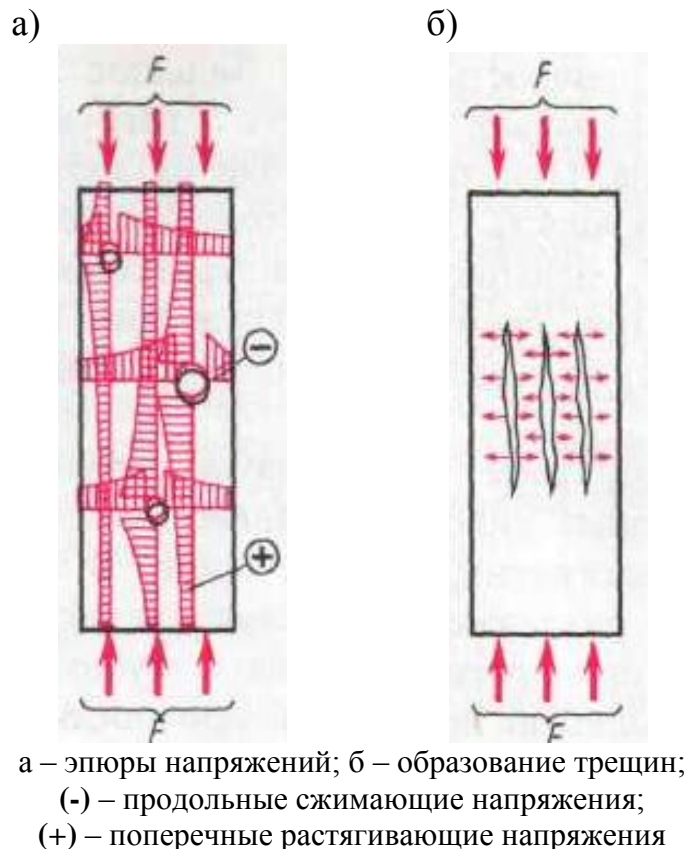


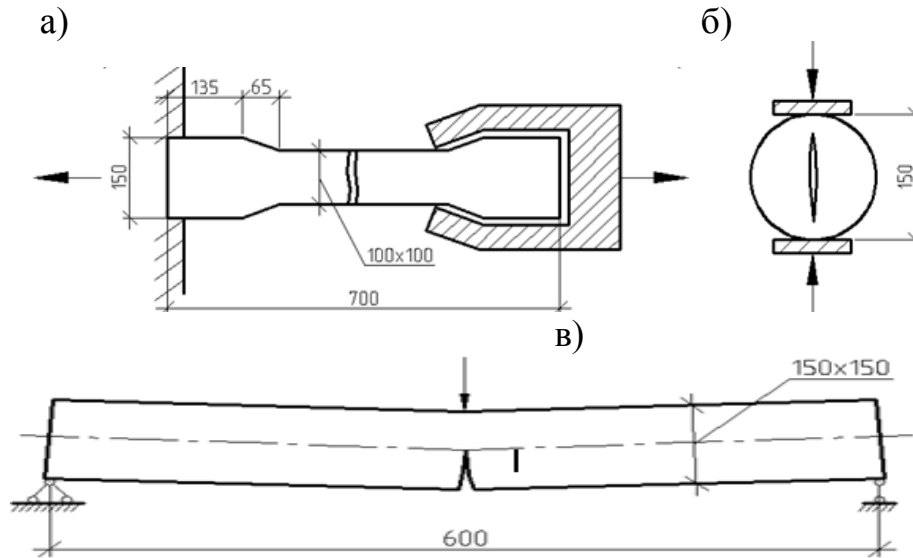
Рисунок 4.6 – Схема работы бетона при сжатии

Деформации бетона при приложении нагрузки зависят от его состава, свойств составляющих материалов и других факторов. Важными для расчета конструкций и оценки их поведения под нагрузкой являются величины предельных деформаций, при которых начинается разрушение бетона.

Прочность бетона при растяжении. Временное сопротивление бетона

осевому растяжению R_{bt} определяют испытаниями (рисунок 4.7):

- на разрыв – образцов в виде восьмерки;
- на раскалывание – образцов в виде цилиндров;
- на изгиб – бетонных балок.

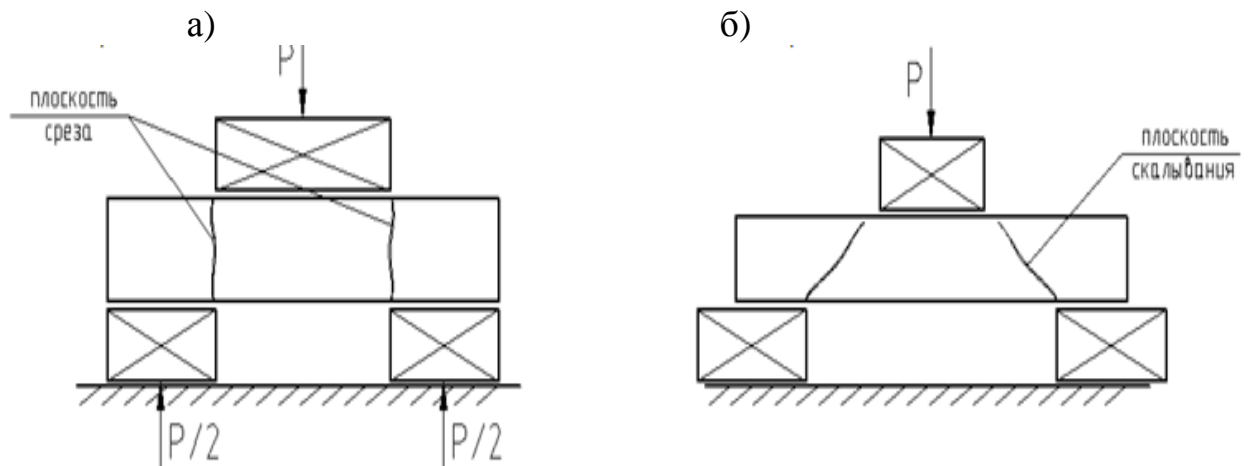


а – на разрыв; б – на раскалывание; и – на изгиб

Рисунок 4.7 – Схемы испытаний образцов бетона

Класс бетона по прочности на осевое растяжение B_t устанавливают с доверительной вероятностью 0,95 в пределах $B_t 0,8 \div B_t 3,2$.

Прочность бетона на срез и скалывание. Срез – разделение элемента на 2 части по сечению, к которому приложены перерезывающие силы (рисунок 4.8, а). Временное сопротивление бетона на срез: $R_{sh} = 2R_{bt}$. Скалывание (рисунок 4.8, б) возникает при изгибе балок до появления в них наклонных трещин: $R_s = (1,5 - 2)R_{bt}$.



а – на срез; б – на скалывание;

Рисунок 4.8 – Схемы испытаний образцов бетона

Характеристики деформаций определяются, исходя из класса и марки, плотности и технологических показателей бетона. Полные деформации бетона складываются из упругих и пластических деформаций: $\varepsilon_b = \varepsilon_e + \varepsilon_{pl}$. По мере возрастания напряжений доля пластической деформации возрастает, поэтому диаграмма зависимости $\sigma - \varepsilon$ имеет криволинейный характер (рисунок 4.9).

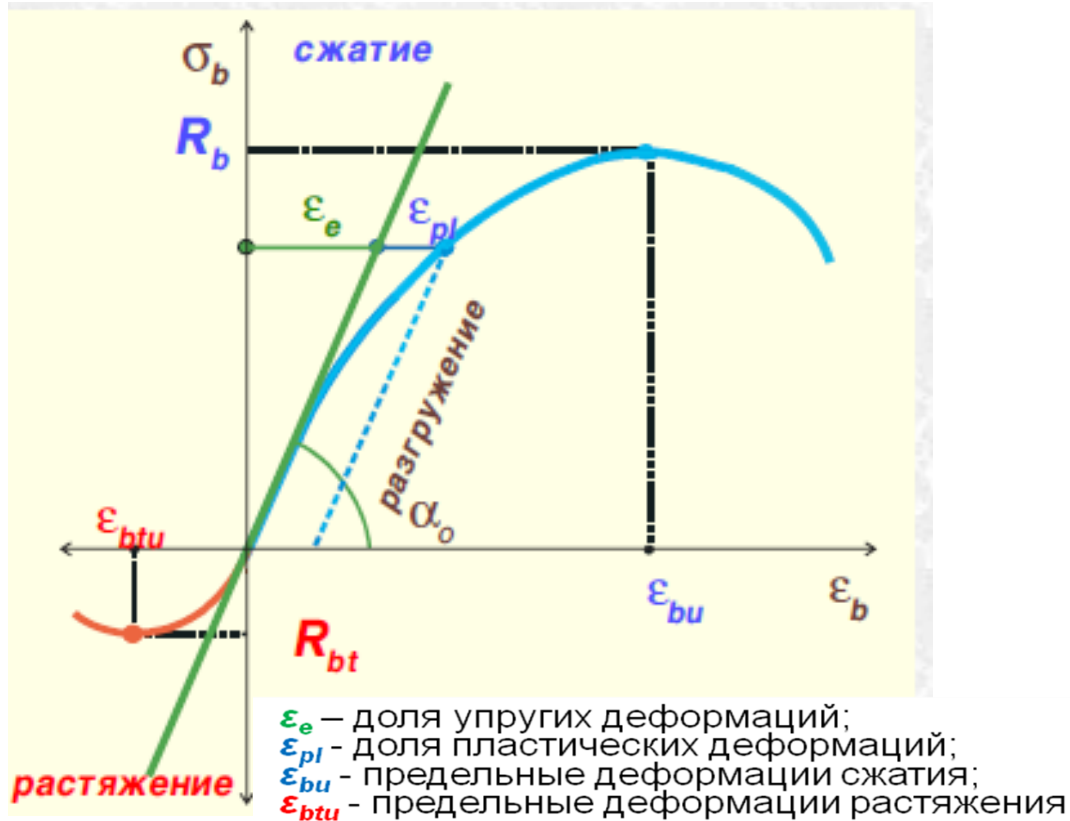


Рисунок 4.9 – Диаграмм работы бетона под нагрузкой

Пониженную прочность бетона при длительном действии нагрузок учитывают **коэффициентом условий работы бетона**, который практически во всех случаях расчета железобетонных конструкций, если не оговорены другие условия нагружения, принимается равным $\gamma_{b1} = 0,9$.

Из деформативных свойств бетона особо следует выделить *ползучесть*, под которой понимают способность деформироваться во времени при длительном действии постоянной сжимающей, растягивающей или другой нагрузки. Ползучесть бетона зависит в значительной мере от пластических свойств цементного камня и ряда других причин.

Усадкой называется свойство бетона уменьшаться в объеме при твердении в обычной воздушной среде. Она связана с уменьшением объема цементного геля, потерей избыточной воды в результате испарения и гидратации с непрореагировавшими частицами цемента.

Усадка идет неравномерно, т.к.:

– препятствуют заполнители, которые становятся внутренними связями, вызывающими в цементном камне начальные растягивающие напряжения;

– высыхание бетона, снаружи больше, а внутри меньше, при этом открытые, быстро высыхающие слои бетона испытывают растяжение, т.к. внутренние более влажные слои препятствуют укорочению всего сечения. В бетоне появляются *усадочные трещины*.

Уменьшить начальные усадочные напряжения можно:

– конструктивными мерами (армирование, устройство усадочных швов);

– технологическими мерами (подбор состава, увлажнение среды, увлажнение поверхности бетона).

Физические свойства бетона опосредованно влияют на несущую способность, поэтому должны учитываться при проектировании в зависимости от условий эксплуатации конструкций: низкие или высокие температуры, агрессивная среда, подводная среда и пр.

Важнейшей физической характеристикой бетона для многих видов конструкций является его *морозостойкость*, под которой понимают способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание. Основной причиной, вызывающей разрушение бетона в этих условиях, является давление на стенки пор и устья микротрещин, создаваемое замораживающей водой. При замораживании вода увеличивается в объеме более, чем на 9%. Повторяемость замораживания и оттаивания приводит к постепенному разупрочнению структуры бетона и к его разрушению.

По морозостойкости бетон подразделяют на марки F 15 ÷ 1500. Не выдержавшими установленного маркой числа циклов замораживания при температуре $-15(-20)$ °С и оттаивания при температуре $+20$ °С считаются бетонные образцы, которые теряют в процессе испытаний более 15 % прочности на сжатие и более 5 % по массе от ее первоначального значения (для дорожных бетонов).

Существует два направления повышения морозостойкости бетона:

– повышение плотности бетона, уменьшение объема крупных пор и их проницаемости для воды, например, за счет снижения В/Ц, применения гидрофобизирующих добавок, пропитки бетона специальными составами, колматирующими поры;

– создание в бетоне с помощью специальных воздухововлекающих или микрогазообразующих добавок резервного объема воздушных пор (более 20 % от объема замерзающей воды), не заполняемых при обычном водонасыщении бетона, но доступных для проникания воды под давлением, возникающим при ее замерзании.

Огнестойкость – способность бетона сохранять прочность при пожаре ($1000 - 1100$ °С), т. к. бетон более огнестойкий материал, чем сталь, то повышение огнестойкости железобетонных конструкций достигают увеличением защитного слоя бетона до 3 – 4 см.

Коррозионная стойкость – способность бетона не вступать в химическую реакцию с окружающей средой.

Для бетона гидротехнических и многих других сооружений важной ха-

рактической является его **проницаемость**. Она также в определенной мере определяет способность материала сопротивляться воздействию увлажнения и замерзания, влиянию атмосферных факторов и агрессивных сред.

Водопроницаемость бетона зависит от его пористости, структуры пор и свойств вяжущего и заполнителей. Мелкие поры и капилляры размером менее 10^{-5} см практически не проницаемы для воды (микропоры).

Микропоры и капилляры размером более 10^{-5} см доступны для фильтрации воды. Объем макропор в бетоне колеблется от 0 до 40% его объема. Макропористость бетона уменьшается при понижении В/Ц, увеличении степени гидратации цемента в процессе его твердения, применении химических добавок, уплотняющих структуру бетона.

Плотные бетоны обычно не фильтруют воду, поэтому для их оценки используют понятие – марка водонепроницаемости. Оценка водонепроницаемости производится путем создания напора воды на бетонный образец цилиндрической формы толщиной 15 см при задаваемых ступенями гидростатических давлениях, выражаемых в Па от $2 \cdot 10^5$ до $12 \cdot 10^5$. Установлены следующие марки по водонепроницаемости: В2 ÷ В20.

Гидротехнический бетон для водохозяйственного строительства. Гидротехническим называют бетон, применяемый для возведения сооружений или отдельных их частей, постоянно или периодически омываемых водой. Гидротехнический бетон является разновидностью плотных тяжелых цементных бетонов, обладающих свойствами, обеспечивающими длительную службу конструкций в указанных выше условиях. Поэтому в зависимости от конструктивных условий службы к гидротехническому бетону предъявляют помимо требований по прочности также требования по водонепроницаемости, а нередко и по морозостойкости.

В зависимости от характера конструкции и условия ее работы гидротехнический бетон делится на разновидности:

- подводный, находящийся постоянно в воде;
- расположенный в зоне переменного уровня воды;
- надводный, находящийся выше зоны переменного уровня воды, эпизодически омываемый водой;
- расположенный во внутренних частях массивных сооружений.

По пределу прочности при сжатии в возрасте 180 суток нормального твердения гидротехнический бетон делят на марки **75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500** (восемь классов по прочности от В5 до В40).

По морозостойкости гидротехнический бетон характеризуется семью марками от **F50** до **F500**, устанавливаемыми по количеству стандартных циклов попеременного замораживания и оттаивания бетонных образцов в возрасте 28 суток нормального твердения.

По водонепроницаемости в возрасте 180 суток гидротехнический бетон делят на четыре марки: **В2, В4, В6** и **В8** (стандартные образцы выдерживают соответственно давление воды 2,4,6 и 8 атмосфер или 0,2; 0,4; 0,6 и 0,8 МПа).

Требования по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости гидротехнического бетона дифференцированы в зависимости от условий его

работы в конструкции. Особенно высокие показатели качества нормируют для бетонов, предназначенных для конструкций и сооружений в зонах переменного уровня воды.

В связи с тем, что гидротехнический бетон находится в специфических, эксплуатационных условиях, к материалам для его приготовления предъявляются особые требования.

Заполнители для гидротехнического бетона должны удовлетворять более высоким требованиям, чем для обычного бетона. Лучше всего применять природные кварцевые пески, а щебень или гравий – из изверженных или осадочных пород, водостойкость и морозостойкость которых подтверждены соответствующими испытаниями. Содержание глинистых, илистых и пылевидных примесей в заполнителях для гидротехнического бетона не должно превышать 1-2 %. Заполнители необходимо проверить на содержание органических примесей: если они дают при испытании окраску темнее эталона, то песок следует проверить испытаниями в растворе, а крупные заполнители – в бетоне. Содержание сернистых и сернистых соединений в пересчете на SO_3 допускается не более 1 % (по массе) для песка и 0,5 % для щебня.

В качестве крупного заполнителя для гидротехнического бетона должны применяться гравий или щебень из гравия, или смесь гравия и щебня с показателем средней плотности не менее $2,4 \text{ т/м}^3$, с пределом прочности при сжатии в насыщенном водой состоянии исходной горной породы не менее 250-300% требуемой марки бетона. Содержание игловатых и лещадных зерен - не более 15% по массе. Прочность изверженных горных пород, подлежащих дроблению на щебень, для бетона конструкций зоны переменного уровня воды должна быть не менее 100 МПа.

Вода, применяемая для затворения бетонной смеси, не должна содержать вредных примесей, препятствующих нормальному схватыванию и твердению цемента. Не разрешается применять для затворения смеси и поливки гидротехнического бетона воду с водородным показателем pH менее 4 и более 12.5, а также при содержании сульфатов в расчете на SO_3 более 0,27%.

При выборе В/Ц – отношения принимают во внимание требования к прочности, водонепроницаемости и морозостойкости гидротехнического бетона. Расход цемента в гидротехническом бетоне должен быть больше минимальных значений, обеспечивающих нерасслаиваемость бетонной смеси, и в то же время по условиям тепловыделения его не должно быть более 350 кг/м^3 для массивных конструкций и 400 кг/м^3 - для немассивных.

Очень важен выбор вида цемента с учетом условий работы гидротехнического бетона.

Для подводных частей гидротехнических сооружений целесообразно применять пуццолановый портландцемент или шлакопортландцемент, которые при сравнительно низкой морозостойкости достаточно водостойки и низкоэкзотермичны, а также повышенные требования по прочности (не ниже **В20**), морозостойкости (не ниже **F300**), водонепроницаемости (не ниже **В6**). Эти требования обеспечиваются использованием гидрофобного или пластифицированного портландцемента. При наличии в воде агрессивных агентов

применяют сульфатостойкий цемент.

В условия эксплуатации гидротехнического бетона в зоне переменного уровня воды целесообразно использовать глиноземистый цемент, если позволяют экономические возможности, или же сульфатостойкий портландцемент с гидрофобными добавками для повышения его морозостойкости.

Бетон внутренних частей гидротехнических сооружений защищен от внешних механических и агрессивных воздействий слоями подводного и надводного гидротехнического бетона. Поэтому к нему могут быть снижены требования по прочности, водостойкости, морозостойкости и водонепроницаемости. Для уменьшения тепловыделения и температурных деформаций бетона внутренних частей массивных гидротехнических сооружений используют пуццолановый портландцемент, шлакопортландцемент и другие портландцементы с активными минеральными добавками или с минеральными микронаполнителями, снижающими экзотермию цемента.

Для всех разновидностей гидротехнического бетона бетонную смесь необходимо укладывать с максимальным уплотнением. За твердеющим бетоном нужно обеспечить тщательный уход, а также создать влажностный и температурный режимы, предотвращающие неравномерные объемные деформации конструкции, снижающие долговечность сооружения.

4.4. Железобетон. Обычный и предварительно напряженный железобетон

Железобетон – композитный строительный материал, для производства которого используется сталь и бетон - заранее подготовленный железный каркас (арматура) заливается бетонным раствором, после его затвердевания получается железобетон, обладающий прочностью стали и стойкостью к факторам окружающей среды бетона, компенсируя при этом их недостатки, в частности стойкостью к сжатию и растяжению.

Различают виды железобетона по нескольким признакам.

По технологии изготовления:

- монолитный, создается на месте ведения строительных работ;
- сборный, производится в цеху, не на месте строительства, после достижения готовности, транспортируется к месту сборки;
- сборно-монолитный, как правило, несущее основание конструкции заливается на месте, а его верхняя часть собирается из элементов, заранее изготовленных промышленным способом.

По способу армирования:

- обычный;
- предварительно напряженный.

Являясь уникальным строительным материалом, железобетон обладает рядом достоинств и недостатков.

Достоинства:

- прочность и износостойкость;
- самоуплотняемость, со временем становится прочнее;

- стойкость к нагрузкам;
- долговечность;
- пожаростойкость;
- химическая нейтральность;
- технологичность (изделия любой формы, цвета и др.);
- сравнительно небольшая стоимость.

Недостатки:

- по сравнению с чистым металлом ниже прочность;
- длительность производства изделий и элементов;
- значительный вес, даже использование легких бетонов не позволяет существенно снизить вес изделий;
- вероятность появления трещин после усадки, которые влияют на свойства и долговечность изделия;
- низкий уровень тепло- и звукоизоляции;
- плохая воздухопроницаемость, требуется система вентиляции, при длительном пребывании в здании людей.

Принцип предварительно-напряженного бетона основан на том, чтобы в бетоне под нагрузкой создать сжатие там, где под нагрузкой должно было бы возникнуть растяжение.

Виды предварительно напряженного железобетона. В отечественной практике различаются два вида предварительного напряжения, которые называются преднапряжением на бетон и преднапряжением на упоры.

Напряжение перед твердением бетона (напряжение на упоры). Этот метод требует особых приспособлений, таких, как, например, натяжной стенд. Натяжным стендом называется установка, которая состоит из двух стационарных упоров и натягающего домкрата (рисунок 4.10).



Рисунок 4.10 – Предварительное напряжение на стенде

Натягаемые элементы или натягаемая проволока вместе с ненапрягаемой арматурой устанавливаются в опалубку и натягаются. Они располагаются, как правило, прямолинейно. После этого можно производить бетонирование, причем между бетоном и натягаемым элементом возникает непосредственная связь. Бетон должен соответствовать классу прочности не менее С30/37. После твердения бетона и набора расчетной прочности анкеровка

напрягаемых элементов освобождается, при этом напрягающее усилие передается бетону. Этот метод применяется на бетонных заводах для серийного производства балок. Он называется также напряжением на стенде с немедленной связью.

Напряжение после твердения бетона с последующей связью (напряжение на бетон). Этот метод применяется, как правило, для изготовления предварительно напряженных конструкций на строительной площадке. Напрягающие элементы прокладываются в специальных трубах, служащих каналами скольжения (рисунок 4.11).



Рисунок 4.11 – Предварительное напряжение с последующей связью (на бетон)

После этого можно бетонировать, причем бетон должен соответствовать классу прочности не менее С25/30. Способ работы при установке напрягающих элементов зависит от условий на стройплощадке и от положения напрягающего элемента. Более короткие напрягающие элементы могут устанавливаться вместе с ненапрягаемой арматурой, а длинные напрягающие элементы устанавливаются после установки ненапрягаемой арматуры.

Кроме того, имеется возможность напрягаемую арматуру заводить в забетонированные каналы после твердения бетона. При этом говорят о подключении напрягаемой арматуры. Когда бетон достигнет определенной прочности, напрягающие элементы с помощью гидравлических прессов натягиваются и затем закрепляются. После напряжения и закрепления на бетоне кожуховая труба канала запрессовывается раствором. При этом возникает связь между бетоном и напрягающим элементом.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой бетон и как его классифицируют?
2. Важнейшие свойства бетонной смеси и основы технологии бетона.
3. Основные строительно-технологические свойства бетона.
4. Какими механическими свойствами обладает бетон?
5. Перечислите физические свойства бетона.
6. Назовите основные классы и марки бетона.
7. Области применения разновидностей гидротехнического бетона.
8. По каким признакам различают железобетон?
9. Приведите методы предварительного напряжения железобетона.

ЛЕКЦИЯ 5. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ. СТЕКЛО

План лекции.

- 5.1. Классификация, основные свойства керамических материалов и изделий.
- 5.2. Сырьё и основные свойства глин.
- 5.3. Технологии производства керамических изделий.
- 5.4. Стеновые и отделочные керамические материалы. Спецкерамика.
- 5.5. Кровельные материалы (черепица).
- 5.6. Стекло и ситаллы.

5.1. Классификация, основные свойства керамических материалов и изделий

В настоящее время керамические материалы являются одними из самых востребованных в строительстве наряду с вяжущими веществами, растворами, бетонами и железобетоном.

Термин «керамика» происходит от слова «керамейя», которым в Древней Греции называли искусство изготовления изделий из глины. Керамические материалы – самые древние из всех искусственных каменных материалов. Черепки грубых горшечных изделий находят на месте поселений, относящихся к каменному веку. Возраст керамического кирпича, как строительного материала, составляет более 5000 лет.

В современном строительстве керамические материалы и изделия применяют почти во всех конструктивных элементах зданий. Богатство эстетических возможностей керамики обеспечили ей видное место в отделке фасадов зданий и внутренних помещений. Специальная керамика используется в химической и металлургической промышленности, электротехнике, радиоэлектронике и космической технике. Большое применение нашли керамические материалы и изделия в водохозяйственном строительстве.

В связи с большим разнообразием керамических материалов весьма важным является знание их классификации, основных свойств и рациональных условий использования.

Керамическими называются каменные материалы, получаемые из минерального сырья путем формования и обжига при высоких температурах (900-1300 °С).

Сырьевыми материалами для производства керамических изделий являются каолины и глины, применяемые в чистом виде, а чаще – в смеси с добавками (отощающими, порообразующими, плавнями, пластификаторами и др.). Под каолинами и глинами понимают природные водные алюмосиликаты с различными примесями, способные при замешивании с водой образовывать пластичное тесто, которое после обжига необратимо переходит в камнеподобное состояние.

Керамические строительные материалы в зависимости от их структуры разделяют **на две основные группы**: пористые и плотные. Пористые погло-

щают более 5% воды (по массе), в среднем их водопоглощение составляет 8-20% по массе или 14-36 % по объему. Пористую структуру имеют стеновые, кровельные и облицовочные материалы, а также стенки дренажных труб и др. Плотные поглощают менее 5% воды, чаще всего 1-4% по массе или 2-8% по объему. Плотную структуру имеют плитки для пола, дорожный кирпич, стенки канализационных труб и др.

По назначению керамические материалы и изделия делят на следующие виды:

1. *Стеновые* (кирпич, камни керамические, стеновые блоки и панели из кирпича).
2. Для *перекрытий* (пустотелые камни, балки, панели перекрытия и покрытия из керамических камней).
3. Для *облицовки фасадов зданий* (кирпич и керамические лицевые камни, фасадные плитки, ковровая керамика и др.).
4. Для *внутренней облицовки* (глазурованные плитки и фасонные детали к ним, плитки для полов).
5. *Кровельные* (глиняная черепица, пазовая штампованная и ленточная, плоская и волнистая ленточная и др.).
6. *Трубы* канализационные и дренажные.
7. *Санитарно-технические* (раковины, унитазы, смывные бачки и др.).
8. *Кислотоупорные* (кирпич, плитки, трубы).
9. *Дорожные* (кирпич, камни).
10. *Теплоизоляционные* (пористо-пустотелые кирпичи и камни, перлитокерамика и др.).
11. *Заполнители для легких бетонов* (керамзит, аглопорит).
12. *Огнеупорные* (кирпич и фасонные изделия).

Приведенная классификация показывает широкое распространение керамических материалов и изделий в строительстве.

Основными свойствами керамических материалов являются:

– **пористость** керамического черепка (пористых изделий). Обычно составляет 10-40%, она возрастает при введении в керамическую массу поробразующих добавок. Стремясь снизить плотность и теплопроводность, прибегают к созданию пустот в кирпиче и керамических камнях.

– **водопоглощение** характеризует пористость керамического черепка. Пористые керамические изделия имеют водопоглощение 6-20 % по массе, т.е. 12-40 % по объему. Водопоглощение плотных изделий гораздо меньше: 1-5 % по массе (2-10 % по объему).

– **теплопроводность** абсолютно плотного керамического черепка большая – 1,16 Вт/(м·°С). Воздушные поры и пустоты, создаваемые в керамических изделиях, снижают плотность и значительно уменьшают теплопроводность, так, например, снижение плотности стеновых керамических изделий с 1800 до 700 кг/м³ понижает их теплопроводность с 0,8 до 0,21 Вт/(м·°С). Соответственно уменьшается толщина наружной стены и материалоемкость ограждающих конструкций.

– **прочность** керамических материалов – прочность зависит от фазово-

го состава керамического черепка, пористости и наличия трещин. Марка стенового керамического изделия (кирпича и др.) по прочности обозначает предел прочности при сжатии, однако при установлении марки кирпича наряду с прочностью при сжатии учитывают показатель прочности при изгибе, поскольку кирпич в кладке подвергается изгибу. Изделия с пористым черепком выпускаются марок 75 – 300, а плотные изделия (дорожный кирпич и др.) – более высоких марок (400 – 1000).

Между прочностью керамического черепка R_c и его коэффициентом плотности $K_{пл}$ прослеживается зависимость в виде

$$R_c = R_o \cdot K_{пл},$$

где R_o – предел прочности при сжатии абсолютно плотного черепка;

$K_{пл}$ – коэффициент плотности; $K_{пл} = \rho_m / \rho$;

ρ_m и ρ – средняя и истинная плотность керамического черепка.

– **морозостойкость.** Марка по морозостойкости обозначает число циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое выдерживает керамическое изделие в насыщенном водой состоянии без признаков видимых повреждений (расслоение, шелушение, растрескивание, выкрашивание). Керамические изделия имеют марки по морозостойкости: 15, 25, 35, 50, 75, 100 в зависимости от своей структуры.

Керамический материал морозостоек, если в нем объем резервных пор достаточен для компенсации прироста объема замерзающей воды в «опасных» порах. К резервным относят открытые поры (диаметром больше 200 мкм), в которых капиллярное давление недостаточно для удержания воды, а также закрытые поры. «Опасные» поры удерживают воду, замерзающую при слабых морозах (- 10 °С).

– **паропроницаемость** стеновых керамических изделий способствует вентиляции помещений. Малая паропроницаемость нередко служит причиной отпотевания внутренней поверхности стен помещений с повышенной влажностью воздуха. Паропроницаемость зависит от пористости и характера пор. Например, коэффициент паропроницаемости фасадных плиток полусухого прессования с водопоглощением 8,5; 6,5 и 0,25 % соответственно равен 0,155; 0,0525 и 0,029 г/(м·ч·Па). Неодинаковая паропроницаемость слоев, из которых состоит наружная стена, вызывает накопление влаги. Так, фасадная облицовка стен глазурованными плитками может привести к накоплению влаги в контактном слое стена-плитка; последующее замерзание влаги вызывает отслоение облицовки.

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 сформованных изделий; обжига предварительно высушенных изделий.

В настоящее время керамические материалы и изделия вновь заняли достойное место в списке самых востребованных материалов, применяемых в различных сферах строительства, в т.ч. водохозяйственного.

5.2. Сырьё и основные свойства глин

Сырьевыми материалами для производства керамических изделий являются каолины и глины, применяемые в чистом виде, а чаще в смеси с добавками (отошающими, порообразующими, плавнями, пластификаторами и др.). Под каолинами и глинами понимают природные водные алюмосиликаты с различными примесями, способные при замешивании с водой образовывать пластичное тесто, которое после обжига необратимо переходит в камнеподобное состояние. В глинах могут быть примеси, снижающие температуру плавления: карбонат кальция, полевошпат. Камневидные включения карбоната кальция являются причиной появления "дутиков" и трещин в керамических изделиях, получившегося при обжиге. Часто встречающаяся примесь оксида железа придает глине привычную красную окраску. Окраски глин весьма разнообразны: от белой, коричневой, зеленой, серой до черной. Окраска глин зависит от примесей как минерального, так и органического происхождения, богатых углеродом.

Бентонитами называют высокодисперсные глинистые породы с преобладающим содержанием монтмориллонита. Содержание в них частиц размером меньше 0,001 мм достигает 85...90%. Трепелы и диатомиты, состоящие в основном из аморфного кремнезема, используют для изготовления теплоизоляционных изделий, строительного кирпича и камней.

Основными свойствами, характеризующими глины как материал для изготовления керамических изделий, являются:

Пластичность – свойство глины во влажном состоянии принимать под влиянием внешнего воздействия желаемую форму без образования разрывов и трещин и сохранять полученную форму после прекращения действия усилий. Пластичность обусловлена образованием тонких слоев воды между пластинчатыми частицами глины, способствующих набуханию глины и скольжению частиц друг относительно друга без потери связности. Степень пластичности зависит от гранулометрического, минерального состава глин, формы частиц, содержания примесей и количества воды. Чем больше в глине содержание мельчайших частиц (менее 0,005 мм), тем она пластичнее. Пластичность характеризуется числом пластичности Пл (разность влажностей, соответствующих пределу текучести глины и пределу раскатывания глиняного жгута). Для производства хороши умеренно пластичные глины (Пл = 7-15%). Малопластичные глины (тощие) с Пл < 7% плохо формуются, а средне- (Пл = 15-25%) и высокопластичные (Пл > 25%) глины дают большую усадку при сушке, растрескиваются и требуют отошения.

Связность (связующая способность глины) – способность глиняного теста связывать зерна непластичных материалов (песка, шамота и др.), а также образовывать при высыхании достаточно прочное изделие – сырец. Характеризуется степенью связности – усилием, необходимым для разъединения частиц глины.

Воздушная усадка – уменьшение размеров и объема сырца при его сушке за счет испарения свободной воды; она колеблется от 2 до 12% и мо-

жет быть уменьшена введением отошителей и поверхностно-активных веществ, сокращающих формовочную влажность глин.

Огневая усадка – изменение размеров и объема изделий в процессе обжига, обусловленное расплавлением легкоплавких составляющих глин и сближением частиц глины между собой, она составляет от 2 до 8 % и тем выше, чем больше температура обжига. Полная усадка равна сумме воздушной и огневой.

Огнеупорность – свойство глин (и изделий из них) выдерживать воздействие высоких температур, не деформируясь и не расплавляясь. По огнеупорности различают огнеупорные (не ниже 1580°C), тугоплавкие ($1350-1580^{\circ}\text{C}$) и легкоплавкие (ниже 1350°C) глины.

Спекаемость – свойство уплотняться при обжиге и образовывать камнеподобный черепок. Интервал между температурой начала спекания и температурой, при которой появляются первые признаки пережога, называется интервалом спекания. Чем он больше, тем легче управлять процессом обжига, тем меньше опасность деформаций изделий.

В процессе высокотемпературного обжига глина претерпевает глубокие физико-механические изменения. Сначала испаряется свободная вода (до 200°C), затем выгорают органические примеси ($300-400^{\circ}\text{C}$). При температуре $500-600^{\circ}\text{C}$ удаляется химически связанная вода из глинистых минералов, так из каолинита образуется безводный метакаолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, который при $700-800^{\circ}\text{C}$ разлагается на отдельные оксиды (образуется так называемый твердый раствор). С повышением температуры до 900°C и выше оксиды SiO_2 и Al_2O_3 вновь соединяются, но в других соотношениях, образуя новый искусственный минерал муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Муллит придает обожженному керамическому черепку водостойкость, прочность, термическую стойкость. С его образованием глина необратимо переходит в камневидное состояние. Вместе с образованием муллита переходят в расплав легкоплавкие составляющие глины, которые скрепляют кристаллы муллита, цементируют и упрочняют материал.

Обжиг кирпича и других пористых изделий обычно заканчивается при температуре $950-1050^{\circ}\text{C}$. Дальнейшее повышение температуры ведет к появлению пережога («железняк»), характеризующегося повышенной плотностью изделий, темным фиолетово-бурым цветом, иногда оплавленной поверхностью и деформированием изделий. Соответственно недожог характеризуется незавершенностью процессов обжига, пониженной прочностью, водо- и морозостойкостью, изделия имеют алый оттенок.

Природные глины в чистом виде применяются редко, чаще – в смеси с **добавками различного назначения:**

– отошщающие добавки – шамот, дегидратированная глина, шлаки, золы, кварцевый песок, вводятся для понижения пластичности и уменьшения усадки глины при сушке и обжиге;

– порообразующие добавки вводятся для повышения пористости и уменьшения теплопроводности керамического черепка. По механизму порообразования добавки делятся на диссоциирующие с выделением газа – моло-

тые мел, доломит и выгорающие – древесные опилки, угольный порошок, торфяная пыль;

– пластифицирующие добавки – высокопластичные глины, бентониты, поверхностно-активные вещества, вводятся в тощие глины и повышают пластичность сырьевой смеси;

– плавни – полевые шпаты, железная руда, доломит, магнезит, тальк и др., понижают температуру спекания глин.

Для улучшения внешнего вида, а также повышения стойкости к внешним воздействиям изделия покрывают декоративным слоем – глазурью или ангобом. Глазурь – стекловидное покрытие различного цвета, прозрачное или непрозрачное (глухое). Сырьевую смесь в виде порошка или суспензии из кварцевого песка, каолина, полевого шпата, солей щелочных и щелочноземельных металлов наносят на изделие и закрепляют обжигом.

Ангоб – тонкий слой беложгущейся или цветной глины, наносимый тонким слоем на поверхность еще необожженного изделия. При обжиге образуется цветное покрытие с матовой поверхностью.

5.3. Технологии производства керамических изделий

Технологический цикл получения практически любых керамических изделий включает следующие этапы:

- добычи и подготовки сырья;
- получения пластичной массы;
- формирования изделий;
- сушки изделий;
- обжига изделий.

На рисунках 5.1 и 5.2 приведены технологические схемы производства керамической плитки, и керамического кирпича, из анализа которых легко убедиться, что основные этапы производства в обеих схемах совпадают.

Добыча глин осуществляется в карьерах, обычно вблизи от керамических заводов, поэтому карьерные работы можно считать частью производственного цикла керамики. Методы добычи глин определяются мощностью пласта и характером его залегания.

Недопустимо поступление в производство мерзлой глины, что приводит к браку, и вызывает необходимость утепления карьеров. Однако экономически целесообразно годовой запас глины обеспечивать в теплый период, поскольку длительное вылеживание замоченной глины и ее вымораживание способствует разрушению природной структуры, она дисперсируется на элементарные частицы, что повышает формовочные свойства глины.

В зависимости от свойств исходного сырья и вида изготавливаемой продукции подготовку глиняной массы осуществляют полусухим, пластическим и шликерным методами. По первому способу сырьевые материалы после предварительного дробления на вальцах сушат до остаточной влажности 6-8%, затем измельчают, просеивают, увлажняют (до влажности 8-10%) и перемешивают.

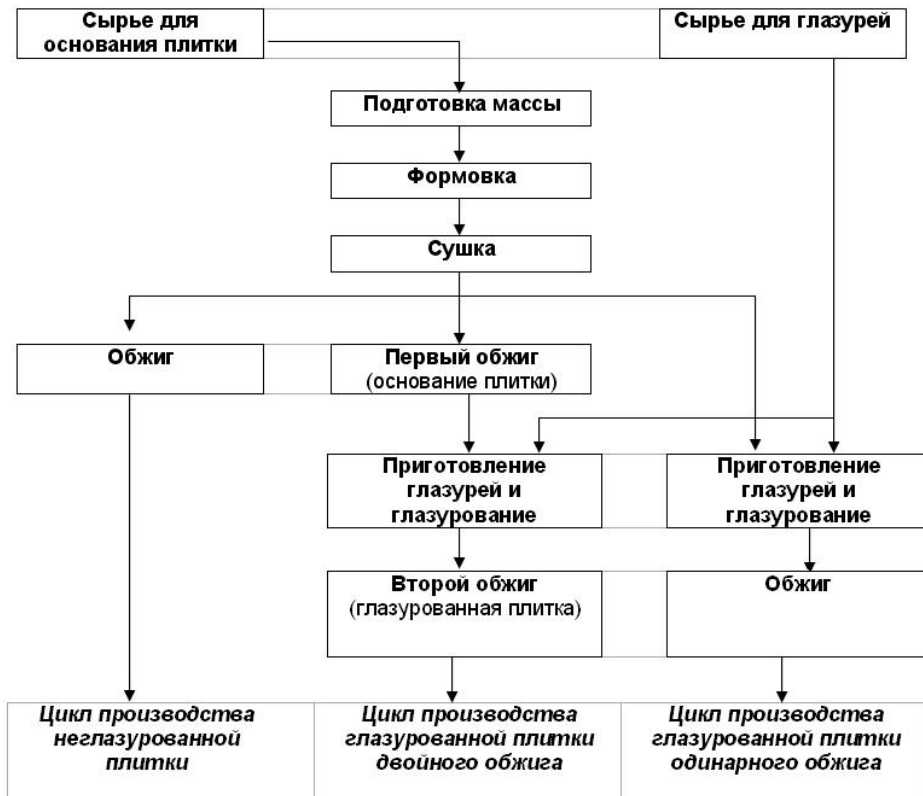


Рисунок 5.1. – Технологическая схема производства керамической плитки



Рисунок 5.2. – Технологическая схема производства керамического кирпича

При пластическом способе сырье дробят, тонко измельчают и увлажняют до получения однородной пластичной массы влажностью 18-22%. По шликерному способу высушенные сырьевые материалы измельчают в порошок и смешивают с водой до получения сметаноподобной однородной массы – шликера. Его используют для формования изделий методом литья.

Полусухой способ подготовки массы позволяет сократить энергетические затраты и время сушки (или вовсе без неё). При этом возрастают усилия прессования и пылевые выбросы. Данный метод реализуется преимущественно для плоских изделий простой формы (плитки для облицовки и полов).

Пластический метод позволяет получать изделия более сложной формы, чем первый. Он обеспечивает меньшие усилия прессования, чем при полусухом. Обязательным этапом в этом случае является сушка изделий перед спеканием. Этим методом изготавливается кирпич, черепица, трубы.

Шликерный способ позволяет получать изделия практически любой формы, но при этом требуется длительный этап сушки, при котором имеют место большие объемные изменения, которые часто приводят к нежелательным деформациям. Этот способ наиболее длителен и энергоемок, им производятся санитарно-технические изделия, декоративная керамика и др.

Сушка – ответственный этап технологии. В процессе сушки из формовки удаляется свободная влага. Изделие при этом дает усадку, называемую воздушной. Важно обеспечить такие условия, при которых скорость продвижения влаги от внутренних слоев к наружным не слишком разнилась бы со скоростью удаления влаги с поверхности. В противном случае наружные слои будут высыхать намного быстрее. В них будут появляться напряжения, способные привести к трещинообразованию. Поэтому сушка идет либо при комнатных температурах, либо при слабом нагреве и длительное время.

Обжиг – главная операция технологического процесса. Суммарные затраты на обжиг достигают 35-40% от себестоимости товарной продукции. При обжиге происходят химические и физические процессы, изменяющие состав и свойства материала (происходит формирование структуры). Максимальная температура спекания керамики достигает 1400°

При обжиге происходит сближение частиц массы стягивание их за счет образования жидкой фазы. Это приводит к появлению усадки, называемой огневой. Этот процесс при сильной интенсивности может сопровождаться растрескиванием. Поэтому нагрев и охлаждение при спекании проводят плавно, в соответствии с подобранной графикой. Для спекания применяют различные нагревательные агрегаты. Наибольшее распространение получили туннельные, поскольку они легче автоматизируются и обеспечивают более эффективное использование тепловой энергии.

5.4. Стеновые и отделочные керамические материалы.

Спецкерамика

Наружные стены здания в отличие от межкомнатных, постоянно подвергаются негативным внешним воздействиям. Поэтому крайне важно вы-

брать такой материал, который способен стойко противостоять ветрам, ливням и снегу, а также защитить здание от палящих солнечных лучей. Стеновые и облицовочные керамические материалы полностью отвечают всем вышеперечисленным и многим другим требованиям.

Стеновые керамические материалы изготавливают из легкоплавных глин с добавками или без них и применяются для кладки наружных и внутренних стен и других элементов зданий, для изготовления панелей и блоков.

В зависимости от размеров стеновые керамические кирпичи и камни подразделяются на виды: кирпич обыкновенный, утолщенный, модульный; камень обыкновенный, укрупненный с горизонтальным расположением пустот.

Основные свойства стеновых керамических материалов – это высокая морозостойкость и водопоглощение. Морозостойкость кирпича и камней составляет 15, 25, 35 и 50 циклов. Водопоглощение для полнотелого кирпича должно быть для марок до 150 не менее 8%, для полнотелого кирпича более высоких марок и пустотелых изделий — не менее 6%.

Существует три вида стеновых керамических материалов по плотности:

1. Обыкновенные – с плотностью более 1600 кг/м³;
2. Условно-эффективные – с плотностью не более 1400 – 1600 кг/м³;
3. Эффективные – с плотностью не более 1400 – 1450 кг/м³.

Керамические фасадные кирпичи, плиты, блоки.

Лицевые керамические кирпичи для стен выпускаются тех же форм и размеров, что и обычные, отличаются от обычных более высокой плотностью и однородностью цвета. Производятся на прочность марки 75, 100, 125 и 150, по морозостойкости – не менее 25 циклов. Регулируя состав сырья и режим обжига получают от белого, кремового до светло-красного и коричневого цветов.

Крупноразмерные облицовочные керамические плиты типа «плинк» выпускаются глазурированные и неглазурированные с гладкой, шероховатой, рифленой, одно- или многоцветной поверхностью. Плиты имеют водопоглощение менее 1% и морозостойкость 50 циклов и более. Изготавливаются квадратной или прямоугольной формы длиной 490, 990, 1190 мм, шириной 490 и 990 мм и толщиной 9-10 мм. Применяются для облицовки фасадов и цоколей зданий.

Керамические поризованные блоки – габаритные размеры блока 510x260x219 мм, средняя плотность составляет 800 кг/м³, прочность при сжатии 150 кг/см², коэффициент теплопроводности 0,18 Вт/мК.

Наличие в блоке пазогребневого стыка обеспечивает высокую теплозащиту, поскольку исключаются вертикальные растворные швы и образование мостиков холода, а также экономию раствора. Пустоты блока выполнены таким образом, чтобы свести к минимуму попадание в них раствора. Толщина такого материала для стен, как керамические блоки, составляет 219 мм. Это позволяет через каждые три ряда лицевого кирпича (65 мм + 12 мм + 65 мм + 12 мм + 65 мм) закладывать в шов анкер из нержавеющей стали, слу-

жащий связкой между облицовочным слоем и основной кладкой. Благодаря этому между обеими частями кладки возникает долговечная и прочная связь.

Стеновые керамические материалы.

Железобетонные перемычки, облицованные керамикой, служат для перекрытия дверных и оконных проемов. Перемычки состоят из элементов, — керамических кожухов, по размерам соответствующих рядовому кирпичу — 250 x 120 x 65 мм.

Для получения перемычки кожухи выкладывают в ряд на требуемую длину, армируют легкой арматурой диаметром 10-12 мм, в зависимости от предполагаемой нагрузки, и бетонируют массой класса В25. Таким образом, изготавливают изделия длиной 130—234 мм. Они выдерживают значительную нагрузку при изгибе и становятся в кладке несущими. Сразу после установки перемычки процесс кладки можно продолжить. Перемычки легко штукатурятся, но могут быть использованы как лицевые элементы. Цвет фасада получается однородным.

Камень керамический поризованный двойного формата при массе 4 кг имеет размеры 250x120x142 мм, плотность 950 кг/м³, водопоглощение 8,9%, теплопроводность, 0,35 Вт/м^{°С}, морозостойкость 75 циклов. Вес этого стенового керамического материала на 300 г легче обыкновенного кирпича. Камень выпускается марок М100, М125, М150, М200. Применяя поризованный камень, на каждом погонном метре стены экономится жилая дополнительная площадь 0,78 м², также снижаются расходы на отопление.

К *специальной керамике* относятся те строительные материалы и изделия из минеральных пород, которые после спекания и последующего остывания приобретают специфические, только им присущие свойства. Чтобы было более понятно, скажем так; кирпич и майсенский фарфор — это керамика, но с очень разными свойствами.

Специальная керамика по требованиям, предъявляемым к необходимым свойствам, подразделяется на множество видов, вот некоторые из них:

- огнеупорные материалы;
- кислотоупорные материалы;
- клинкерный кирпич;
- лекальный кирпич;
- санитарно-техническая керамика;
- ковровая керамика.

Свойства отдельных видов керамики. Многие производства требуют очень высоких температур, это повлекло за собой создание строительных материалов, в частности — керамики, стены печей из которых бы не плавилась. А в чём по-другому расплавишь металл или придашь стеклу текучесть? Наиболее подходящим сырьём для производства огнеупоров являются каолиновые и дианасовые глины.

К кислотоупорным материалам относится довольно широкий спектр изделий: кислотоупорные трубы, плитки, кирпичи, фасонные изделия (к примеру, декоративные вазы или панно). Они способны долго противостоять агрессивным средам, потому используются для полов, трубопроводов, футе-

ровки на химических предприятиях (и не только). Их главная особенность – минимальная пористость.

Клинкерный кирпич, используемый для отделки, прочен, эстетичен, долговечен. Производится из однородных, мелкофракционных глин, откуда экструдивно был удалён воздух. Дальше производилось спекание, но не до стекловидного расплава. Камин в интерьере, фасад и крыльцо в доме, дорожки во дворе – далеко не полный спектр его использования.

Лекальный кирпич – простой кирпич, но не в форме параллелепипеда, а клинообразный и (или) дугообразный, то есть с изогнутыми гранями. Служит он для возведения труб и для футеровки цилиндрических установок, где температура не поднимается выше 700°C.

К санитарно-технической керамике относятся унитазы, трубы, электроизоляторы, раковины и т.п. Её получают из беложгущихся глин. После обжига получают известные каждому изделия – фаянс, полуфарфор и фарфор. У фаянса довольно большие поры и глины не полностью спекаются, поэтому его всегда покрывают глазурью. Фарфор прочен, хотя и тоньше фаянса, полностью спекается и не имеет пор.

Ковровая керамика – это тонкостенная мелкая плитка, клееная на основу из крафт-бумаги. Она бывает разного цвета, с глазурью и без неё. Форма может быть любой: трапециевидной, треугольной, квадратной, ромбической и т.д. Ковровой плиткой отделывают кухни и санузлы, вестибюли и лестницы, даже наружные блоки и панели. Для последних нужно, чтобы морозостойкость была не менее 25 циклов. Применение для внутренней отделки ускоряют этот процесс.

5.5. Кровельные материалы (черепица)

Керамическая черепица характеризуется высокими потребительскими свойствами, основными из которых являются практичность и долговечность. Срок службы этого материала при условии правильной укладки может достигать 100 лет.

Керамическая черепица оптимально подходит для крыш с уклоном скатов не менее 22° (в зависимости от вида). Именно такой наклон обеспечивает хороший сток влаги без нарушения герметичности покрытия. При этом материал отличается предельно низким влагопоглощением, что обеспечивает высокие показатели морозостойкости – до 300 циклов замерзания/оттаивания.

Существует две основные технологии производства черепицы ленточная и технология штамповки.

Ленточный способ – это когда из глины делают ленту, которую затем разрезают на отдельные заготовки. Черепица, произведенная по такой технологии, имеет пазы вдоль плитки.

Штамповка – это способ, при котором используются специальные металлические формы, в которых глину прессуют и получают заготовки нужной формы. При такой технологии черепица получает пазы с двух сторон готовой плитки.

Керамическая черепица классифицируется по нескольким признакам.

По способу изготовления: штампованная; ленточная (разрезная).

По форме: гладкая; профилированная; желобчатая.

По виду профиля: низкопрофильная; S-образная; пазовая; романская; «бобровый хвост».

По размеру: малоформатная; крупноформатная.

По методу укладки: в один слой; в два слоя.

По типу поверхности: натуральная, с цветом обожжённой глины; ангобированная, с нанесением цветного покрытия; эдельангобированная, с заданной расцветкой и глянцевой поверхностью; глазурированная, с ярким, броским цветом и стекловидным покрытием.

Преимущества керамической черепицы:

- устойчивость к высоким и низким температурам;
- противодействие ультрафиолетовым лучам;
- медленно нагревается и остывает, приемлема для домов с мансардой;
- большой вес, мощное кровельное покрытие из керамической черепицы выдерживает сильные порывы ветра, проливные дожди и град, хорошо защищает от шума;
- долговечность, срок службы более 80 лет;
- минимальные расходы на обслуживание кровельного покрытия;
- привлекательный внешний вид.

Недостатки керамической черепицы:

- большой вес, характеристика как положительная, так и отрицательная
- при монтаже керамической черепицы следует учитывать, что стропила должны быть рассчитаны на нагрузку более 200 – 250 кг/м²;
- низкая герметичность – между стыками плиток в подкровельное пространство может попадать дождь или снег, поэтому необходимо предусматривать устройство гидроизоляции крыши;
- хрупкость – при транспортировке и монтаже обращаться осторожно;
- высокая стоимость.

Существует зависимость между видами черепицы и способами укладки. Если укладывается плоская черепица, то обычно делается большой перепад, и кладут в два слоя. Пазы по бокам плиток у волнообразной черепицы обеспечивают надёжное и водонепроницаемое соединение, расход же черепицы будет меньшим, чем у плоского варианта. Но эти два вида используются, в основном, на простых крышах, без всяких архитектурных изысков. Если крыша криволинейна или имеет коническую форму, используется "монах-монашка" (то есть желобчатая) или же "бобровый хвост". Любая черепица имеет уже готовые отверстия для крепления её к обрешётке.

5.6. Стекло и ситаллы

Стекло – твердый, прозрачный, аморфный неорганический полимер, получаемый при остывании расплава, состоящего из оксидов кремния, оксидов некоторых металлов и других химических элементов. Как правило, со-

временные промышленные стекла содержат не менее пяти компонентов, а специальные технические – более десяти.

Разнообразие свойств стекол обуславливает и разнообразие используемого сырья. Все сырьевые материалы, применяемые для варки стекла, делят на главные и вспомогательные. Первые вводят в состав шихты необходимые для данного стекла основные и кислотные оксиды, вторые придают стекломассе специфические свойства, облегчают ее варку и выработку.

Главные стеклообразующие оксиды вводят в состав шихты со следующими видами сырья: SiO_2 с кварцевыми песками или песчаниками; CaO и MgO – с известняками и доломитами; Al_2O_3 – с пигментом или полевым шпатом; Na_2O – с содой; Ca_2O – с поташом; V_2O_3 – с буром; P_2O_5 – с суриком и т. д. Основное требование, предъявляемое ко всем видам сырья – чистота и однородность по составу. Особенно жесткие требования предъявляют к чистоте кремнезёмсодержащего сырья, составляющего до 70% шихты.

К вспомогательным материалам относятся вещества, создающие восстановительную или окислительную среду в стекольной шихте и печной атмосфере, ускоряющей процессы стеклообразования и обесцвечивания стекломассы, и красители. В качестве восстановителя применяют антрацит и кокс, окислителей – нитраты натрия или калия, оксиды мышьяка и сурьмы. Ускоряют процесс стеклообразования добавкой сульфата натрия, кремнефтористого и фтористого натрия.

Стекло характеризуется следующими *свойствами*:

Плотность стекла составляют 2,5–2,7 г/см³. Предел прочности при сжатии стекол составляет от 700 до 1000 МПа и более, при растяжении – 30–60 МПа. Трещины, царапины снижают прочность при растяжении в 4–5 раз. Температура влияет на прочность стекла. Она минимальная при плюс 200 °С, максимальная при минус 200 °С и плюс 500 °С.

Для увеличения прочности стекла осуществляют закалку, травление, микрокристаллизацию, армирование, триплексование, покрывают поверхность пленками и др. Закалка отожженного стекла повышает прочность в 4–5 раза. При травлении плавиковой кислотой растворяется поверхностный слой, удаляются поверхностные дефекты и прочность повышается в 3–4 раза. Нанесение силиконовой пленки после травления повышает прочность стекла в 5–10 раз.

Хрупкость – главный недостаток стекла, оно плохо сопротивляется удару. Прочность при ударном изгибе обычного стекла составляет всего около 0,2 МПа. Хрупкость можно понизить увеличением в стекле оксидов V_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , а также закалкой, травлением кислотой. Закаленное стекло имеет ударную прочность 1–1,5 МПа.

Твердость стекла, т.е. прочность его при вдавливании, как и другие виды прочности, зависит от химического состава и состояния поверхности, находится в пределах 5÷7 по шкале Мооса. Наибольшую твердость имеет кварцевое стекло, меньшую стекла с большим содержанием щелочных оксидов. Наиболее мягкими являются многосвинцовые стекла.

Теплопроводность в зависимости от вида стекла составляет 0,5–1 Вт/

(м·°С). Температура начала размягчения стекла зависит от химического состава. Для строительных стекол она составляет 550–700 °С, кварцевое стекло размягчается при 1200–1500 °С.

Светопропускание (прозрачность) стекла – от 0 до 97 %, для оконного примерно 88 %. Оно измеряется коэффициентом пропускания $\tau_c = I/I_0$, т. е. равным отношению световой энергии, прошедшей через стекло, к световой энергии, вошедшей в него, (лм·с). Силикатные стекла хорошо пропускают всю видимую часть спектра и незначительную часть ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Изменяя химический состав стекол, можно получить солнцезащитные и теплозащитные стекла. Стекла с оксидами титана, свинца, хрома, сурьмы, трехвалентного железа и пр. поглощают ультрафиолетовые лучи. Fe^{2+} и Cr^{2+} поглощают инфракрасную область спектра.

Термическая устойчивость – способность стекла выдерживать, не разрушаясь, резкое изменение температуры. Термостойкость оконного стекла составляет 80–90 °С, оно плохо переносит резкое охлаждение. Высокую термостойкость имеет кварцевое стекло. Оно выдерживает резкий перепад температур до 1000 °С.

Коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) стекла, как и других твердых тел, зависят от температуры и обычно для определенного температурного интервала колеблется в очень широких пределах: от $5 \cdot 10^{-7}$ до $120 \cdot 10^{-7}$ 1/град (в интервале температур 15–100 °С). В наибольшей степени КЛТР растет под влиянием щелочных оксидов. Влияние оксидов II группы выражено слабее, а оксидов III группы является неоднозначным. В зависимости от состава стекла меняется координационное состояние элементов и приращение к.т.р. может меняться от положительных до отрицательных значений.

Звукоизолирующая способность стекла относительно высока. По этому показателю стекло толщиной 1 см соответствует кирпичной стене в полкирпича – 12 см.

Химическая стойкость стекла высокая, при воздействии воды, кислот, солей, щелочей. Его разрушает только плавиковая и фосфорная кислоты, а также горячие щелочи. Высокая стойкость силикатных стекол объясняется образованием защитного слоя из гелеобразной кремнекислоты разложением силикатов.

Красителями стекла являются соединения металлов растворимые в стекломассе или образующие в ней взвешенные микрочастицы металлов и их соединений.

Обязательным компонентом шихты является стекольный бой. Стекольную шихту готовят путем дозирования по заданному рецепту сырьевых материалов и тщательного их перемешивания. Смешение шихты производят в смесителях периодического действия: тарельчатых, барабанных, конусных.

Важнейшими стадиями процесса варки стекла являются силикатообразование, осветление, гомогенизация и студка стекломассы. Сущность каждой стадии сводится к следующему.

На *первой стадии силикатообразования* по мере нагревания шихты из

нее испаряется влага, обезвоживаются гидраты, термически разлагаются некоторые соли (например, нитраты). При 300-400⁰С в шихте начинается взаимодействие карбонатов и сульфатов с образованием двойных солей и легкоплавких эвтектик. При дальнейшем повышении температуры в реакции вступают песок и глиноземные материалы с образованием различных силикатов. Одновременно вследствие плавления некоторых солей и эвтектик в шихте появляется расплав, интенсифицирующий взаимодействие компонентов. Уже при температуре порядка 800⁰С взаимодействие компонентов шихты заканчивается, выделение газов прекращается. За счет жидкой фазы, образующейся при плавлении соды и эвтектических примесей, происходит спекание шихты. Однако значительная часть кремнезема (до 25%) остается в свободном состоянии. Для обычных натриево-кальциевых стекол стадия силикатообразования завершается при 800-900⁰С.

На второй стадии стеклообразования при повышенных температурах происходит плавление массы, избыточные зерна кварца и возникшие ранее силикаты растворяются в расплаве. К концу второй стадии при температуре 1100-1200⁰С шихта представлена прозрачной, но неоднородной по составу стекломассой, пронизанной множеством *газовых* пузырей.

На стадии осветления происходит удаление газов из *расплава*: крупные пузыри поднимаются на поверхность и *лопаются*, а мелкие растворяются в расплаве. Для обычных стекол осветление заканчивается при температуре 1400-1500⁰С.

Структура стекломассы в процессе варки очень неоднородна. Для выравнивания ее химического состава, ликвидации свиля и гетерогенных слоев стекломасса проходит стадию гомогенизации. В печах периодического действия она осуществляется перемешиванием стекломассы, в печах непрерывного действия – длительным выдерживанием ее в зоне высоких температур, а также бурлением стекломассы сжатым воздухом. Процессу гомогенизации способствует также перемешивание массы газовыми пузырями в процессе осветления. Осветление и гомогенизация – самые длительные стадии варки стекла.

Завершающая стадия процесса стекловарения – студка, заключается в повышении вязкости стекломассы до пределов, допускающих формирование изделий, за счет снижения температуры до 1000—1200 °С.

Для промышленных стекол, вырабатываемых механическими способами, стекломассу получают в непрерывно действующих стекловаренных ваннах печах, а для некоторых специальных видов стекол в печах периодического действия (горшковых или ваннных).

Производство строительного стекла состоит из следующих основных операций:

- **подготовка составляющих** материалов, которая заключается в сушке и очистке песка от посторонних примесей, дроблении и сушке мела, доломита и *помоле* угля;
- **приготовление шихты**, составляющие материалы дозируются, перемешиваются и расплавляется в специальных *печах непрерывного* (ваннные пе-

чи) или периодического (*горшковые* печи) действия;

– **варка стекла** производится при температуре 1100-1200°C до полного отделения всех примесей, которые собираются на поверхности в виде пены. В этот период происходит и обесцвечивание стекла путем введения специальных добавок, а также удаление пузырьков воздуха и газа;

– **формовка изделий и их отжиг** – из расплавленной массы с помощью машин вертикального или горизонтального типа вытягивают ленту стекла, которая проходит между валками машины, охлаждается и отжигается для снижения хрупкости.

Листовое стекло можно получить также способом литья с последующей прокаткой. Для этого стеклянную массу выливают на гладкую поверхность и прокатывают гладкими узорчатыми валками.

Материалы и изделия из стекольных расплавов.

Наибольшее распространение получили материалы и изделия из стекольных и расплавленных масс. Эти материалы в виде стекла со всеми его разновидностями, а также в виде стекольных изделий нашли широкое применение в строительстве, архитектуре, санитарной технике, пищевой, химической и других отраслях промышленности.

Обычное оконное листовое стекло является наиболее распространенным видом плоского стекла. Светопротускаемость оконного стекла в зависимости от толщины, которая составляет 2-6 мм, равна 85-90%. Исходным сырьем для получения строительного листового стекла служат кварцевые пески, сульфат натрия или кальцинированная сода, известняк, доломит, уголь и некоторые другие вещества.

Орнаментное стекло является разновидностью листового оконного стекла, получаемого способом литья. Это стекло имеет одну сторону гладкую, а другую – теснёную, узорчатую.

Армированное стекло получают методом непрерывного проката с одновременным закатыванием внутрь листа металлической сетки, может иметь гладкую или узорчатую поверхность, обладает повышенной огнестойкостью (до 1,3 ч.). При разрушении осколки удерживаются армированной сеткой. Светопротускаемость составляет не менее 60%. Применяют для остекления фонарей верхнего света, оконных переплетов, устройства перегородок, ограждения балконов, лестничных маршей и др.

Цветное армированное стекло получают из стекломассы, окрашенной в процессе варки оксидами металлов. Основные цвета – золотисто-желтый, зеленый, лилово-розовый, голубой. Применяют его для ограждения балконов, лоджий, лестниц, лифтовых шахт, устройства декоративных светопрозрачных плафонов и перегородок в жилых домах и санаториях, пансионатах, предприятиях общественного питания и торговли и др. зданиях.

Защитное стекло получают специальной термической обработкой (для повышения прочности и упругости); предназначено оно для остекления автотранспорта.

Солнце- и теплозащитное стекло изготавливают на машинах вертикального вытягивания путем аэрозольной обработки поверхности стекла спе-

циальными растворами. В зависимости от состава растворов и условий обработки можно получить стекла с неодинаковой степенью пропускания и отражения в различных частях спектра, применяют для остекления зданий и средств транспорта с целью уменьшения солнечной и тепловой радиации.

Увиолевое стекло получают из сырья с минимальным содержанием примесей оксидов железа, титана, хрома. Оно пропускает не менее 25 % ультрафиолетовых лучей. Применяется для остекления лечебных, детских учреждений, оранжерей и др.

«Витрасил» – стекло, обладающее способностью рассеивать свет по всему помещению, не оказывает слепящего действия и не вызывает утомления у человека, а также является также хорошим тепло- звукоизолятором.

Облицовочное стекло применяют для облицовки панелей, стен жилых и общественных зданий. Это стекло устойчиво атмосферным влияниям и гигиенично.

Профильное строительное стекло представляет собой элементы швеллерного и коробочного сечения, формируемые на горизонтальных прокатных установках в виде бесконечной ленты, разрезаемой затем на отрезки длиной до 6000 мм. Используют для светопрозрачных ограждений и самонесущих стен в промышленном, гражданском и сельскохозяйственном строительстве, для устройства внутренних перегородок и прозрачных плоских кровель в различных типах зданий, в виде крупноформатных панелей. Стекло устойчиво против воздействия концентрированных кислот, щелочей и влаги. Выпускают бесцветным и цветным, неармированным и армированным стальной проволокой. Оно характеризуется повышенной огнестойкостью и безопасностью при разрушении.

Стекланные блоки представляют собой полые, пропускающие свет изделия с разнообразной фактурой внутренней или наружной поверхности. В зависимости от профиля и размера стенок блока изменяется интенсивность и направленность световых лучей, а также создается равномерное освещение отдельных участков и больших площадей в здании. В зависимости от требований к светоосвещению через светопроемы могут использоваться стеклоблоки светорассеивающие, прозрачные и светонаправляющие, в фасадах промышленных зданий, для освещения лестничных клеток гражданских зданий и разного рода складских помещений, требующих верхнего света, а также в архитектурно-деловых целях. Применяют в цехах с агрессивной средой, а также с необходимостью создания постоянных климатических условий.

Стеклопакеты представляют собой два или несколько листов стекла, герметично соединенных между собой по периметру. Между стеклами имеется полость, заполненная сухим воздухом. Стеклопакеты изготавливают из оконного, витринного, армированного, узорчатого и других стекол толщиной 2-8 мм. Стеклопакеты выдерживают большую ветровую нагрузку, чем отдельные стекла той же толщины, при остеклении упрощается конструкция оконных проемов, увеличивается световая площадь, и снижаются тепловые потери. Применяется в промышленных, гражданских и общественных зданиях.

Стемалит представляет собой закаленное листовое стекло различной

фактуры, покрытое одной стороны глухими керамическими красками различных цветов. Стемалит изготавливают из неполированного витринного или прокатного стекла толщиной 6-12 мм, который отличается высокой устойчивостью атмосферным воздействиям, постоянством цвета, прочностью, термической стойкостью. Стемалит предназначен для наружной и внутренней облицовки зданий, изготовления многослойных панелей, устройства перегородок, а также ограничений лестничных маршей и балконов.

Стевит – изделие, состоящее из двух, герметически соединенных по периметру с помощью герметика и окантованных водостойкой эластичной лентой, между которой заключена светорассеивающая прокладка из стекловолоконного нетканого холста. Применяют для заполнения оконных проемов, остекления фонарей верхнего света, а также для устройства светопропускающих перегородок в зданиях промышленных предприятий, торговли, общественного питания, в лечебных и учебных заведениях, библиотеках, музеях, где требуется светорассеивающее остекление, исключающее сквозную видимость и уменьшающее солнечную радиацию.

Дверные полотна изготавливают из листового, подвергнутого закалке стекла. Стекланные полотна для дверей представляют собой листы утолщенного полированного, неполированного, прокатного узорчатого стекла с обработанными кромками. Выпускают бесцветные, с полированной и неполированной поверхностью, а также цветные и бесцветные светорассеивающие с узорчатой или кововой поверхностью. Бесцветные полотна применяют для наружных и внутренних дверей в жилых, общественных и промышленных зданиях, цветные – для внутренних дверей.

Многослойные стекла (триплекс) состоят из двух и более листов оконного или витринного стекла, склеенных по всей поверхности прозрачными органическими пленками из поливинилбутираля, пластифицированного дибутилсебацата и др. При разрушении стекла, осколки остаются на пленке, что повышает его безопасность. Многослойные стекла применяют для дверных полотен, перегородок, витрин. Изделия из трех, четырех листов упрочненных стекол, склеенных утолщенной пленкой – пуленепробиваемы.

Витринное стекло изготавливают из полированного и неполированного стекла толщиной 6-12 мм, может быть плоским и гнутым. Применяют для остекления внутренних и наружных витрин и проемов в магазинах, ресторанах, аэропортах и т. д.

Плитки коврово-мозаичные изготавливают из глушеного стекла в виде ковров, на бумажной основе, получают методом непрерывного проката или прессования из стеклянного порошка с последующим отжигом. Прокатные плитки выпускаются размером 21×21×4,5 мм; прессованные – 22×22×5 мм применяют для наружной и реже – для внутренней отделки зданий.

Эмалированные стеклянные плитки изготавливают из отходов оконного или витринного стекла размером чаще всего 150x150 мм. Лицевую поверхность плиток покрывают слоем боросиликатной титановой эмали, а затем подвергают термической обработке для ее закрепления и отжига стекла. Применяют для облицовки стен, столовых, кухонь, санузлов.

Марблит и стеклорамор. Марблит представляет собой прямоугольные или квадратные плиты, изготовленные из глушеного стекла. Наружная поверхность листов обычно полированная, внутренняя – рифленая. Декоративный марблит изготавливается из черного глушеного стекла с кристаллическими переливающимися вкраплениями. Стеклорамор имеет мраморовидную окраску и является разновидностью марблита.

Марблит применяется для облицовки фасадов зданий, оформления интерьеров, стеклорамор – для облицовки внутри зданий и покрытий полов.

Стекло крошка получается дроблением отходов прокатного стекла, стекольного гранулята из глушеной белой или цветной стекломассы. Применяют ее для создания декоративного эффекта при отделке бетонных поверхностей.

Смальта – кусочки глушеного цветного стекла размером до 20 мм. Ее отливают в виде плит, которые затем разбивают на кусочки. Применяют для отделки фасадов, изготовления мозаичных панно.

Стекло трубки получили широкое распространение в пищевой, фармацевтической, химической и других отраслях промышленности для транспортирования агрессивных жидкостей. Трубопроводы из стекла прозрачны, гигиеничны и имеют гладкую поверхность, что уменьшает сопротивление перемещаемых в них жидкостей. Изготавливают способом вертикального или горизонтального вытягивания и центробежным способом.

Стекло вата представляет собой материал, состоящий из тонких (5-6 мкм) гибких нитей. Используют в качестве тепло- и звукоизоляционного материала в промышленности и строительстве, эластична, устойчива к температурным изменениям, химически стойка, не поддается гниению и горению. Применять в качестве наполнителя при изготовлении асбоцементных изделий, а также тонкого заполнителя для штукатурных и отделочных растворов. В смеси с полимерами получают материал – стеклопластик.

Стекломаты обладают высокими диэлектрическими свойствами, стойки против коррозии в агрессивных химических средах, выпускают в виде рулонного материала и используют для изоляции газовых и водяных трубопроводов.

Пеностекло и газостекло получают путем вспучивания расплава размоленного стекла, смешанного с веществом (известняком, углем), которое при температуре 750-850°C способно выделять газ. Является хорошим тепло- и звукоизоляционным материалом, обладает малой плотностью (200-600 кг/м³) и низкой теплопроводностью, применяют для теплоизоляции тепловых и холодильных установок, звукоизоляции общественно-бытовых помещений.

Ситаллы получают из того же сырья, что и стекло, с добавками соединений титана, лития, циркония и др. Производство включает дополнительную термообработку, их нагревают и выдерживают при температуре, соответствующей образованию центров кристаллизации, а затем при температуре максимальной скорости роста кристаллов. Ситаллы обладают высокой прочностью при сжатии – $R_{сж} = 500 \dots 1500$ МПа, растяжении – $R_p = 25 \dots 500$ МПа, химической стойкостью – 99,8 %, низкой истираемостью $I = 0,016 \dots 0,03$

г/см²; термостойкость составляет 200 – 1100 °С. Их применяют при изготовлении труб, плиток, деталей насосов для химической промышленности. В строительстве большее распространение получили шлакоситаллы.

Шлакоситаллы получают введением в огненно-жидкие шлаки катализаторов кристаллизации – TiO₂, CaF₂, P₂O₅ и др. Они имеют предел прочности при сжатии 90 – 130 МПа, высокую химическую стойкость – 99,8 %, термостойкость и морозостойкость, низкую истираемость $I = 0,016 \dots 0,03$ г/см². Применяют для покрытия полов, облицовки турбинных камер и водосливов ГТС, изготовления сантехнических изделий, труб, для футеровки строительных конструкций.

Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение стеклянных товаров. Прессованные и прессовывудные изделия маркируют в процессе выработки. Маркировка включает наименование завода-изготовителя или товарный знак.

Упаковывают стеклянные изделия в картонную или гофрированную тару с гнездами или в пакеты из упаковочной бумаги или термоусадочной пленки. Бумажные пакеты, перевязанные шпагатом, имеют наклеенную этикетку, в которой указывается: товарный знак или наименование предприятия-изготовителя; наименование изделия; номер рисунка или группа обработки; количество изделий в единице упаковки (для групповой тары); номер контролера и упаковщика; дата упаковки; обозначение стандарта.

Стеклоизделия транспортируют по железной дороге в крытых чистых вагонах или контейнерах, на которых завод ставит крупным шрифтом надпись: "Верх не кантовать!", "Осторожно, хрупкое!". При размещении стеклоизделий в вагонах или контейнерах коробки и пакеты перекладывают упаковочными материалами через два ряда плотно, без зазоров.

Хранят стеклоизделия в закрытых помещениях, защищенных от влияния атмосферных осадков. При размещении изделий на складе тяжелые изделия рекомендуется укладывать на нижних полках, находящихся на высоте 15-20 см от пола, а более легкие – на верхних.

Контрольные вопросы

1. Что такое керамика?
2. Как принято классифицировать керамику?
3. Что входит в состав керамических материалов?
4. Операции технологии изготовления керамических материалов?
5. Каковы достоинства керамики?
6. С чем связаны недостатки керамики?
7. Где применяются керамические материалы?
8. Что входит в состав стекла?
9. Как классифицируют стекло по химическому составу и назначению?
10. Какими свойствами обладает стекло?
11. Что такое ситаллы?

ЛЕКЦИЯ 6. СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

План лекции.

6.1 Силикатные материалы. Кирпич – состав, виды, свойства, технологии производства.

6.2 Силикатный бетон – материал, свойства, технологии производства.

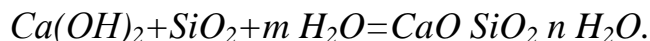
6.3 Асбестоцементные изделия.

6.4. Строительные растворы – виды и свойства.

6.1. Силикатные материалы. Кирпич – состав, виды, свойства, технологии производства

Производство силикатных строительных материалов базируется на гидротермальном синтезе гидросиликатов кальция, который осуществляется в реакторе-автоклаве в среде насыщенного водяного пара давлением 0,8-1,3 МПа и температурой 173-200°С. Для гидротермального синтеза можно использовать при надлежащем обосновании иначе параметры автоклавизации, применять обработку не только паром, но и паровоздушной или парогазовой смесью, водой.

Силикатные автоклавные материалы – это бесцементные материалы и изделия (силикатный кирпич, силикатные бетоны, камни, блоки), приготовленные из сырьевой смеси, содержащей известь (гашенную или молотую негашенную) кварцевый песок и воду, которые образуют в процессе автоклавной обработки гидросиликаты кальция:



Для снижения внутренних напряжений автоклавную обработку проводят по определенному режиму, включающему постепенный подъем давления пара в течение 1,5-2 часов, изотермическую выдержку изделий в автоклаве при температуре 175-200 °С и давлением 0,8-1,3 МПа в течение 4-8 часов и снижение давления пара в течение 2-4 часов. После автоклавной обработки продолжительностью 8-14 часов получают силикатные бетоны и силикатный кирпич.

Силикатный кирпич – искусственный камневидный материал, получаемый путем прессования увлажненной смеси кварцевого песка и извести с последующим запариванием в автоклаве. Сырьем служит кварцевый песок (92–94% от массы сухой смеси) и извести (6–8 %), считая на активную CaO . Перед прессованием в изделия известково-песчаную смесь увлажняют до 7–9 % по массе.

Кварцевые пески, применяемые в производстве кирпича, должны состоять из зерен различной крупности для уменьшения объема пустот, иметь примесей слюды не более 0,5 % и быть без включений глины, снижающих качество изделий.

Известь может быть негашеной или гидратной с содержанием не более 5 % MgO . Наличие в извести пережога затрудняет гашение ее и может спо-

способствовать растрескиванию кирпича. Обычно используют быстрогасящуюся известь с содержанием около 70 % активной CaO .

Изготовление силикатного кирпича включает следующие операции: измельчение извести-кипелки, смешение извести с песком, гашение извести в смеси с песком, дополнительное перемешивание и увлажнение смеси до 7-9%, формование (прессование) кирпича и обработка сырца - кирпича в автоклавах. Основными операциями являются формование и запаривание сырца. Формование кирпича производится на рычажных прессах под давлением 15-20 МПа. Отформованный кирпич - сырец укладывается на вагонетки и подается для запаривания в автоклав.

Силикатный кирпич классифицируется по ряду признаков (рисунок 6.1) имеет такую же форму и те же размеры, как и обыкновенный глиняный – 250×120×65 мм.

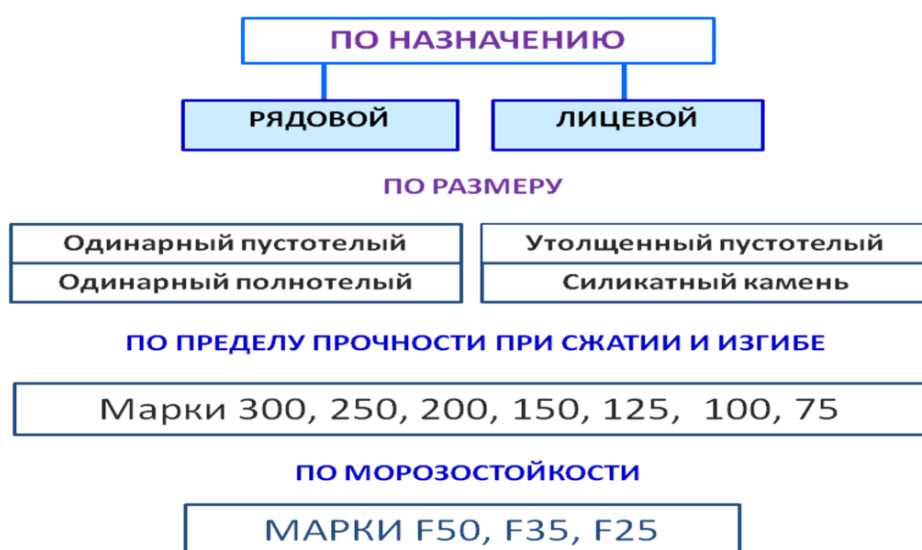


Рисунок 6.1 – Классификация силикатного кирпича

Его изготавливают как сплошным, так и пустотелым. Выпускают также крупноразмерный кирпич (250×120×88мм) с пустотами.

В зависимости от предела прочности при сжатии и изгибе силикатный кирпич делят на марки 75, 100, 125, 200, 250 и 300. Средняя плотность силикатного кирпича несколько выше, чем у обычного глиняного, и составляет до 1800-1900 кг/м³, теплопроводность находится в пределах 0,58-0,87 Вт/(м К).

По теплотехническим показателям силикатный кирпич подразделяют на эффективный с плотностью не более 1400 кг/м³ и теплопроводностью до 0,46 Вт/(мК), условно эффективный соответственно 1401-1650 кг/м³ и до 0,58 Вт/(мК) и обыкновенный с плотностью свыше 1650 кг/м³ и теплопроводностью до 0,7 Вт/(мК).

Водопоглощение кирпича должно быть не более 16% по массе, а морозостойкость – обусловлена марками: F 50, 35, 25 и 15.

По назначению этот кирпич называют рядовым и лицевым. Лицевой может быть неокрашенным и цветным: голубого, зеленоватого, желтого и других цветов (рисунок 6.2).



Рисунок 6.2 – Силикатный кирпич

Себестоимость силикатного кирпича примерно на 25-35 % ниже глиняного, так как в два раза меньше расход топлива, в три раза – электроэнергии, ниже трудоемкость производства. Он широко применяется для кладки несущих стен жилых, промышленных и гражданских зданий, для столбов, опор.

Однако по сравнению с обычным кирпичом силикатный имеет пониженную стойкость против воздействия некоторых агрессивных сред. Такой кирпич не следует использовать для кладки фундаментов, особенно в условиях высокого уровня грунтовых вод. Нельзя применять силикатный кирпич в изделиях и конструкциях, подверженных длительному воздействию температур свыше 500°C (печи, дымовые трубы и т.п.). При длительном нагреве силикатный кирпич разрушается вследствие дегидратации гидросиликата и гидроксида кальция.

Известково-шлаковый и известково-зольный кирпич изготавливают из смеси извести и гранулированного доменного шлака. Извести берут 3-12 % по объему, шлака 88-97 % (рисунок 6.3).

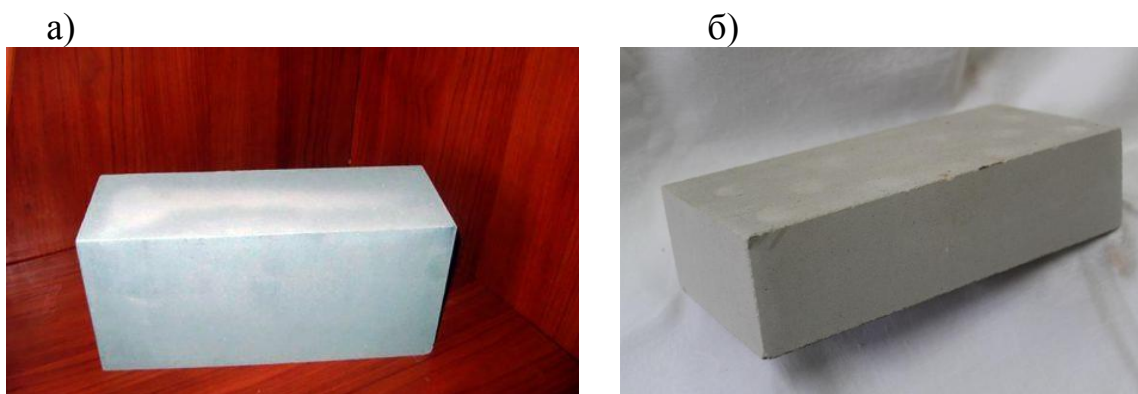


Рисунок 6.3 – Известково-шлаковый (а) и известково-зольный (б) кирпич

При замене шлака золой получается известково-зольный кирпич. Состав смеси: 20-25 % извести и 80-75 % золы. Так же как и шлак, зола является дешевым сырьем, образующимся в больших количествах после сжигания то-

плива (каменного угля, бурого угля и др.) в котельных ТЭЦ, ГРЭС и др.

В процессе сгорания пылевидного топлива часть очаговых остатков оседает в топке (зола-шлак), а самые мелкие частицы золы уносятся в дымоходы, где задерживаются золоуловителями, а затем их транспортируют за пределы котельной – в золоотвалы. Наиболее тонкодисперсные золы называют золами-уноса.

При смешивании с водой золы не твердеют, однако при добавках извести или портландцемента они активизируются, а запаривание смеси в автоклавах дает возможность получать из них изделия достаточной прочности. Использование шлаков и зол очень выгодно, так как при этом снижается стоимость строительных материалов.

Известково-шлаковый и известково-золенный кирпичи формуют на тех же прессах, которые применяют при производстве силикатного кирпича, и запаривают в автоклавах.

Плотность шлакового и зольного кирпичей - 1400-1600 кг/м³, коэффициент теплопроводности – 0,5-0,6 Вт/(м² °С). По пределу прочности при сжатии шлаковой и зольный кирпичи разделяют на три марки: 75,50 и 25. Морозостойкость известково-шлакового и силикатного кирпича одинаковая, а известково-золенного – ниже.

Известково-шлаковый и известково-золенный кирпичи применяют для возведения стен зданий высотой не более трех этажей и для кладки верхних этажей многоэтажных зданий.

6.2. Силикатный бетон – материал, свойства, технологии производства

Силикатный бетон – камневидный искусственный строительный материал, получаемый из уплотненной и отвердевшей в автоклаве увлажненной смеси молотой негашеной извести (6-10%), молотого кварцевого песка (8-15%) и обычного кварцевого песка (70-80%) или другого заполнителя.

Силикатные бетоны могут быть:

- тяжелыми – со средней плотностью более 1800 кг/м³ (плотные заполнители – песок и щебень или гравий);
- легкими – со средней плотностью менее 1800 кг/м³ (заполнители – керамзит, алгопорит и др.);
- ячеистыми – со средней плотностью менее 500 кг/м³.

Разделяют бетоны мелкозернистые с крупностью зерен заполнителя до 5 мм и крупнозернистые с зернами более 5 мм.

Наибольшее применение получили тяжелые мелкозернистые бетоны с пределом прочности при сжатии 15, 20, 25, 30, 40 и 50 МПа. Можно изготовить высокопрочные силикатные бетоны с более высоким пределом прочности – 60,70, 80 МПа и более. Морозостойкость таких бетонов, особенно бетонов высокой прочности, достигает 300 циклов попеременного замораживания и оттаивания без заметных следов разрушений структуры.

Кроме того, они обладают достаточной водостойкостью и стойкостью к воздействиям некоторых агрессивных сред. Прочность, морозостойкость и

другие свойства силикатных бетонов в значительной степени зависят от тонкости помола песка и содержания его в смеси при определенном количестве активной CaO . Так, при содержании активной CaO 12,5 % с увеличением удельной поверхности молотого песка прочность и морозостойкость силикатного бетона заметно возрастают.

Силикатные бетоны можно армировать как обычной, так и предварительно напряженной арматурой. Однако при влажном режиме эксплуатации конструкций арматуру следует защищать антикоррозионными составами. При нормальном режиме эксплуатации арматура в плотном силикатном бетоне не корродирует, поэтому силикатные бетоны широко применяют в промышленном и гражданском строительстве наравне с обычными цементными бетонами.

Из тяжелых силикатных бетонов изготавливают все несущие конструкции: панели стен и перекрытий, лестничные марши и площадки, балки, колонны, плиты и другие детали для сборного промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства (рисунок 6.4).



Рисунок 6.4 – Панели стен жилого дома из силикатного бетона

Из прочных силикатных бетонов изготавливают также напряженно-армированные железнодорожные шпалы, тубинги для шахтного строительства и метро, безасбестовый шифер и другие изделия.

Силикатный бетон находит применение для строительства сборных покрытий и оснований, дорог общего пользования. Он имеет высокую сопротивляемость износу (не более 0,3 мм в год) и высокий коэффициент сцепления с колесом автомобиля (0,65-0,80). Кроме несущих конструкций из силикатных бетонов (с добавкой цемента М400) изготавливают облицовочные изделия, в частности силикатные облицовочные плиты. Их применяют для облицовки кирпичных жилых, и промышленных зданий, за исключение цоколей, наружных подоконников, поясков и других частей зданий, подвергающихся значительному увлажнению.

Возможность окраски силикатных плит в различные цвета с помощью

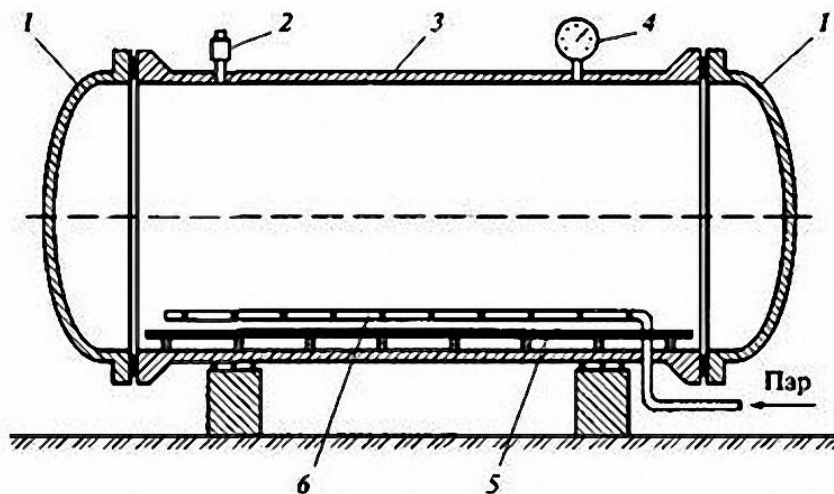
щелочестойких пигментов позволяет повысить их декоративные качества и широко использовать для архитектурной отделки фасадов зданий.

В настоящее время значительное внимание уделяется развитию производства легких силикатных бетонов с применением пористых заполнителей, например керамзита, аглопорита, вспученного перлита, шлаковой пемзы и др. Вяжущим веществом в таких бетонах служит тонкомолотая известково-кремнеземистая смесь, обеспечивающая приобретение прочности в условиях автоклавной обработки.

Силикатные изделия ячеистой структуры изготавливают из пено- и газосиликата.

Пеносиликат – камневидный строительный материал ячеистого строения, получаемый смешиванием технической пены с предварительно размолотой известково-песчаной смесью.

Для изготовления пеносиликата берут обычно до 25 % молотой извести – кипелки и кварцевый песок. Кроме песка могут использоваться доменный шлак, зола, трепел, диатомит и другие заполнители с большим содержанием кремнезема. Известь и заполнители подвергают совместному или раздельному измельчению, после чего приготавливают ячеистую смесь путем перемешивания известково-песчаного раствора с устойчивой технической пеной. Готовую ячеистую смесь выпускают из смесительного барабана пенобетонмешалки в раздаточный бункер, а затем разливают в форму будущего изделия, после 6-8 ч пеносиликат в формах направляют в автоклавы (рисунок 6.5) для запаривания и отвердевания.



1 – сферические крышки; 2 – предохранительный клапан; 3 – цилиндрический металлический корпус; манометр; 5 – рельсы для вагонеток; 6 – паропровод

Рисунок 6.5 – Схема автоклава

Газосиликат – искусственный каменный материал ячеистого строения, в котором пористая структура известково-песчаной смеси образуется введением газообразователей. Технологический процесс получения газосиликата сходен с процессом из производства газобетона и состоит в основном из из-

мельчения извести и песка, приготовления известково-песчаного раствора совместно с газообразователем, формования изделия и запаривания в автоклаве. Основные характеристики газосиликатного блока приведены на рисунке 6.6.



Рисунок 6.6 – Характеристики газосиликатного блока

Недостатки газосиликата:

- наличие пористой структуры у газосиликата приводит к низкой марке по прочности, соответствующей, как правило, 25-35 кг/см²;
- слабое сопротивление механическим воздействиям;
- большое водопоглощение;
- высокая гигроскопичность;
- имеет значительную степень усадки;
- под воздействием высокой влажности в воздухе, может появиться устойчивый неприятный запах строительной извести;
- срок службы железной арматуры в стенах из газобетона значительно сокращается.

Из силикатных бетонов ячеистой структуры изготавливают изделия со средней плотностью 300-1200 кг/м³ и пределом прочности при сжатии 0,4-20,0 МПа. Такие изделия характеризуются мелкопористой структурой и малой теплопроводностью - 0,1-0,35 Вт/(мК) и достаточной морозостойкостью. Пено- и газосиликаты с малой средней плотностью (до 500 кг/м³) используют для утепления строительных конструкций и тепловых установок (трубопроводов, котлов и др.). Изделия с пределом прочности 2,5-7,5 МПа и теплопроводностью до 0,29 Вт/(мК) применяют для изготовления крупногабаритных изделий наружных и внутренних стен, перегородок и перекрытий зданий. Для перекрытий промышленных и жилых зданий изготавливают армопеносиликатные плиты с пределом прочности при сжатии выше 7,5 МПа. Плиты размерами (150-300)х50х(10-14) см не требуют дополнительной теплоизоляции, являются достаточно прочными и долговечными.

6.3. Асбестоцементные изделия

Асбестоцементные изделия получают в результате затвердевания смеси, состоящей из цемента, асбеста (10-20% от массы цемента) и воды.

Состав и структура асбестоцемента обеспечивает изделиям в несколько раз большую прочность при растяжении и изгибе, чем их имеют цементный камень или цементный бетон. Другие положительные характеристики этого материала: повышенная сопротивляемость ударным нагрузкам, возможность выбора окраски изделий по желанию заказчика, сравнительно малая масса стеновых панелей при использовании теплозащитных вкладышей, высокие теплофизические характеристики, высокая огнестойкость. Поэтому продукция асбестоцементной промышленности пользуется у строителей большим спросом. Кроме традиционного шифера и труб (рисунок 6.7), в строительстве широко применяют вентиляционные короба, электроизоляционные доски, изделия «малых форм» – подоконники, оконные сливы и др.



Рисунок 6.7 – Асбестоцементные изделия

Сырьевые материалы. Портландцемент. В качестве вяжущего для производства асбестоцемента применяют портландцемент марок 400 и 500. В нем не допускается содержание добавок, кроме гипса. Количество трехкальциевого силиката (алита) должно быть не менее 52%, трехкальциевого алюмината – не более 8%, свободной извести - не более 1% (по массе). С повышением содержания C_3S в клинкере портландцемента увеличивается количество песка.

Асбест - природный тонковолокнистый минерал, состоящий из водных или безводных силикатов магния, а некоторые разновидности - из силикатов кальция и натрия. Для производства асбестоцементных изделий применяется хризотил-асбест ($2MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$). Диаметр волокон асбеста 1 мкм, однако

при гидромеханической обработке асбестовый камень расщепляется до среднего диаметра волокон 0,02 мм. Волокна асбеста обладают гибкостью, прочностью до 600-800 МПа и введение их в качестве армирующего компонента в цемент (10-20 %) позволяет в 3-5 раз увеличить прочность цементного камня при растяжении и изгибе, а также стойкость к ударным воздействиям.

Товарный асбест производится 8-ми сортов (от 0 до 7) и 42 марок. Чем больше средняя длина волокон, тем выше сорт. Для производства асбестоцементных изделий применяется коротко волокнистый асбест - 3,4,5 и 6-го сортов с длиной волокон 0,3-10 мм.

Вода, используемая для распушки асбеста, промывочных работ и тем более для затворения цемента должна быть свободной от глинистых примесей, органических веществ или продуктов их разложения, минеральных солей. При использовании оборотной воды содержание взвешенных веществ не должно превышать 100 мг/л, величина рН – не менее 8,5. Температура воды в технологическом цикле обычно составляет 30-40 °С.

Кроме трех основных компонентов (портландцемент, асбест, вода) применяют добавочные вещества – пластифицирующие, уплотняющие, гидрофобизирующие и др., а также пигменты для придания изделию определенной окраски. Особенно важно добавлять вещества, повышающие фильтруемость суспензии на стадии формования листов.

Производство асбестоцементных изделий. Способы производства асбестоцементных изделий в зависимости от количества воды, которая используется при их изготовлении, подразделяются на: мокрый, полусухой и сухой. При мокром способе изделия формуют, используя асбестоцементные суспензии, содержащие 8-16 % асбеста и цемента и 92-84% воды. При полусухом способе изделия получают из концентрированной сметанообразной массы, содержащей 20-40 % воды. При сухом способе производство изделий осуществляется из увлажненной асбестоцементной смеси с содержанием воды 12-16 %. В технологии производства асбестоцементных изделий имеются технологические операции, которые производятся при всех способах: приготовление шихты асбеста, распушка асбеста, смешение его с цементом и водой, формование изделий, их твердение, механическая обработка.

Приготовление шихты заключается в составлении смесей асбеста нескольких марок с тем, чтобы при формировании обеспечить высокую фильтрацию, плотность и водоудерживающую способность асбестоцементных масс.

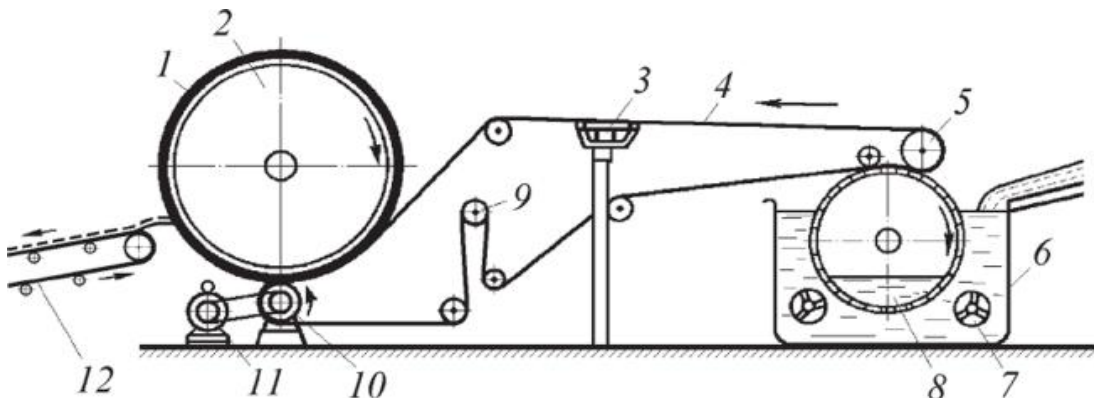
Распушка асбеста производится в два этапа: обминание пучков асбеста на бегунах или валковых машинах и затем расщепление размятых пучков на отдельные волокна в голлендерах или гидропушителях при мокром способе и в дезинтеграторах при полусухом и сухом способах производства изделий.

Приготовление асбестоцементных смесей производится в зависимости от способов производства в различных устройствах.

Асбестоцементная суспензия производится в голлендерах или турбомесителях, куда подается асбестовая суспензия после гидравлической

распушки, цемент и дополнительное количество воды до содержания ее в суспензии 97-86 %. Асбестоцементные смеси для полусухого и сухого способа производства изделий получают двухстадийным перемешиванием: вначале в смесителе сухих компонентов, затем в бетоносмесителе циклического действия с добавлением воды.

Формование изделий. Сущность формования изделий состоит в отфильтровании воды из асбестоцементной массы до необходимого уплотнения и придания ей заданных формы и размеров. При мокром способе производства формование листовых изделий производится получением цилиндрических пластичных асбестоцементных полуфабрикатов с использованием кругло-сетчатых машин (рисунок 6.8).



- 1 – асбестоцементный накат; 2 – формовочный барабан; 3 - вакуум-коробка;
 4 – техническое сукно; 5 – отжимной валок; 6 – ванна; 7 – лопастные мешалки;
 8 – сетчатый барабан; 9 - натяжное устройство; 10 – пресс-вал; 11 – электропривод;
 12 – транспортер

Рисунок 6.8 – Схема формовочной машины для производства асбестоцементных изделий

Он применяется для низкоконцентрированных суспензий (8... 10%), которые наливаются в ванну 6 формовочной машины. Вращаясь в ванне, сетчатый барабан 8 накапливает на сетке асбестоцементный слой (вода проходит внутрь барабана, а твердые частицы задерживаются) и перемещает его к замкнутой ленте технического сукна 4. Под нажимом валка 5 суспензия переходит на сукно, а избыточная вода отжимается.

Далее суконная лента движется над вакуум-коробкой 3, которая дополнительно отсасывает часть воды. В зазоре между прессовым валом 10 и форматным барабаном 2 асбестоцементный слой уплотняется и переходит с сукна на поверхность форматного барабана, где он накапливается, образуя так называемый накат 1. По достижении заданной толщины накат разрезают и снимают в виде листа с помощью транспортера 12. Затем изделия подвергаются прессованию или волнированию на прессах и беспрокладочных волнировщиках.

Для формования труб вместо форматного барабана 2 устанавливают

съемную цилиндрическую скалку и после образования наката заменяют ее другой. Вытянув скалку из наката, получают полуфабрикат в виде трубы.

Твердение асбестоцементных изделий, как правило, осуществляется в две стадии, предварительное твердение до набора прочности, обеспечивающей дальнейшее бездефектное внутризаводское транспортирование и окончательное.

Предварительное твердение изделий после выдержки при нормальных условиях в течение 6-8 часов осуществляется в пропарочных камерах при температуре 50-60 °С в течение 12-16 часов. Предварительное твердение труб и других изделий может осуществляться и в бассейнах с водой при температуре не ниже 20 °С в течение 3-8 суток. Окончательное твердение изделий на портландцементе производится в закрытых помещениях (теплых складах) при нормальных условиях в течение не менее 7 суток. Окончательное твердение изделий на песчаном цементе производится в автоклавах при давлении пара 0,8 МПа и температуре 172-174 °С в течение 12-16 часов.

Механическая обработка изделий производится после предварительного или окончательного их твердения и включает операции: обрезка кромок листов, обрезка труб по торцам и обтачивание концов напорных труб со снятием фаски.

Основные виды асбестоцементных изделий. Основные виды асбестоцементных изделий включают: кровельные, стеновые, декоративные, погонажные трубы и специальные изделия.

Кровельные изделия. К кровельным асбестоцементным изделиям относятся: волнистые листы различного профиля и фасонные детали к ним, крупноразмерные плоские листы для плит покрытий, армированный конструктивный настил, панели экструзионные, плитки для кровель малоэтажных зданий.

Волнистые листы – основной вид **листовых** асбестоцементных изделий. Шифер широко используется в качестве кровельного материала (его доля в общем объеме производства кровельных материалов - около 50 %).

Волнистые листы производят различных размеров по длине, ширине, толщине, шагу и высоте волны, используют для покрытий жилых, общественных и промышленных зданий. В широкой номенклатуре этих листов предусмотрены основные размеры: длина - в пределах от 1200 (листы ВО) до 2500 мм (листы усиленного профиля, унифицированного профиля и др.), ширина листов - от 686 до 1150 мм (в зависимости от профиля). Чем больше размеры по длине и ширине, тем толще листы - от 5,5 до 7,5 мм. Высота и шаг волны листов приняты соответственно в пределах 28-54 и 115 -200 мм. Долговечность асбестоцементных кровель до 50 лет.

Конструктивный армированный настил применяется для перекрытия 9-метровых пролетов сельскохозяйственных производственных зданий, стальная арматура размещена в растянутой зоне в виде полос прямоугольного сечения или крупных стержней.

Плитки кровельные асбестоцементные плоские предназначены для малоэтажных сельских зданий и индивидуального строительства. Наиболее

применяемый размер 400х400 мм с двумя срезанными углами. Обрезанные углы у плиток позволяют образовать плотное покрытие кровли при минимальном их расходе (10 шт. на 1 м²). При использовании плиток без срезанных углов кровля может быть образована только при двухслойном покрытии. Плитки укладываются по сплошной или разреженной обрешетке, крепятся оцинкованными гвоздями и противовеетровой кнопкой. Предел прочности плиток при изгибе 24 МПа, а морозостойкость 50 циклов.

Панели экструзионные асбестоцементные. В отличие от изделий, получаемых по традиционной технологии, в которых волокна ориентированы преимущественно в плоскости изделия, в экструзионных волокна расположены беспорядочно. Из-за этого для обеспечения равной прочности расход асбеста при экструзионной технологии выше и составляет 20% (от общей массы материала) против 15% при традиционном методе формования. Экструзия – выдавливание пластичной массы.

Поверхность экструзионных изделий гладкая. При резком нагреве до 400-600°С они не «взрываются», как обычные (например, шифер), имеющие слоистую структуру. Морозостойкость этих изделий не менее F50.

Панели экструзионные применяются для устройства бесчердачных покрытий промышленных зданий под рулонную кровлю с сухим и нормальным режимом эксплуатации и для подвесных потолков.

Панели высотой 120×180 мм применяются для кровли, а высотой 80 мм – для подвесных потолков. Панели шириной 595 мм – основные, а шириной 295 мм – доборные.

Панели для бесчердачных покрытий изготавливаются коробчатого типа и из отдельных плоских и профилированных листов в виде трехслойных конструкций с внутренним теплоизоляционным слоем. В зависимости от назначения предусматривают два типа плит: рядовые АП и краевые АПК. Длина плит 1500-3000 мм, высота 120 мм, ширина АП-700 мм, АПК-347 мм.

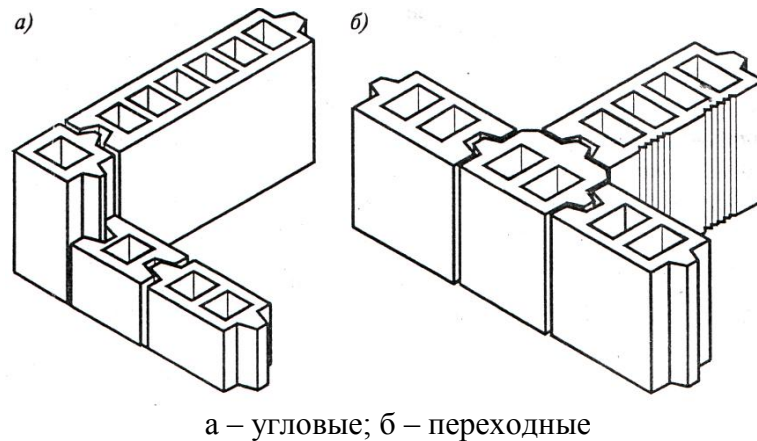
Стеновые изделия. К стеновым асбестоцементным изделиям относятся: листовые, плоские крупноразмерные листы, панели и плиты экструзионные, панели стеновые наружные на деревянном и асбестоцементном каркасах.

Волнистые листы при длине 2,5 м являются эффективными изделиями для стеновых ограждающих конструкций неотапливаемых промышленных зданий. К ним относятся листы профиля 40/150 и листы среднеевропейского профиля 51/177.

Плоские листы применяют для наружной и внутренней облицовки стен, потолков, перегородок по деревянному каркасу, для изготовления санитарно-технических кабин, балконных ограждений, облицовки коридоров, лестниц. Санитарными нормами разрешено использование асбестоцементных плит для отделки интерьеров при условии облицовки их поверхности полимерными пленками или окраски эмалями. Их выпускают прессованными и непрессованными, с гладкой или тисненной (рельефной) поверхностью длиной до 2,8 м, шириной до 1,6 м и толщиной 4-10 мм.

Панели и плиты экструзионные. Экструзионными технологиями –

продавливанием вязкого материала (пасты) через формующее отверстие получают изделия длиной до 6 м, шириной до 750 мм, высотой 60-180 мм, которые применяются как стеновые конструкции и перегородки (рисунок 6.9). В качестве утеплителя применяют полужесткие минераловатные плиты. Стеновые экструзионные изделия могут иметь покрытия широкой цветовой гаммы на основе акриловых смол.



а – угловые; б – переходные

Рисунок 6.9 – Асбестоцементные экструзивные панели перегородок

Асбестоцементные трубы. Асбестоцементные трубы – очень перспективный вид труб самого широкого назначения, обладающих комплексом ценных свойств. Они не подвержены коррозии как металлические, значительно легче их и не склонны к обрастанию. За счет низкой теплопроводности у асбестоцементных труб меньше проблем с промерзанием. Трубы соединяются с помощью муфт. Они составляют около 10% в общем балансе труб, применяемых в строительстве и выпускаются напорные и безнапорные, отличающиеся толщиной и прочностными показателями.

Безнапорные трубы БНТ применяются для безнапорной канализации, прокладки кабелей и дренажных коллекторов, устройства дымовых и вентиляционных каналов, а также столбов для оград. Безнапорные трубы выпускаются диаметром 100 и 150 мм, длиной от 3 до 6 м.

Напорные трубы используют для водо- и газоснабжения, вентиляции, устройства колодцев. Особенно эффективны такие трубы для прокладки теплотрасс. Напорные трубы имеют длину 4,5 и 6 м, диаметр от 100 до 500 мм. Трубы выпускают под рабочее давление 0,6; 0,9; 1,2 и 1,5 МПа. В настоящее время производятся трубы с газонепроницаемыми полимерными покрытиями. Капитальные вложения и эксплуатационные расходы по газопроводу из асбестоцементных труб на единицу транспортируемого газа уменьшаются в 3 раза, по сравнению с газопроводом из стальных труб.

Напорные трубы стыкуются с помощью самоуплотняющихся муфт. Резиновые уплотнители муфт имеют несквозные цилиндрические пустоты. В них входит жидкость, транспортируемая по трубам под давлением, и расширяет резиновые уплотнители, обеспечивая тем самым герметичность стыка.

Среди асбестоцементных изделий следует отметить:

- декоративные (различные плитки с покрытием);
- погонажные (швеллеры, сливы, раскладки, парапеты и др.);
- специальные (вентиляционные короба, полуцилиндры для теплоизоляции трубопроводов, электроизоляционные доски, детали для сводов метророполитена и др.).

Основные свойства асбестоцементных изделий. Основные свойства асбестоцементных изделий - прочность и деформативность, при воздействии статических и динамических (ударных) нагрузок.

Для повышения сопротивляемости изделий воздействию атмосферных осадков, агрессивной внешней среды необходимо также обеспечить их достаточную плотность – водонепроницаемость, минимально допустимое водопоглощение и др. Конкретные показатели качества асбестоцементных изделий определены в соответствующих стандартах:

- средняя плотность волнистых листов в высушенном состоянии должна быть не менее $1,75 \text{ г/см}^3$, что обеспечивает величину водопоглощения не более 25%;

- минимальный предел прочности при изгибе волнистых листов должен быть в пределах от 15,7 до 19,6 МПа;

- листы должны быть морозостойкими $F25$ (у профиля УВ – $F50$);

- прочность напорных водопроводных трубы разделяют на классы: до 0,6 МПа - класс ВТ6; до 0,9 МПа - класс ВТ9, до 1,2 МПа - класс ВТ12 и др.;

- газопроводные трубы по разделяют на марки: для газопроводов низкого давления (до 0,005 МПа) – марка ГАЗ-НД, для газопроводов среднего давления (до 0,3 МПа) – марка ГАЗ-СД;

- ударная вязкость, т.е. сопротивляемость изделий ударной нагрузке, выражается работой затрачиваемой на разрушение образцов стандартных размеров при ударном воздействии маятника – для листов УВ толщиной 6-7,5 мм изменяется от 1,5 до 1,8 Дж/м² в зависимости от сорта.

- модуль упругости асбестоцемента при растяжении (асбестоцемент в основном работает на растяжение) при нагрузке до 0,75-0,85 разрушающей равен: 12000 МПа – у непрессованного асбестоцемента с плотностью до $1,7 \text{ кг/м}^3$, изготовленного на 5-6-м сортах асбеста; 18000 МПа – у прессованного с объемной массой до $1,9 \text{ г/см}^3$, изготовленного на 3-4-м сортах асбеста.

- теплостойкость – способность асбестоцемента выдерживать без потери прочности высокие температуры, по результатам исследований для асбестоцемента принята температура 500°С.

6.4. Строительные растворы – виды и свойства

Строительный раствор - это искусственный каменный материал, полученный в результате затвердевания растворной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды, мелкого заполнителя и добавок, улучшающих свойства смеси и растворов. Крупный заполнитель отсутствует, так как раствор применяют в виде тонких слоев (шов каменной кладки, штукатурка и т.п.), укладываемых обычно на пористое основание. Одним из главных свойств раство-

ров является хорошее сцепление с основанием.

Для изготовления строительных растворов используют неорганические вяжущие вещества (цементы, воздушную известь, строительный гипс).

Классифицируют строительные растворы в зависимости от вида вяжущего вещества, величины плотности и назначения (рисунок 6.10).



Рисунок 6.10 – Классификация строительных растворов

По *виду вяжущего* различают растворы:

- цементные, приготовляемые с применением портландцемента и его разновидностей;
- известковые – на основе извести воздушной или гидравлической;
- гипсовые – с применением в них строительного или высокопрочного гипса;
- смешанные, получаемые на основе двух или нескольких вяжущих (цементно-известковые, цементно-глиняные, известково-гипсовые и др.).

По *плотности различают*: тяжелые растворы плотностью более 1500 кг/м^3 , изготовляемые обычно на кварцевом песке; легкие растворы плотностью менее 1500 кг/м^3 , изготовляемые на пористом мелком заполнителе и с порообразующими добавками.

По *назначению* различают строительные растворы:

- кладочные – для кладки стен, фундаментов, столбов, сводов и др.;
- штукатурные – для оштукатуривания внутренних стен, потолков, фасадов зданий;
- монтажные – для заполнения швов между крупными элементами (панелями, блоками и т.п.) при монтаже зданий и сооружений из сборных конструкций и деталей;
- специальные – декоративные, гидроизоляционные, тампонажные.

Материалы для изготовления растворных смесей.

Вяжущие. Применяют портландцемент и шлакопортландцемент. Марку цемента принимают в 3–4 раза выше марки раствора. Воздушную известь

в виде известкового теста вводят в смеситель при изготовлении растворной смеси, реже используют молотую негашеную известь. Строительный гипс входит в состав гипсовых и известково-гипсовых растворов.

Пески применяют природные-кварцевые, полевошпатовые, а также искусственные - дробленые из плотных горных пород и пористых пород; из искусственных материалов (пемзовые, керамзитовые, перлитовые и т.п.). Пористые пески служат для приготовления легких растворов. Если песок содержит крупные включения (комья глины и др.), то его просеивают.

Пластифицирующие добавки. Неорганические дисперсные добавки состоят из мелких частиц, хорошо удерживающих воду (известь, глина, зола ТЭС, диатомит, доменный шлак и т.п.). Глина не должна содержать органических примесей и легкорастворимых солей, вызывающих появление «выцветов» на фасадах зданий.

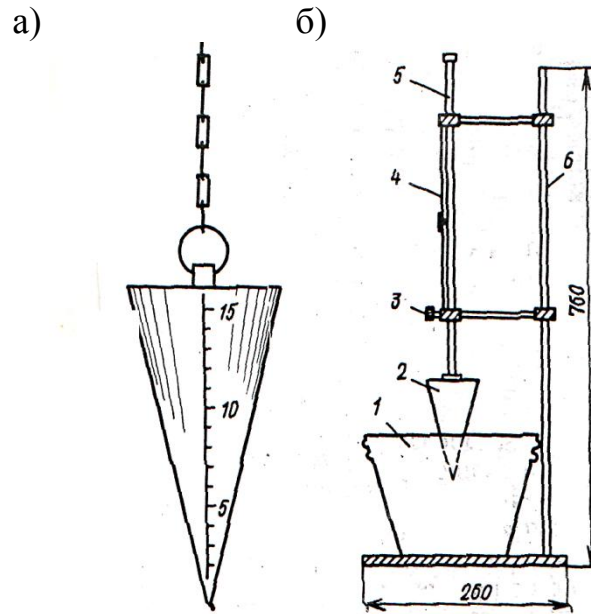
Органические поверхностно активные пластифицирующие и воздухововлекающие добавки: омыленный древесный пек, канифольное мыло, мылонафт и другие вводят в количестве 0,1-0,3% от массы вяжущего, они также повышают морозостойкость, снижают водопоглощение и усадку раствора.

Для зимней кладки и штукатурки, добавляют ускорители твердения, понижающие температуру замерзания смеси: хлористый кальций, поташ, хлористый натрий, хлорную известь и др. Органические пластификаторы эффективны лишь для растворов с относительно большим расходом цемента (марок 100 и выше).

Свойства растворных смесей и затвердевших растворов. Растворная смесь должна обладать следующими свойствами: хорошей удобоукладываемостью и высокой водоудерживающей способностью, чтобы легко распределяться по пористому основанию и не давать ему отсасывать в себя воду. Вода необходима для твердения раствора.

Удобоукладываемость - способность растворной смеси легко распределяться по поверхности сплошным тонким слоем, хорошо сцепляться с поверхностью основания. Смесь не должна расслаиваться при хранении, перевозке и перекачивании растворонасосами. Удобоукладываемая растворная смесь даже при укладке на неровной поверхности заполняет все впадины и плотно примыкает к камням кладки. Удобоукладываемость характеризуется подвижностью смеси и оценивается по глубине погружения в нее эталонного конуса (рис.6.1,а) массой 300 г, высотой 150 мм и углом в вершине 30°. Конус сделан из жести, внутри него помещен груз (свинцовая дробь). В условиях стройки используют конус с делениями, нанесенными на его поверхность (рис.6.1,а), растворную смесь помещают в металлическую емкость, в которую погружают конус. В лабораториях используют специальный прибор, основным элементом которого является тот же конус (рис.6.1,б).

В зависимости от назначения применяют растворы различной подвижности: бутовая кладка обыкновенная 4–6; заполнение швов в панельных и балочных зданиях 5–7; – кладка из пустотелого кирпича и керамических камней 7–8; кладка из обыкновенного керамического кирпича 9–13; штукатурные растворы 7–12.



а – в условиях стройки; б – в лаборатории;
1-сосуд; 2-конус; 3-стопорный винт; 4-шкала; 5-стержень; 6-штатив

Рисунок 6.1 – Конус для определения подвижности
растворной смеси

Для повышения подвижности растворной смеси увеличивают содержания в ней воды, однако для сохранения прочности раствора увеличивают и расход вяжущего, в этой связи рациональнее вводить в раствор пластифицирующие добавки.

Водоудерживающая способность – это способность растворной смеси удерживать воду при нанесении на пористое основание или при транспортировании, которая зависит от количества вяжущего вещества в растворе. Повысить водоудерживающую способность без увеличения расхода цемента можно введением в растворную смесь тонкодисперсных минеральных порошков, в том числе и более дешевых вяжущих веществ (извести, глины) или загущающих (водоудерживающих) водорастворимых полимерных добавок, таких, как метилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза и т.п. Смесь с этими добавками отдает воду пористому основанию постепенно, при этом она становится плотнее, хорошо сцепляется с кирпичом, а кладка прочнее.

Прочность строительных растворов характеризуется маркой, определяемой по пределу прочности при сжатии образцов-кубов размером ребра 70,7мм. Образцы, изготовленные из рабочей растворной смеси, твердеют на воздухе в течении 28 сут. при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Чтобы приблизить условия твердения образцов к реальным условиям твердения кладочных растворов, используют формы без дна и устанавливают их на пористое основание (кирпич). По прочности на сжатие строительные растворы делят на марки; 4,10,25,50,75,100,150,200 кгс/см². Растворы марок 4,10,25 изготовляют на извести, а более высоких марок – на смешанных или цементных вяжущих.

Прочность раствора, уложенного на пористое основание (кирпич) определяется по формуле проф. Н.А. Попова :

$$R_{28} = \kappa \cdot R_y (Ц - 0,05) + 4,$$

где R_{28} – предел прочности раствора при сжатии, кгс/см²;

R_y – активность цемента, кгс/см²;

$Ц$ – расход цемента, т/м³ песка;

κ – коэффициент, зависящий от качества песка: для крупного – 2,2; средней крупности – 1,8; мелкого – 1,4.

Прочность смешанных растворов зависит от количества введенной в раствор извести или глины.

Морозостойкость раствора характеризуется числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое выдерживают насыщенные водой стандартные образцы-кубики размером ребра 70,7 мм. Строительные растворы для кладки наружных стен и наружной штукатурки имеют марки по морозостойкости F10, F15, F25, F35, F50, причем марка повышается для влажных условий эксплуатации до F100, F150, F200 и F300.

Приготовление растворов. Растворы готовят в виде готовых к применению смесей или в виде сухих смесей, затворяемых водой перед использованием. Процесс приготовления растворной смеси состоит из дозирования исходных материалов, загрузки их в барабан растворосмесителя и перемешивания до получения однородной массы в стационарных или передвижных растворомешалках разной емкости. Растворы, как правило, изготавливают на централизованных бетонорстворных заводах или растворных узлах, что обеспечивает получение продукции высшего качества.

Зимой, для получения растворов с положительной температурой, составляющие раствора – песок и воду подогревают до температуры не более 60°С. Вяжущее подогревать нельзя.

Транспортирование. Растворные смеси с заводов перевозят автосамосвалами или специальными машинами, в которых смесь постоянно помещается, что предохраняет ее от расслоения. Если используют автосамосвалы, во избежание расслоения смеси, нормируется дальность ее перевозки, которая не должна превышать 10 км. На крупных стройках растворную смесь подают к месту использования по трубам с помощью растворонасосов.

Сроки хранения растворных смесей зависят от вида вяжущего и ограничиваются сроками его схватывания. Известковые растворы сохраняют свои свойства долго (пока из них не испарится вода). В высохший известковый раствор можно добавить воду и вторично перемешать его. Цементные растворы необходимо использовать в течение 2-4 часов, повторное замешивание «омоложение раствора» не допускается.

Сухие растворные смеси находят массовое внедрение в строительстве, главным образом как отделочные, а также при монтажных работах внутри зданий и снаружи (кладка стен, отделка фасадов, устройство наливных полов). Среди сухих смесей - цементно-известковые, используемые при положительных и небольших отрицательных температурах (с противоморозными

добавками) гипсовые сухие штукатурные смеси для реставрации панельных домов, монолитного домостроения и др. Сухие смеси, например, отечественные «Плитонит», имеют высокую адгезию и большую пластичность, нестекаемость с вертикальных стен, морозостойкость. Из зарубежных шпаклевочных смесей используют французские (фирмы «Семин»), финские (фирмы «Лохья»). Сухие смеси при их правильном применении ускоряют строительные работы и обеспечивают их высокое качество.

Выбор типа раствора. При оштукатуривании наружных каменных и бетонных стен, в том числе подвергающихся увлажнению, применяют цементные и цементно-известковые растворы, для деревянных и гипсовых стен – известковые растворы с добавкой глины или гипсового вяжущего.

При оштукатуривании стен в помещениях с влажностью воздуха во время эксплуатации менее 60% используют следующие растворы:

- известковые и цементно-известковые – для внутренних поверхностей наружных каменных и бетонных стен, а также бетонных покрытий;
- известковые – для поверхностей внутренних каменных или бетонных стен и перегородок;
- известково-гипсовые и гипсовые с добавлением наполнителя – для гипсовых перегородок.

При оштукатуривании помещений, влажность воздуха в которых при эксплуатации > 60% (ванные комнаты, прачечные, бани и т.п.), для первого слоя (обрызга) применяют цементные и цементно-известковые растворы.

Простые глиняные растворы. Их преимущество – низкая стоимость, недостатки – низкие прочность и водостойкость. Они пригодны для оштукатуривания стен малоэтажных зданий в сельской местности, эксплуатируемых при относительной влажности воздуха помещений менее 60%. В качестве вяжущего материала применяют карьерную глину или глиняный порошок, выпускаемый кирпичными заводами. Для облегчения приготовления глиняного раствора, предварительно глину размачивают.

В качестве заполнителей для придания раствору большей прочности, вязкости и облегчения сушки применяют не песок, а соломенную сечку, опилки, стружку, льняную или конопляную костру. Растворы с такими заполнителями должны проходить без остатка через сито с ячейками 3×3 мм.

Смешанные глиняные растворы. Для повышения водостойкости в глиняные растворы добавляют известь, реже цемент или черные вяжущие материалы (битумы, дегти). При этом получают глиноизвестковые, глиноцементные, глинобитумные и другие растворы. Рекомендуются следующие составы растворов в частях по объему: глиноизвестковые – на молотой негашеной извести 1:0,2:(3-5); на гашеной извести и известковом тесте 1:0,3:(3-5); глиноцементные 1:0,15:(4-5); глинобитумные 1:(0,01-0,05):(2,5-4).

Битумные вяжущие материалы для растворов поступают на стройку в жидком или твердом виде. При приготовлении растворов с жидкими вяжущими материалами в смеситель сначала подают воду, а затем глину и битумный вяжущий материал и перемешивают их в течении 30-40 с. После этого загружают заполнитель и перемешивают еще не менее 1 мин. Если применя-

ют твердые битумные материалы, то их сначала нагревают до плавления, а потом смешивают с глиной. Для штукатурных растворов используют хорошо выдержанную полностью погасившуюся известь. Плохо погасившиеся частицы могут вызвать в штукатурном слое отколы («дутики»).

Известково-гипсовые растворы. Недостаток известковых растворов - их медленное твердение. Ускоряют твердение, добавляя гипсовое вяжущее. Рекомендуются следующие составы, известково-гипсовых растворов (части по объему): для обрызга – 1(0,3-1):(2-3); для грунта – 1:(0,5-1,5):(1,5:2); для накрывки – 1:(1-1,5):0.

Известково-гипсовые растворы без замедлителя схватывания начинают затвердевать через 4-5 мин после затворения водой. Поэтому при большом объеме штукатурных работ в такой раствор вводят замедлители схватывания:

При использовании известково-гипсовых растворов, особенно для накрывочного слоя, следует помнить, что полностью поверхность штукатурки должна быть обработана до начала схватывания гипсового вяжущего.

Растворы на негашеной порошкообразной извести. Такие растворы через 5-10 минут после затворения теряют подвижность и через 20-30 минут начинают схватываться. Кроме того, спустя 15-20 минут после затворения температура этих растворов поднимается и может достигать до 100°С. Для улучшения свойств в такие растворы вводят добавки, уменьшающие скорость гашения порошкообразной извести - глину, гипсовое вяжущее, цемент.

Цементные растворы. Растворы на цементах (портландцементе, шлакопортландцементе) стоят дороже, чем растворы на других вяжущих. Поэтому такими растворами оштукатуривают наружные стены и помещения с повышенной влажностью (более 60%), а также конструкции, на которых требуется создать штукатурный слой повышенной прочности. Когда цементный раствор используют для накрывочного слоя, его нужно затирать до начала схватывания цемента.

Пластичность цементных растворов повышают, вводя в них пластифицирующие добавки: пластификаторы ЛСТ, СДБ, суперпластификатор, а также ПВА - дисперсию или синтетический латекс. Последние добавки кроме пластифицирующего действия повышают адгезию растворных смесей и прочность штукатурного слоя.

Декоративные растворы применяют в качестве штукатурок и для настилки полов или для создания художественно-декоративного эффекта на отделываемой поверхности:

- известково-песчаные, с заполнителем из кварцевого песка, имитирующие травертин и песчаник;

- терразитовые, заполненные каменной крошкой и кварцевым песком, обрабатывается пескоструйкой, зубчатыми циклями, гвоздевыми щётками, имитирующие среднезернистый туф или песчаник;

- каменные, с заполнителем из каменной крошки (гранита, мрамора, диорита, кварцита), после обработки зубилом или бучардой и протравливания соляной кислотой обнажается поверхность из кислотостойких гранита, диорита и слюды;

– сграффито, с нанесением трёх разноцветных слоёв штукатурки, не позже 12 часов с момента наложения наносят контур рисунка и процарапывают его, получая рельефный рисунок с цветными светотенями.

Специальные растворы используют для покрытия поверхностей специальных сооружений – хранилищ, отстойников, тоннелей, топок:

– гидроизоляционные – жирные цементные растворы (состава 1:1 или 1:3), растворы на расширяющихся и напрягающих (НЦ) цементах, растворы на жидком стекле, растворные смеси с алюминатом натрия ($\text{Na}_2\text{O Al}_2\text{O}_3$), полимерцементные растворы, церезитовые растворы и др.;

– печные – глиняные растворы, смешанные растворы с добавкой асбеста;

– теплоизоляционные – растворы с заполнителями из пористых материалов (вспученный перлит, керамзитовый песок, опилки и т.п.);

– акустические – сухие гипсоперлитовые смеси для устройства теплоизоляционных и акустических штукатурок (песок из вспученного перлита, гипс и замедлитель схватывания);

– огнезащитные – имеют состав, аналогичных акустическим и теплоизоляционным растворам, но с добавлением асбеста или минеральных гранул, в качестве связующего гипсовое вяжущее;

– рентгенозащитные – тяжелые растворы с плотностью более 2200 кг/м^3 в составе портландцемента или шлакопортландцемента и тяжелых заполнителей – барит, магнезит, лимонит и т.п. в виде песка;

– кислотоупорные – на кислотоупорном жидкостекольном вяжущем с заполнителем из природного кварцевого песка, искусственного песка из андезита, бештаунита, гранита, смеси молотых диабазового литья и природного базальта, молотого боя керамических изделий, добавок для водостойкости.

Контрольные вопросы

1. *Что представляет собой силикатный бетон?*
2. *Силикатный кирпич, основные свойства.*
3. *Где применяют известково-шлаковый известково-золенный кирпич?*
4. *Что такое пеносиликат и газосиликат?*
5. *Сырьевые материалы для асбестоцемента.*
6. *Способы производства асбестоцементных изделий.*
7. *Назовите основные свойства асбестоцементных изделий.*
8. *Изделия из асбестоцемента, области их применения?*
9. *Строительные растворы, классификация строительных растворов.*
10. *Материалы для приготовления строительных растворов.*
11. *Технология приготовления и транспортирования растворов.*
12. *Назовите составы строительных растворов.*
13. *Дайте характеристику штукатурных, кладочных и смешанных растворов.*
14. *Декоративные растворы и растворы специального назначения.*

ЛЕКЦИЯ 7. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА. ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

План лекции.

- 7.1. Органические вяжущие вещества, основные понятия. Битумы и дегти.
- 7.2. Асфальтовые растворы и бетоны, дёгтебетоны.
- 7.3. Эмульсии и мастики.
- 7.4. Гидроизоляционные рулонные материалы. Кровельные материалы.
- 7.5. Материалы и изделия на основе полимеров и пластмасс.
- 7.6. Теплоизоляционные материалы – классификация, виды и свойства.

7.1 Органические вяжущие вещества, основные понятия. Битумы и дёгти

Органические вяжущие вещества – это высокомолекулярные природные или синтетические вещества, способные:

– приобретать жидко-вязкую консистенцию при нагревании или при действии растворителей или же имеющие жидко-вязкую консистенцию в исходном состоянии;

– с течением времени самопроизвольно или под действием определенных факторов (температуры, веществ-отвердителей и др.) переходить в твердое состояние.

Существенной особенностью этих веществ, как в жидком, так и в твердом состоянии, является их хорошая **адгезия** – прилипание к поверхности минеральных и органических материалов.

В зависимости от происхождения, химического и вещественного состава органические вяжущие делятся на следующие группы: черные вяжущие (битумы и дёгти); природные смолы, клей и полимеры; синтетические полимерные продукты. Природные высокомолекулярные вещества применяются в строительстве, как в естественном состоянии, так и после химической модификации, придающей им необходимые свойства.

В зависимости от отношения к нагреванию и растворителям органические вяжущие делят на термопластичные и термореактивные.

Термопластичными называют вещества, которые при нагревании переходят из твердого состояния в жидкое (плавятся), а при охлаждении вновь затвердевают; причем такие переходы могут повторяться много раз.

К термопластам относятся битумы, смолы, многие широко распространенные полимеры – полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол и др.

Термореактивными называются вещества, у которых переход из жидкого состояния в твердое происходит необратимо. При этом у них меняется молекулярная структура: линейные молекулы соединяются в пространственные сетки – гигантские макромолекулы. Такое необратимое твердение (этот процесс называют также «отверждение», «вулканизация») происходит не только под действием нагрева, но и под действием веществ отвердителей,

ультрафиолетового и γ -излучения и других факторов.

К терморезактивным органическим вяжущим относят эпоксидные и полиэфирные смолы, олифы, каучуки в смеси с вулканизаторами и др.

Органические вяжущие характеризуются низкой термостойкостью. В зависимости от состава и строения температура их размягчения составляет 80-250⁰ С. В большинстве своём это горючие вещества. Большинство из них водо- и химически стойки (они хорошо противостоят действию кислот, щелочей и солевых растворов). Стоимость органических вяжущих значительно выше, чем минеральных, а объёмы их производства – намного ниже.

Наиболее широкое применение органические вяжущие вещества получили в гидротехническом, дорожном, промышленном и гражданском строительстве в виде кровельных, гидроизоляционных материалов, асфальтобетона, асфальтораствора и изделий из них.

Битумы (от лат. bitumen – смола) – органические вещества черного или темно-коричневого цвета, состоящие из смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных, т.е. соединений углеводородов с серой, азотом или кислородом. При комнатной температуре битумы находятся в твердом или вязкопластичном состоянии.

В зависимости от происхождения битумы могут быть природные и искусственные (техногенные); источником образования или получения битумов и в том, и в другом случае является нефть.

Природные битумы встречаются в виде асфальтовых пород, например, песка, пористого известняка, пропитанных битумом (содержание битума от 5 до 20 %). Природные битумы образовались при разливе нефти в результате испарения из нее легких фракций и частичного окисления кислородом воздуха. Мировые запасы природного битума более 500 млрд. тонн.

Искусственные битумы образуются в виде остатка при получении из нефти топлива и масел – нефтяные битумы.

Битумы – сложные коллоидно-дисперсные системы, состоящие из нескольких групп веществ: твердые высокомолекулярные вещества (асфальтены, карбены, карбоиды), придающие битуму твердость; смолистые вещества, придающие битуму клейкость; нефтяные масла, придающие битуму вязкость и термопластичность.

Существует ряд способов получения нефтебитума: атмосферно-вакуумной перегонкой (остаточные битумы); окислением гудронов кислородом воздуха (окисленные битумы); окисление способом продувки воздухом крекинг – остатков, образующихся при переработке мазута способом крекинга, при высоких температурах и больших давлениях (крекинговые битумы); осаждением асфальтно-смолистой части гудронов пропаном (битумы диафальтизации); переработкой кислых гудронов (кислотные битумы).

Гудрон – смолистый остаток, содержащий твердые частицы, получаемый в результате разгонки (разделения) нефти на горючие и смазочные вещества. Он является исходным сырьем для получения полутвердого и твердого битума, но может использоваться и без переработки, как жидкий битум.

Битумы делят на три типа по области их применения:

- дорожные (для асфальтобетонов);
- кровельные (для мягких кровельных материалов);
- строительные (для изготовления мастик, гидроизоляции и др.).

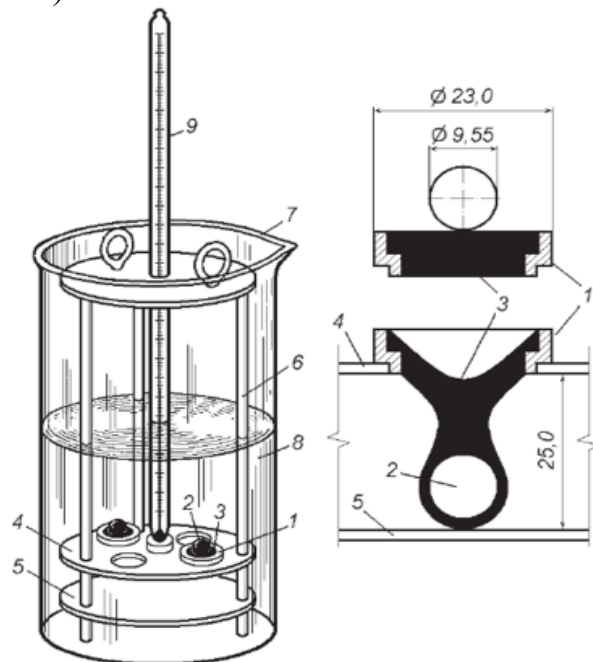
По разным показателям главных свойств, особенно вязкости, пластичности и температуры размягчения, согласно ГОСТ битумы делят на *марки*:

– для дорожного строительства – пять марок от БНД (битум нефтяной дорожный)-200/300 до БНД-40/60. Численные показатели отражают допустимые для конкретных марок, пределы изменения коэффициентов пенетрации при 25°C, и четыре марки БН от 200/300 до БН-60/90;

– для строительных работ – три марки, которые обозначаются «БН» – битум нефтяной: БН-50/50, БН-70/30 и БН-90/10. Цифры числителя дроби отражают температуру размягчения по «К и Ш» (кольцо и шар), а знаменатель – это среднее значение показателей изменения пенетрации при 25°C;

– для кровельных работ такие марки: БНК (битум нефтяной кровельный)-45/180, БНК-90/40 и 90/30, а также БНК-45/190. Показатель числителя дроби отражает среднее значение показателей температуры размягчения по «К и Ш», а знаменатель – среднее значение показателей пенетрации на 25С.

Температуру размягчения определяют на стандартном приборе «Кольцо и шар» (рисунок 7.1).

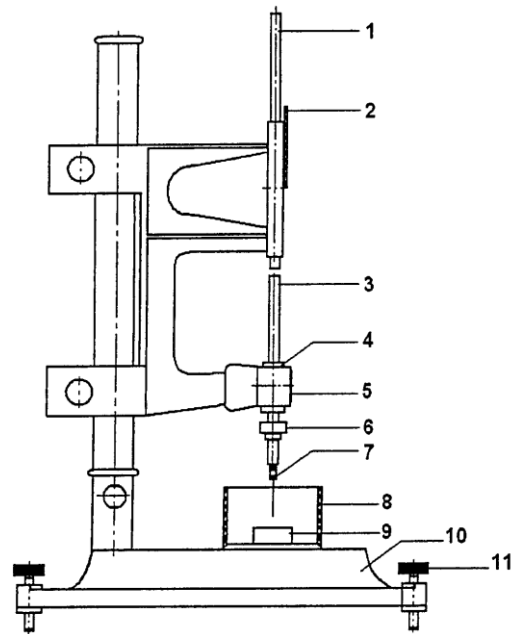


1 – кольцо; 2 – шар; 3 – битум; 4 – верхняя полочка; 5 – нижняя полочка; 6 – стойка штатива; 7 – стеклянный стакан; 8 – вода; 9 – термометр

Рисунок 7.1 – Прибор "Кольцо и Шар" для определения температуры размягчения битума

Температурой размягчения считается температура, при которой шарик проваливается сквозь битум, заплавленный в кольцо.

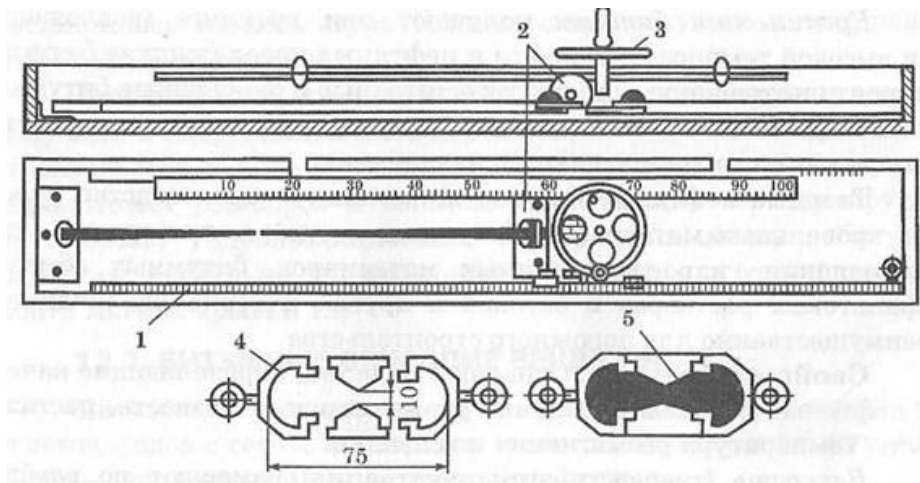
Твердость (вязкость) битума определяют на приборе пенетрометр (рисунок 7.2) по погружению иглы в образец битума (единица шкалы прибора 0,1 мм) при температуре 25 °С.



- 1 - рейка кремальеры; 2 - шкала; 3 - плунжер; 4 - направляющая втулка; 5 - тормозное устройство; 6 - груз-шайба; 7 - игла и держатель; 8 - чашка кристаллизационная; 9 - чашка пенетрационная; 10 - опорный столик; 11 - регулируемый винт

Рисунок 7.2 – Схема пенетрометра

Растяжимость битума определяют с помощью прибора дуктилометра по абсолютному удлинению (в см.) стандартного образца битума, растягиваемого в воде при 25°C со скоростью 5 см/мин. (рисунок 7.3).



- 1 – червячный винт; 2 – салазки; 3 – маховик; 4 – разборная форма; 5 – битум

Рисунок 7.3 – Дуктилометр для определения растяжимости битума

Нефтяные битумы имеют плотное строение (плотность в зависимости от состава $0,8 - 1,3 \text{ г/см}^3$), пористость их практически равна нулю, поэтому они водонепроницаемые, стойки против действия кислот, щелочей, агрессивных жидкостей и газов, морозостойки. Они способны прочно сцепляться с

каменными материалами, деревом, металлами, но растворяются в органических растворителях (хлороформе, бензине и др.). В эксплуатационных условиях под действием солнечного света и кислорода воздуха происходит старение битумов, сопровождающееся повышением твердости и хрупкости.

Битум – горючее вещество, поэтому при работе с ним, особенно при разогреве битума, следует соблюдать требования пожарной безопасности.

Дегти – органические вязкие вещества вязкой или жидкой консистенции с характерным «дегтярным» запахом, получаемые как побочный продукт при сухой (без доступа воздуха) перегонке твердых видов топлива (угля, горючих сланцев, торфа, древесины и т.п.).

Дегти, как и битумы, – сложная дисперсная система, состоящая из большого числа (несколько тысяч) различных углеводородов (жидких и твердых) и их неметаллических производных. Но в отличие от битума, где преобладают парафиновые углеводороды, в дегте много ароматических углеводородов и их производных (бензола, толуола, нафталина, фенола и др.). Именно они придают дегтю антисептические свойства.

Основным механическим свойством дегтей является вязкость, которая быстро снижается даже при незначительных повышениях температуры. Условная вязкость дегтей характеризуется временем истечения в секундах 50мл дегтя через отверстие диаметром 5 или 10мм при температуре 30 или 50⁰С. Вязкость дегтя определяется на стандартных вискозиметрах. В зависимости от вязкости дегти подразделяются на марки: Д-1, Д-2, Д-3, Д-4, Д-5, Д-6. Для получения дегтя требуемой вязкости нередко сплавляют два вида дегтя разной вязкости.

Биостойкость дегтей – высокая, цвет – черный, имеют специфический запах каменноугольной смолы, токсичны. Температура вспышки дегтей 150-190⁰С., температура воспламенения 180-270⁰С. Истинная плотность каменноугольных коксовых дегтей 1,1-1,3 г/см³.

Низкая погодоустойчивость и старение дегтей происходит в связи с испарением летучих веществ; этому способствует также наличие в дегтях ненасыщенных высокомолекулярных углеводородов, которые окисляются и полимеризуются, и активных веществ. Улучшают качество дегтей введением минеральных дисперсных наполнителей до 30% (молотого известняка и доломита, каменноугольной и цементной пыли). Такие дегти называются наполненными, выпускают двух марок: ДН-7 и ДН.

Пек – (от голл. рек - смола) - аморфный хрупкий при обычных температурах остаток от перегонки сырого дегтя при температуре более 360 °С. Это твердое вещество черного цвета. Пек состоит из смолистых веществ, "свободного углерода", антрацена, масел и других слаболетучих соединений. Каменноугольные пеки выпускают двух видов: 1) среднетемпературный марок А и Б и 2) высокотемпературный. Истинная плотность пеков 1,1-1,26 г/см³, температура вспышки в открытом тигле 170-190⁰С.

Пеки не растворимы в воде, но хорошо растворяются в скипидаре, сероуглероде и хлороформе, имеют достаточную стойкость к растворам солей и кислот, более гнилостойки, чем битумы. Пеки применяют для получения со-

ставного дегтя, сплавлением его с маслами и пекового лака, растворением его в ароматических растворителях. Изменяя соотношения пека и дегтя (или антраценового масла), готовят составы с различными температурами размягчения и вязкостью: чем больше в смеси пека, тем выше температура размягчения и хрупкость смеси.

Общий недостаток битумов и дегтей – узкий интервал температур, при которых материалы на их основе обладают прочностью и эластичностью. При понижении температуры до 0...-10°C, они становятся хрупкими, а при повышении до 40-60 °C начинают течь. Для расширения интервала эксплуатационных температур битумы и дегти модифицируют, добавляя термопластичные полимеры и каучуки.

7.2 Асфальтовые растворы и бетоны, дёгтебетоны

Асфальтовым раствором называют уплотненную смесь битума, минерального порошка и песка, а дегтевым раствором – уплотненную смесь дегтя (или дегтя и пека) с тонкодисперсными наполнителями и песком. Асфальтовыми и дегтевыми бетонами называют уплотненные смеси минеральных составляющих (щебня, гравия, песка и минерального порошка) с битумами или дегтями и песками.

Асфальтовые растворы широко применяют в строительстве для гидроизоляции в виде слоев штукатурки на изолируемых поверхностях и для устройства асфальтовых полов. После затвердевания асфальтовый раствор должен иметь достаточную прочность, плотность, водонепроницаемость и теплостойкость, не должен размягчаться, под действием солнечных лучей или повышенных (до известного предела) температур. При введении в асфальтовый раствор битумов с низкой температурой размягчения или в чрезмерно большом количестве теплостойкость раствора понижается.

Для асфальтовых растворов применяются чистые природные и искусственные пески с наибольшей крупностью зерен 5 мм и содержанием пылевато-глинистых частиц не более 3% по массе, по возможности правильной сферической формы, что гарантирует меньший объем пустот и большую плотность песка. Как правило, асфальтовые растворы изготавливаются на специализированных заводах, но при небольших объемах работ можно их готовить непосредственно на стройках.

Асфальтовые бетоны подразделяются по назначению на гидротехнические, дорожные и аэродромные, для устройства полов в промышленных цехах и складских помещениях, плоской кровли, стяжек.

Гидротехнические асфальтовые бетоны используются для устройства экранов и в уплотняющих конструкциях швов сооружений в качестве гидроизоляционных слоев при строительстве каналов, шлюзов, ирригационных сооружений. Специальные виды плотного бетона, изготовленные на химически стойких заполнителях, применяются для создания кислотно- и щелочестойких покрытий. Имеются декоративные асфальтовые бетоны (цветные и фактурные), из которых выполняются разделительные полосы на дорогах, пе-

реходы, полы вестибюлей гражданских зданий.

Основные свойства асфальтового бетона зависят от примененного асфальтового вяжущего, состава и пористости.

Пористость асфальтового бетона обычно колеблется от 5 до 7 %. Плотные бетоны (с пористостью не более 5 %) практически водонепроницаемы. Пористость ухудшает долговечность асфальтового бетона в связи с возрастанием водопоглощения, снижением морозостойкости и увеличением химической коррозии. Наиболее агрессивными слоями по отношению к битуму, которые могут содержаться в воде, являются сульфаты натрия и магния.

Биохимическая стойкость характеризует сопротивление "органическому выветриванию" под влиянием бактерий, вызывающих разложение сложных органических веществ, составляющих битум. Для повышения биостойкости в состав битумного вяжущего вводят антисептики.

Асфальтовый бетон можно представить как смесь асфальтового раствора и крупного заполнителя – щебня. Количество асфальтового раствора берут с расчетом заполнения пустот в щебне и небольшого избытка (10-15 %) для получения плотного бетона.

В отличие от цементного бетона на показатели асфальтового бетона сильно влияет температура. Например, если предел прочности при сжатии асфальтобетона при 20⁰С в пределах 2,2 – 2,4МПа, то при 50⁰С только 0,8 – 1,2 МПа. Однако асфальтовые бетоны и растворы лучше, чем цементные, противостоят коррозии.

В зависимости от температуры укладки асфальтобетонной массы различают асфальтобетоны горячие, теплые и холодные. Соответственно используют битумные материалы более вязкие при горячем асфальтобетоне, более мягкие с повышенной вязкостью – при тепле и жидкие, высокоподвижные битумы или битумные эмульсии – при холодном асфальтобетоне. Горячие и теплые асфальтобетоны подразделяются на плотные с остаточной пористостью от 2 до 7% и пористые – для нижних слоев покрытий и основания – с пористостью 7 – 12% и высокопористые с пористостью 12-18%.

При одноосном сжатии предел прочности асфальтобетона определяют на цилиндрических образцах размерами (диаметр и высота) 50,5x50,5 или 71,4x71,4 мм (в зависимости от крупности минерального заполнителя). Испытания проводят при температурах 20 – 50⁰С и скорости приложения нагрузки, равной 3 мм/мин.

При температуре 20⁰С предел прочности при сжатии асфальтобетона составляет около 2,5 МПа, а при растяжении – в 6-8 раз меньше. С понижением температуры предел прочности при сжатии возрастает (до 15-20 МПа при -15 °С), а с повышением – снижается (до 1,0-1,2 МПа при +50 °С).

Важными техническими характеристиками являются износостойкость и водостойкость. Износостойкость определяют по потере массы образцов, испытываемых на кругах истирания или в барабанах (с определением износа). Горячий асфальтобетон в дорожных покрытиях изнашивается в пределах 0,2-1,5 мм в год. Водостойкость характеризуют величиной набухания и коэффициентом водостойкости, равным отношению пределов прочности при сжатии

образцов в водонасыщенном и сухом состояниях при температуре 20 °С. Он должен быть в пределах 0,6–0,9, а величина набухания в воде – не более 0,5 % (по объему).

Теплый асфальтобетон используют при строительстве дорожных покрытий капитального типа и для устройства нижних слоев в покрытиях. Для его приготовления используют вязкие нефтештукатурки марок БНД 200/300 и БНД 1300/200 или жидкие битумы; известняковый порошок более тонкого помола, чем в горячих смесях; щебень и искусственный песок, получаемые дроблением основных пород, – габбровых или диабазовых; прочные шлаки. Температура готовой теплой массы при ее выходе из смесителя должна быть 90–130 °С в зависимости от исходной вязкости битума.

Холодный асфальтобетон содержит жидкий или разжиженный вязкий битум, что позволяет укладывать массу холодного асфальта при температуре окружающего воздуха. Могут использоваться также битумные эмульсии.

Приготовление холодного асфальта осуществляется в горячем и холодном состояниях. В горячем состоянии применяют жидкий или разжиженный битум, в холодном – битумную эмульсию. Более распространен в строительстве холодный асфальт на основе жидкого или разжиженного битума.

Холодный асфальт может длительное время оставаться в рыхлом состоянии в складских условиях (до 8-10 месяцев). Поэтому холодную массу обычно готовят в зимнее время года с тем, чтобы ее раскладку в покрытие произвести с наступлением весны. Зимняя заготовка позволяет работать асфальтобетонным заводам практически в течение всего года, тогда как при производстве только одной горячей массы оборудование завода в зимний период простаивает или работает с низкой производительностью.

Дегтебетон – материал, аналогичный асфальтобетону. В качестве вяжущего для его приготовления используют смесь каменноугольного дегтя (или пека) с тонкомолотым минеральным порошком. Однако дегтевые бетоны по сравнению с асфальтобетонами обладают меньшими водо- и износостойкостью, теплоустойчивостью и долговечностью, поэтому их применяют в строительстве для устройства покрытий на дорогах второстепенного значения и для ремонта.

В процессе приготовления дегтебетонной смеси придерживаются строго температурного режима: деготь марки Д-5 нагревают до 80-100 °С и выше, дегти марок Д-6, Д-7 и Д-8 - до 100-130 °С. Вследствие повышенной температурочувствительности смеси при выпуске ее из смесителя следует поддерживать температуру на уровне 100-120 °С.

7.3 Эмульсии и мастики

Битумные и дегтевые эмульсии представляют собой дисперсные системы, в которых вода является средой и в ней битум или деготь диспергированы в виде частиц размером около 1 мкм. Устойчивость эмульсии обеспечивается путем введения в нее эмульгаторов – поверхностно-активных веществ, уменьшающих поверхностное натяжение на поверхности раздела битум (де-

готь) – вода. Это предохраняет эмульсии от свертывания (коагуляции). Обычно в эмульсиях содержится около 50% воды, 45% битума или дегтя и 0,01-5% эмульгатора. Эмульгаторами служат мыла (нафтеновых, сульфонафтеновых, смоляных органических кислот), сульфитно-дрожжевая бражка. К твердым эмульгаторам относятся тонкие порошки глины, известняки, цемента, каменного угля, сажи. Твердые эмульгаторы, как и водорастворимые, адсорбируются на поверхности частиц (глобул) битума или дегтя, образуя защитный слой, препятствующий слипанию частиц, диспергированных в воде. Основное преимущество эмульсии – возможность использования их в холодном виде.

Эмульсии готовят в специальных машинах диспергаторах, гомогенизаторах, установках с использованием ультразвуковых колебаний. Приготовление эмульсии включает: разогрев битума (дегтя) до 50-120⁰С, приготовление эмульгатора, диспергирование вяжущего в воде с добавлением водного раствора эмульгатора.

Разновидностью битумных эмульсий являются битумные *пасты* – это высококонцентрированные эмульсии. Приготавливают их из битума, воды и эмульгатора, в качестве которого используют неорганические тонкодисперсные минеральные порошки, содержащие активные коллоидные частицы размером менее 0,005 мм – известковые, глиняные, трепельные. Наибольшее применение битумные пасты получили в гидроизоляционных работах, для обмазки изделий из древесины. При длительном контакте с водой может происходить реэмульгирование битума; деготь практически не реэмульсирует. Пасту можно использовать и для приготовления мастики.

Мастики – пластичные материалы, получаемые смешением нефтяного битума или дегтя (отогнанного и составленного) с минеральным наполнителем. В качестве минеральных наполнителей применяют волокнистые и пылевидные: хризотиласбест, молотый известняк, тальк, трепел, золу-унос и др. Они способствуют повышению теплостойкости мастик, снижают хрупкость при пониженных температурах и повышают их прочность. Мастики могут быть и без наполнителя в виде вяжущего вещества, раствора или сплава.

По способу применения все мастики делятся на горячие и холодные. Горячие мастики применяют с предварительным разогревом: битумные до температуры 160-180⁰С (в зимнее время года до 200⁰С), дегтевые до 130-150⁰С; холодные – без подогрева при температуре на месте работ не менее 5⁰С, при более низких температурах их подогревают до 60-70⁰С.

Горячие мастики по роду применения разделяют на приклеивающие, кровельно-гидроизоляционные и гидроизоляционно-асфальтовые. Приклеивающие мастики предназначены для склеивания рулонных материалов при устройстве многослойных кровельных и гидроизоляционных покрытий, кровельные и гидроизоляционные применяют в качестве приклеивающих, а также для устройства кровель и гидроизоляции без применения рулонных материалов. Мастики образуют на поверхности конструкций гидроизоляционный слой, а также заполняют трещины, щели, мелкие отверстия в сооружениях; они служат для заделки скважин и устройства противодиффузионных за-

вес, обмазочной пароизоляции и изоляции фундаментов.

Из горячих мастик, широко распространены кровельные битумные, применяемые для гидроизоляции в конструкциях, не подверженных прямым атмосферным воздействиям. Эти мастики используют для приклеивания к основанию кровельного ковра из битумных рулонных материалов, склеивания из них кровельного ковра, устройства покровного слоя кровель из беспокровных битумных рулонных материалов и устройства мастичных кровель, армированных волокнистыми стекломатериалами.

В соответствии с температурой теплоустойчивости мастику вырабатывают пяти марок. Марку приклеивающей мастики устанавливают по показателю теплостойкости. Теплостойкость мастики характеризуется предельной температурой, при которой слой мастики толщиной 2 мм, склеивающий два образца пергамина, не вытекает из шва при выдерживании образца в течение 5 часов на уклоне кровли в 45°. Выбор марки производят в зависимости от максимальной температуры и уклона кровли.

Дегтевая кровельная горячая мастика предназначена для приклеивания к основанию кровельного ковра из дегтевых рулонных материалов (толь кровельный), склеивания из дегтевых материалов кровельного ковра и устройства покровного слоя кровель из беспокровных дегтевых рулонных материалов. Она представляет собой многокомпонентную однородную массу, состоящую из дегтевого вяжущего (сплав каменноугольных пеков с антраценовым маслом) и наполнителей, а также органические наполнители – древесную муку, опилки и торфяную крошку.

Оба вида кровельных горячих мастик (битумная и дегтевая) должны быть однородными, без посторонних включений, твердыми при температуре 18 ± 2 °С и не содержать частиц наполнителя, не покрытых связующим. Мастики должны обладать хорошими клеящими качествами и прочно склеивать рулонные кровельные материалы. При расщеплении двух склеенных мастикой образцов пергамина (для битумных мастик) или беспокровного толя (для дегтевых мастик) расслоение должно происходить по основанию (картону) материала не менее чем на половине склеенной поверхности. При нагревании до 100°С мастики не должны вспениваться и изменять однородность состава. Битумная мастика при нагревании до 160-180°С, а дегтевая – до 130°С легко растекаются по ровной поверхности слоем толщиной до 2 мм.

Асфальтовая гидроизоляционная горячая мастика предназначена для гидроизоляционных работ путем устройства литой и штукатурной гидроизоляции, а также для изготовления асфальтовых материалов и изделий. Эта мастика состоит из битума и минерального наполнителя. Мастику вырабатывают со значительным количеством минерального наполнителя – порошкообразного 65-70 % и волокнистого 15-25 %.

Гудрокамовую горячую мастику получают из гудрокама (нефтяного гудрона), нефтяного битума и наполнителей. Гибкость этой мастики характеризуется следующим показателем: не должно появляться трещин при изгибании слоя мастики толщиной 1 мм, нанесенного на полоску беспокровного рулонного материала на стержне диаметром 30 мм при температуре -10°С.

Мастику используют как приклеивающую.

Битумно-резиновая изоляционная мастика представляет собой однородную многокомпонентную смесь сплава кровельных битумов, мелкой резиновой крошки, пластификатора и антисептика. Мастику выпускают следующих марок: МБР-65, МБР-75; МБР-90 и МБР-100. По сравнению с горячей битумной кровельной мастикой она обладает повышенной эластичностью, гибкостью и морозостойкостью. Применяют для изоляции подземных стальных трубопроводов. Эту мастику используют как в горячем, так и в холодном состоянии – с растворителем.

Холодные мастики изготавливают на разбавленных вяжущих и битумных пастах (асфальтовые мастики). В качестве разбавителя применяются жидкие органические вещества, которые разделяются на летучие и нелетучие. Летучие разбавители делятся на три группы: легкие, средние и тяжелые. К первым относятся три вида бензина – авиационный, автомобильный и экстракционный, ко вторым – бензин-растворитель, лигроин тракторный и уайт-спирит, к третьим – керосины (тракторный и осветительный) и зеленое масло. Нелетучими растворителями являются нефтяные масла – машинное, трансформаторное, смазочное, солярное, масляный гудрон и др. Разбавителем для холодных асфальтовых мастик на пастах служит вода.

К холодным мастикам, изготавливаемым на разбавленном вяжущем, относятся битумные и гудрокамовые. Применяют их для приклейки рулонных материалов и устройств защитного покрытия, а также для гидроизоляции и пароизоляции. Допускается их применение в качестве кровельного покрытия в южных районах страны. Холодную битумную мастику выпускают трех марок: МБС – X – 70, МБС – X – 100, МБС – X – 85. В ее состав входят компунд битумов БНК 45/180. и БНК 90/30, растворитель (лигроин, уайт-спирит, зеленое масло и др.) и наполнитель (асбест 7-го сорта или пылевидный).

Все виды холодных мастик при температуре $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ должны быть подвижными и однородными без видимых включений. Холодные мастики удобны в работе, особенно в холодное время года. Они твердеют вследствие проникновения растворителей в толщину покровного или пропиточного слоя рулонного материала и испарения легких фракций растворителя. Применение холодных мастик сокращает расход битума на $1,5 - 1,7$ кг на 1 м^2 поверхности материала по сравнению с горячими мастиками. Применение холодных мастик снижает стоимость работ по устройству кровель и гидроизоляции. Кроме того, отпадает необходимость очистки рулонных материалов от мелкой минеральной насыпки, так как последняя полностью поглощается мастикой и, превращаясь в наполнитель, повышает вязкость приклеивающего слоя.

Как правило, на строительные объекты, расположенные вблизи мест массового изготовления мастики, горячую мастику, разогретую до 180°C (битумная мастика) или до $130^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$ (дегтевая мастика), транспортируют в автомашинах, оборудованных мешалками. Горячие мастики мелкими партиями или на далеко расположенные строительные объекты доставляют в холодном состоянии в бумажных мешках.

7.4. Гидроизоляционные рулонные материалы. Кровельные материалы

Гидроизоляционные и в том числе кровельные материалы и изделия предназначены для изоляции строительных конструкций зданий и сооружений от воды и влажного воздуха. Поэтому должны быть водонепроницаемыми и удовлетворять показателю прочности, деформативности, химической стойкости, водостойкости и долговечности. Гидроизоляция не только предохраняет защищаемую поверхность от контактов с водной средой, но и благоприятствует паро- и газоизоляции, повышению стойкости конструкционного материала против коррозии.

Рулонные кровельные материалы легки, водонепроницаемы, погодоустойчивы, обладают малой теплопроводностью, стойки к действию агрессивных веществ – кислот, щелочей и промышленных газов. Они незаменимы для кровель промышленных зданий, удобны для устройства плоских кровель, их широко применяют для покрытия жилых и общественных зданий.

Однако мягкие кровельные материалы имеют и существенные недостатки: меньшую долговечность (особенно на основе дегтевых вяжущих) по сравнению с асбестоцементными или черепицей, необходимость хорошо подготовленной сплошной опалубки кровли и сгораемость. Некоторое увеличение огнестойкости придает минеральная посыпка, тем не менее, они наименее огнестойки из всех современных кровельных материалов.

Рубероид – кровельный и гидроизоляционный материал, полученный путем пропитки кровельного картона нефтяным битумом с последующим покрытием с одной или двух сторон тугоплавким битумом.

Для улучшения качества рубероида в битум покровного слоя иногда вводят наполнитель в виде тонкодисперсного порошка (известняк, доломит, тальк и др.) с целью повышения атмосферостойкости рубероида, предотвращения слипания рулона и придания поверхности декоративного внешнего вида на лицевой поверхности наносят минеральную посыпку из минеральных материалов: слюды, талька, асбеста, цветных минеральных порошков и др.

По назначению подразделяют на кровельный и подкладочный (гидроизоляционный), а по разновидности посыпочно-го материала – на рубероид с крупнозернистой, чешуйчатой и пылевидной посыпкой. Рубероид подразделяется на марки с обозначениями: Р – означает рубероид; К и П – кровельный или подкладочный материал; третьи буквы К, П и Ч – указывают на разновидность посыпки: крупнозернистая, пылевидная или чешуйчатая. Рубероид марок РКК, РКЧ применяют для верхнего слоя кровель, как на горячей, так и на холодной мастике, а рубероид марок РПК и РПП – для подкладочных слоев кровельного ковра. Выпускают в рулонах по ширине полотна кровельного картона 1000, 1025 и 1050 мм с площадью полотна рулона $10 \pm 0,5$ или 20 м^2 .

В семейство рубероидных материалов также входят: **рубероид кровельный наплавляемый** – укладывают путем подплавления утолщенного нижнего покровного слоя горелками (горячий способ) или пластификацией этого слоя растворителем (холодный способ); **рубемаст** – это более совер-

шенная форма рубероида, пластификаторы, входящие в состав мастики, продляют срок службы покрытия до 15 лет против 5 лет рубероида; **перфорированный рубероид** в отличие от обычного имеет в картоне отверстие диаметром 20мм (перфорация), расположенные в шахматном порядке на расстоянии 100мм друг от друга; **стеклорубероид** – относится условно к третьему поколению, отличаясь от двух первых своей не гниющей основой. А также материалы на основе пропитки кровельного картона такие как: **толь кровельный, пергамин, толь беспокровный (толь-кожа)**.

Гидростеклоизол – кровельный и подкладочный материал, состоящий из стекловолокон, обработанных с обеих сторон битумным вяжущим веществом. Кровельный применяют для устройства плоских кровель зданий, а подкладочный используют в качестве гидроизоляции пролетных строений мостов, тоннелей, метрополитенов и т.п.

Стеклоизол изготавливают путем покрытия стеклохолста резино-битумной мастикой. При замене стеклохолста стеклосеткой получают гидроизоляционный материал – **стеклобит**.

Армобитэп – материал, получаемый на основе стеклохолста, стеклоткани или стеклосетки, с утолщенной покровной массой из битумно-каучуковых мастик. Этот материал отличается высокой температуроустойчивостью, морозо- и водостойкостью и достаточной гибкостью.

Металлоизол представляет собой гидроизоляционный материал, получаемый на основе отожженной алюминиевой фольги, покрытой с обеих сторон нефтяным битумом марки БН – 90/10. Металлоизол выпускается лентой шириной до 460 мм, длиной до 20м, при толщине фольги 0,2–0,5 мм.

Фольгоизол – материал, состоящий из тонкой рифленой или гладкой алюминиевой фольги, покрытой с одной стороны резино-битумным или полимерно-битумным вяжущим веществом, смешанным с каким-либо минеральным наполнителем и антисептиком. Применяют для устройства верхнего слоя кровли и для гидроизоляционных работ. Этот материал отличается долговечностью и не требует ухода при эксплуатации, а также имеет высокую прочность при разрыве, обладает гибкостью и водонепроницаемостью. Вследствие способности фольги отражать солнечные лучи кровля из этого материала нагревается меньше, нежели кровля черного цвета.

Фольгобитэп – гидроизоляционный материал, состоящий из тонкой рифленой фольги, покрытой с обеих сторон битумно-полимерным вяжущим в смеси с минеральными наполнителями и антисептиком. Используется для производства кровельных и гидроизоляционных работ. На рынке имеются мембраны под наименованием – днепрофлекс, филизол, изопласт и др.

Гидроизол – беспокровный гидроизоляционный материал, изготавливаемый путем пропитки асбестового или асбестоцеллюлозного картона нефтяным битумом с температурой размягчения по "КиШ" не ниже 50 °С. Отличается значительной гнилостойкостью и долговечностью. Применяется для оклеечной гидроизоляции подземных сооружений, гидроизоляции плоских кровель, а также для устройства противокоррозионного покрытия металлических трубопроводов. Выпускают двух марок: ГИ-Г и ГИ-К, первый имеет лучшие по-

казатели по прочности, водопоглощению и водонепроницаемости.

Изол – кровельный и гидроизоляционный безопасный материал с микронгломератным типом структуры. Получают на вальцах и каландрах путем прокатывания смеси резинобитумного связующего вещества, измельченного асбестового волокна, антисептика, пластификатора и других добавок, толщиной 1,8-2,0 мм. По техническим свойствам значительно превосходит материалы на основе кровельного картона. Обладает хорошей гибкостью при отрицательных температурах, прочностью при растяжении до 0,4 МПа, малым водопоглощением, достаточной гнилостойкостью и долговечностью. Рулонный изол применяют для оклеечной гидроизоляции подвалов, фундаментов, тоннелей, бассейнов, мостов и других конструкций зданий и сооружений, антикоррозионной защиты трубопроводов, устройства кровель и т.п.

Бризол – изоляционный материал, по структуре сходный с изолом, изготавливаемый путем прокатывания на каландрах битумно-резиновой массы, состоящей из смеси нефтяного битума, дробленой резины, асбестового волокна и пластификатора. Особенностью бризола является повышенная стойкость к воде и некоторым агрессивным средам, обладает повышенной гнилостойкостью, морозостойкостью, значительной погодоустойчивостью и эластичностью. Применяют бризол для антикоррозионной защиты металлических трубопроводов, а также для гидроизоляции подземных сооружений.

"Биогимас" – перспективный рулонный безосновный материал, производимый из смеси гудрокам-битума и асбеста 6-го или 7-го сорта. Он обладает высокой биостойкостью, используется для гидроизоляции подземных сооружений (тоннели, гидроизоляции трубопроводов, оклеечная гидроизоляция, плоские кровли и т.п.).

Битумно-полимерный материал – высококачественный гидроизоляционный материал, получаемый путем смешивания нефтяного битума БН – 70/30 или БН – 90/10, полиизобутилена и фенолоформальдегидного полимера с последующей минеральной насыпкой. Выпускается в рулонах, используется в строительстве для устройства гидроизоляции, пароизоляции и многослойных кровельных ковров.

Саратмаст и саратэласт – это наплавляемые битумные материалы 3-го поколения на основе стеклоткани, толщина материалов – 4-4,5 мм. Эти материалы более приспособлены для использования в жарком климате. Температура размягчения битума доведена до 95-100⁰С (саратмаст) и 115 -120⁰С (саратэласт). Саратмаст можно укладывать при температуре до -15⁰С, а саратэласт – до -25⁰С. Применяются при устройстве кровельного ковра зданий и сооружений, а также гидроизоляции различных строительных конструкций. Работы по укладке требуют в 2 раза меньше трудозатрат, чем при укладке традиционной мягкой кровли, экономны и полностью безопасны в использовании. Срок службы кровли на их основе – до 25 лет, в то время как долговечность кровли из рубероида обычно не превышает 3 – 4 года.

Айситекс – СБС – модифицированный битумно-полимерный рулонный кровельный и гидроизоляционный материал. Сочетает в себе свойства негниющих основ и качественного СБС (полимерно-битумного состава). По-

верхность материала обработана крупнозернистой посыпкой и пленкой, может использоваться во всех климатических условиях. Срок службы 15 – 20 лет. Применяется при устройстве новой и ремонте старой кровли; при гидроизоляции фундаментов, подвалов, подземных сооружений, тоннелей.

Бирепласт – АПП – модифицированный материал, полученный путем непрерывного двустороннего нанесения на стеклоткань расплавленной битумной массы. Материал обладает пластичностью, морозо- теплоустойчивостью за счет специальных добавок. Срок эксплуатации до 15 лет. Материал применяется при устройстве новой и ремонте старой кровли; при гидроизоляции фундаментов, перекрытий зданий, мостов, тоннелей.

Кровельные битумные листы изготавливают путем пропитки плотной картонной основы битумом и нанесения кровельного слоя, состоящего из тугоплавкого битума с 30 % наполнителя. Температура размягчения пропиточного битума по "КиШ" должна быть не менее 60 °С. В соответствии с массой 1 м² картона (г) листы выпускают двух марок: ЛБ-500 и ЛБ-650 с крупнозернистой цветной посыпкой. Производят как прямоугольной, так и шестигранной формы на рубероидном агрегате. Их укладывают в верхние слои кровли.

Плиты гидроизоляционные (асфальтовые) могут быть армированные и неармированные. Неармированные изготавливают прессованием горячей мастики или асфальтобетонной массы в изделие заданных размеров (100×60×2 см). Армированные плиты получают путем прессования асфальтобетонной массы вместе с предварительно покрытой битумом, стеклотканью или металлической сеткой. Их размеры (200-120)×(75-120)×(2-4) см. Асфальтовые плиты иногда применяют для устройства оклеечной гидроизоляции и заполнения деформационных швов.

Гидрофобный газоасфальт – материал, изготавливаемый из битумно-известковой пасты с добавлением 10-50 % по массе портландцемента и газообразователя (алюминиевая пудра). Используют для кровельных панелей и теплогидроизоляции трубопроводов.

Гидроизоляционные камни могут быть получены путем пропитки штучных изделий из пористых материалов (кирпич, бетон, туф, опоки, мел и т.п.) битумом, дегтем, петролатумом и другими органическими гидрофобизирующими веществами. Легче других получать кирпичи (глиняный или силикатный), пропитанные битумом при температуре 180-200 °С на глубину 10-20 мм. Применяют для устройства гидроизоляции в виде кладки и футеровки на цементном или асфальтовом растворе.

Кровельные материалы. Проведя анализ можно выделить четыре поколения кровельных материалов:

I поколение – обычный рулонный кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый путем пропитки кровельного картона нефтяными битумами с последующим нанесением на обе стороны полотна кровельного состава, состоящего из смеси кровельного битума и наполнителя, и посыпки – (ГОСТ 10923-93) на картонной основе (долговечность менее 10 лет, число слоев кровельного ковра три-пять и более, ручная укладка). К данному типу кровельных материалов относятся: *рубероид, пергамин, толь*.

II поколение – наплавляемый рубероид на картонной основе (ускорилась настилка кровельного ковра). К данному типу кровельных материалов относятся: *рубемаст*.

III поколение – битумные материалы на гнилостойких основах из синтетических или стеклянных волокон (возросли прочность и долговечность покрытий до 10-12 лет).

IV поколение – битумно-полимерные материалы на гнилостойких основах (сократилось число слоев кровельного ковра до двух-трех, увеличилась надежность и долговечность кровельных покрытий до 15-25 лет).

III поколение и IV поколение

Современные рулонные битумно-полимерные материалы на гнилостойких основах, выпускаются большинством предприятий. Для этих материалов нет единого ГОСТа, поэтому каждый выпускается по своим техническим условиям (ТУ). Нет даже единой системы маркировки рулонных материалов, хотя в этом отношении у крупнейших производителей налаживается единообразие. При маркировке многие предприятия используют трехбуквенное обозначение.

Первая буква – тип основы: Э – нетканое полиэфирное волокно (полиэстр); Т – стеклоткань; Х – стеклохолст.

Вторая буква – вид верхнего покрытия: П – защитная полимерная пленка; К – крупнозернистая минеральная посыпка; М – мелкозернистый пылеватый песок.

Третья буква – вид нижнего покрытия: П – защитная полимерная пленка; М – мелкозернистый пылеватый песок.

В специальных случаях используются индексы **Ф** – фольга, **С** – суспензия (пылеватая посыпка).

7.5. Материалы и изделия на основе полимеров и пластмасс

Пластмассами называют обширную группу органических материалов, основу которых составляют искусственные или природные высокомолекулярные соединения – *полимеры*, способные при нагревании и давлении формироваться и устойчиво сохранять приданную им форму. Главными компонентами пластмасс являются: связующее вещество – полимер, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, отвердители и красители.

Классификация пластмасс осуществляется по нескольким признакам.

По физико-механическим свойствам все пластмассы разделяют на пластики и эластики.

Пластики бывают жесткие, полужесткие и мягкие. *Жесткие* пластики – твердые упругие материалы аморфной структуры с высоким модулем упругости (свыше 1000 МПа) и малым удлинением при разрыве, сохраняющие свою форму при внешних напряжениях в условиях нормальной или повышенной температуры. *Полужесткие пластики* – твердые упругие материалы кристаллической структуры со средним модулем упругости (выше 400 МПа), высоким относительным и остаточным увеличением при разрыве, причем ос-

таточное удлинение обратимо и полностью исчезает при температуре плавления кристаллов. *Мягкие пластики* – мягкие и эластичные материалы с низким модулем упругости (ниже 20 МПа), высоким относительным удлинением и малым остаточным удлинением, причем обратимая деформация исчезает при нормальной температуре с замедленной скоростью.

Эластики – мягкие и пластичные материалы с низким модулем упругости (ниже 20 МПа), поддающиеся значительным деформациям при растяжении, причем вся деформация или большая ее часть исчезает при нормальной температуре с большой скоростью (практически мгновенно).

По строению полимерной цепи различают пластмассы карбоцепные (цепь состоит только из атомов углерода) и гетероцепные (в состав цепи кроме углерода входят кислород, азот и другие элементы).

По структуре пластмассы делят на гомогенные (однородные) и гетерогенные (неоднородные). Структура пластмасс зависит от введения в нее наряду с полимером других компонентов, что позволяет делить пластмассы на ненаполненные, газонаполненные, наполненные и составные. В большинстве случаев для изготовления пластмассовых строительных материалов и изделий вводят наполнители, пластификаторы, красители, смазки, катализаторы и другие вещества.

Наполнители бывают порошкообразные, волокнистые и слоистые. *Порошкообразные* – кварцевая мука, мел, барит, тальк – и органические (древесная мука) придают пластмассам ценные свойства (теплоемкость, кислотоустойчивость и др.), а также повышают твердость, увеличивают долговечность, снижая стоимость. *Волокнистые* – асбестовое, древесное и стеклянное волокно, они повышают прочность и снижают хрупкость, повышают теплостойкость и ударную вязкость пластмасс. *Слоистые* – бумага, хлопчатобумажная и стеклянная ткани, асбестовый картон, древесный шпон, и другие – придают высокую прочность пластмассам. Например, асбестовый картон придает пластмассе не только высокую прочность, но и тепло- и кислотостойкость. Наполнители намного дешевле полимеров. Поэтому чем больше введено наполнителя, тем дешевле изделие из пластических масс.

Пластификаторы применяют для придания пластмассе большей пластичности при нормальной температуре, облегчают их переработку, снижая температуру перехода полимера в вязко-текучее состояние (например, глицерин, диокрилфталат). Количество пластификатора в пластмассе может достигать 30–50% от массы полимера. Они должны быть химически инертными, малолетучими и нетоксичными веществами.

Красители применяют для придания пластмассам определенного цвета. Они должны быть стойкими во времени, не выцветать под действием солнечного света и т.д. В качестве красителей используют как органические (нигрозин, пигмент желтый, хризоидин и др.), так и минеральные пигменты (охра, мумия, сурик, белила, оксид хрома, ультрамарин и др.).

Катализаторы вводят для сокращения времени отверждения пластмасс. Например, для фенолоформальдегидного полимера ускорителем являются известь и уротропин.

Смазывающие материалы применяют для предотвращения прилипания пластмассы к формам, в которых изготавливают изделия. В качестве смазки используют стеарин, олеиновую кислоту и др.

По отношению к нагреванию пластмассы делят на термопластичные и термореактивные.

Термопластичные материалы (полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол и др.) при нагревании размягчаются и приобретают пластичность, а при охлаждении отвердевают. Из этих материалов можно отливать, вытягивать и штамповать различные изделия. Недостатком этих пластмасс являются незначительная прочность и теплостойкость.

Термореактивные материалы (реактопласты) при нагревании переходят в неплавкое, нерастворимое твердое состояние и безвозвратно утрачивают свойства плавиться. Эти материалы обладают повышенной теплостойкостью. К ним относятся аминопласты и пластмассы на основе полиэфирных и эпоксидных смол.

Основные свойства пластмасс. Плотность пластмасс составляет 10–2200 кг/м³, пластмассы с порошкообразными и волокнистыми наполнителями имеют предел прочности при сжатии до 120–200 МПа, при изгибе до 200 МПа. Прочность на растяжение пластмасс с листообразными наполнителями достигает 150 МПа, а стекловолокнистого анизотропного материала (СВАМ) – 480–950 МПа. Водопоглощение пластмасс очень низкое – у плотных материалов оно не превышает 1%.

Пластмассы не подвергаются коррозии, они стойки против растворов слабых кислот и щелочей, а некоторые, например, из полиэтилена, полистирола и др., стойки к действию даже концентрированных растворов кислот, щелочей, солей; их используют при строительстве предприятий химической промышленности, канализационных сетей для изоляции емкостей.

Пластмассы, как правило, являются плохими проводниками тепла, их теплопроводность $\lambda=0,23-0,8$ вт/(м*°С), в связи с этим пластмассы широко используют в качестве теплоизоляционных материалов, их пористость может достигать 95–98%.

Ценным свойством пластмасс является легкость их обработки – возможность придания им разнообразной, даже самой сложной формы различными способами: литьем, прессованием, экструзией. Большая группа пластмасс позволяет сваривать их между собой, и таким образом, изготавливать сложной формы трубы и различные емкости. Пластмассы хорошо окрашиваются в любые цвета и долго сохраняют цвет.

Пластмассы обладают рядом недостатков. Большинство из них имеют низкую теплостойкость (70–200°С), высокий коэффициент термического расширения, повышенную ползучесть; в них при постоянной нагрузке развивается пластическое течение, большее, чем, например, в стали и бетоне. Со временем некоторые пластмассы стареют, т.е. происходит постепенное их разрушение (деструкция), снижаются прочность и твердость, появляются хрупкость, потемнение. Это происходит под действием света, воздуха, температуры. При возгорании многие пластики выделяют токсичные вещества.

Полимеры. В технологии производства строительных пластмасс полимеры, получаемые синтезом из простейших веществ (мономеров) по способу производства подразделяются на два класса: класс А – полимеры, получаемые цепной полимеризацией, класс Б – полимеры, получаемые поликонденсацией и ступенчатой полимеризацией. Наиболее распространенными полимерами, применяемыми в производстве строительных материалов, являются: по классу А- полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полиизобутилен, полистирол, поливинилацетат, поликрилаты и кумароноинденные полимеры; по классу Б- фенолоальдегидные, фенолоформальдегидные и резорциноформальдегидные полимеры, полимеры на основе амидо- и аминокформальдегидной поликонденсации, глифталевый полимер, полиуретаны, а также кремнийорганические и эпоксидные полимеры.

Полимерные материалы применяются для: покрытия полов; внутренней отделки стен, потолков и встроенной мебели; в качестве погонажных изделий; синтетических клеев и мастик; тепло- и звукоизоляционных материалов; санитарно-технического оборудования, для изготовления трубопроводов и арматуры; синтетических лакокрасочных материалов.

Полимерные рулонные материалы для покрытия полов.

Алкидный линолеум изготавливают на основе модифицированного глифталевого полимера с введением в него наполнителей (пробковой или древесной муки), пигментов и др., добавок, выпускают в рулонах длиной 20 м, шириной 1,8–2,0 м и толщиной 2,5–3 мм.

Глифталевый линолеум выпускают с одно- или многоцветным рисунком, обеспечивает получение малотеплопроводных полов без дополнительных специальных теплоизолирующих прослоек.

Поливинилхлоридный линолеум выпускают на тканевой основе и безосновный. Безосновный одно-, двух- и многослойный производят в рулонах длиной не менее 12 м, шириной 1200–2400 мм, толщиной 1,5–2,1 мм. Кроме того, выпускают тепло- и звукоизоляционный линолеум на войлочной и пористой основе. Имеет большую прочность, хорошую сопротивляемость, не подвержен гниению, имеет малую теплопроводность, гигиеничен.

Поливинилхлоридный теплозвукоизоляционный линолеум на волокнистой основе – двухслойный отделочный материал: верхний слой – поливинилхлоридная пленка, нижний – антисептированная неткановолокнистая прокладка. Применяют для покрытия полов в жилых зданиях, больницах и детских учреждениях, в других зданиях, где требуются теплые полы.

Ворсолин – представляет собой нетканый двухслойный материал: верхний слой – петельный ворс (или беспетлевой) из синтетической пряжи одно- или многоцветной (смеси капрона с медно-аммиачными волокнами в соотношении 1:1) и нижний – поливинилхлоридная пленочная основа. Выпускают в виде рулонов длиной 12–20 м и шириной 1,0 м. Применяют для покрытия полов по железобетонному основанию в жилых и общественных зданиях с повышенными акустическими и теплотехническими требованиями.

Коллоксилиновый (нитроцеллюлозный) линолеум изготавливают на основе коллоксилина, пластификаторов, наполнителей (гипса, асбеста, глино-

зема) и красителей. Укладывают на твердое гладкое основание на мастику (кумаронокаучуковую или колоксилиновую). Этот линолеум запрещается применять для театрально-зрелищных предприятий и детских учреждений.

Резиновый линолеум (релин) – двух- или трехслойный рулонный материал с износостойким декоративным верхним слоем. Основное сырье для нижнего слоя – дробленая старая резина и нефтяной битум или близкий к нему продукт руброкс или асбест 7-го сорта с добавлением серы (для вулканизации резины). Верхний декоративный слой из синтетического каучука с добавлением серы, ускорителей, красителей и наполнителя (белая сажа, каолин, древесная мука). Выпускают в рулонах длиной 9 м, шириной 1000–1400 мм и толщиной ($3 \pm 0,2$) мм, одно- и многоцветным (мраморовидным). Цветостойкость высокая, повышенная износостойчивость, существенно не меняет своих свойств при колебаниях температуры от -25 до $+85^{\circ}\text{C}$, обладает малой звукопроницаемостью, химической стойкостью и высокими диэлектрическими свойствами, водостойкостью – для помещений с повышенной влажностью.

Плиточные материалы для покрытия полов изготавливают на основе полимеров, пластификаторов, наполнителей и пигментов. Плитки приклеивают на хорошо выровненное бетонное, асфальтовое или ксилолитовое основание специальными клеями (мастиками). Такие полы трудоемки, содержат много швов; долговечность и гигиеничность ниже, чем у линолеумных.

Поливинилхлоридные плитки изготавливают на основе поливинилхлорида с использованием в качестве пластификатора дубитилфталата, наполнителя – древесной муки и талька. Размеры плиток: 150×150 , 200×200 , 300×300 мм, толщина 2 и 3 мм; цвета плиток различные, в том числе и мраморовидные. Их используют не только для полов, но и для облицовки стен.

Кумаронополивинилхлоридные плитки производят из поливинилхлоридного и кумаронового полимера, пластификатор – дубитилфталат, наполнитель – древесная мука, тальк. Эти плитки гигиеничны, химически стойки, поэтому их применяют в местах с повышенной влажностью.

Кумароновые плитки изготавливают из кумаронового полимера (асбестосмоляные), пластификатора – льняного масла, иногда добавляют технический стеарин. Наполнители – асбест, древесная мука, тальк. Для окраски используют минеральные органические пигменты. Полы из этих плиток износостойчивы, гигиеничны, хорошо моются, водостойки, огнестойки, применяют в помещениях с большим потоком людей (больницы, школы, кафе).

Фенолитовые плитки изготавливают на основе фенолформальдегидного полимера, отвердителя и порошкообразных наполнителей – талька, каолина, слюды, древесной муки и др., прессуют размером 150×150 мм, толщиной 4–6 мм, имеют высокую механическую прочность и устойчивость к воздействию большинства минеральных и органических кислот, отличаются повышенной теплостойкостью, малым водопоглощением.

Резиновые плитки изготавливают методом прессования резиновых смесей на основе каучуков и отходов резины, обладают повышенной износостойкостью, химической стойкостью и хорошими диэлектрическими по-

казателями, имеют высокие прочностные показатели на изгиб и удар. Размеры плиток 510x510x26 мм, для отделки полов производственных зданий.

Древесностружечные плиты – листовые материалы, получаемые горячим прессованием органических наполнителей (древесной стружки), обработанных синтетическими полимерами с добавлением антисептики. Применяют трехслойные плиты марки П–3 длиной 2,44; 2,75; 3,50; 3,66 и 5,50 м, шириной от 1,22 до 2,44 м, толщиной 10–24 мм.

Древесноволокнистые сверхтвердые плиты СМ-500 изготавливают прессованием молотой древесной массы, обработанной полимерами, чаще всего фенолформальдегидными, с добавками высыхающих масел и др. компонентов. Для полов в жилых помещениях и интерьерах общественных зданий плиты выпускают длиной 1,2 м, шириной 1,0 м, толщиной 5–6 мм.

Монолитные бесшовные полы, изготавливаемые на основе полимерных материалов, являются наиболее гигиеничными и удобными в эксплуатации, обладают высокой прочностью на истирание. В зависимости от исходного сырья бесшовные полы делят на три вида: поливинилацетатные, полимерцементные и полимербетон. По консистенции составы могут быть пластичные, укладываемые с помощью укладочных машин или виброприспособлений, и наливные, которые наносят распылением или разливом; по назначению – для лицевого слоя, стяжки и шпаклевочного слоя. Выполняются без стыков, наплывов, раковин и шероховатостей поверхности по всей площади, с однородным цветом для жилых, общественных и промышленных зданий.

Погонажные архитектурно-строительные изделия – плинтусы, поручни для лестничных перил, балконов и других ограждений, защитные и декоративные накладки на проступи лестничных маршей, раскладки для крепления листовых материалов, нащельники и др. Могут быть жесткие, полужесткие и мягкие, различных цветов с глянцевой или матовой поверхностью, получаемые методом экструзии на основе суспензионного поливинилхлорида. Наполнителем служит мел или тальк, пластификатором – диоктилфталаты, в качестве связующего вещества полиэтилен высокого давления.

Трубы и санитарно-технические изделия применяются на монтаже различных трубопроводов в промышленности, а также при сооружении водопроводов, канализации, нефтепроводов, ирригационных систем и т.д. Наибольшее распространение получили полиэтиленовые, поливинилхлоридные, стеклопластиковые трубы и трубы из органического стекла, а также из полипропилена и фенолита. Полипропиленовые трубы хорошо работают при температуре до 100⁰С, а фенолитовые в условиях химической агрессии. Пластмассовые трубы более долговечны, чем металлические, не подвержены электрохимической коррозии, имеют меньшую массу и теплопроводность, высокую водо- и химическую стойкость, дешевле. Недостатком пластмассовых труб является малая теплостойкость, например, поливинилхлоридные трубы непригодны для транспортирования жидкости с температурой выше 60⁰С.

Санитарно-технические изделия из пластмасс имеют красивый цвет, водостойки, легки, прочны и коррозиестойки, устойчивы против растворов кислот и щелочей. К ним относятся умывальники, ванны, раковины, душевые

кабины, вентиляционные решетки, мойки и т.д. Крупногабаритные изделия (ванны) прессуют методом эластичного пуансона, мелкие (вентиляционные решетки) изготавливают методом литья под давлением. Применение полимеров позволяет получать изделия любых светлых тонов до белоснежного.

Гидроизоляционные и герметизирующие материалы выпускаются в виде рулонов, мастик или резины. Рулонные материалы представлены *полиизобутиленовой пленкой (ПСГ)*, отличаются высокими гидроизоляционными свойствами, трещиностойкостью и хорошей адгезией к основаниям, что позволяет рекомендовать их для оклеечной гидроизоляции; *гидроизоляционным материалом ГМП*, для гидроизоляции подземных сооружений, уплотнения швов между панелями и блоками сборных конструкций, заделки стыков трубопроводов и др. Мастики – *полисульфидные (тиоколовые) герметики* выпускают в виде двух компонентных смесей из тиоколовой герметизирующей и вулканизирующей паст; *мастика–изол* – смесь, состоящая из резиновой крошки, битума, кумаронового полимера, наполнителя (асбестового волокна) и антраценового масла (антисептика); *нетвердеющая мастика* – герметик на основе полиизобутилена, со смягчителем и наполнителем в виде тонкодисперсного минерального порошка; *клеящие синтетические мастики* при оптимальном составе обладают повышенной адгезионной способностью, био- и водостойкостью. *Резина* – эластичный продукт вулканизации каучука с наполнителями, мягчителями и другими компонентами. Вулканизация – процесс превращения каучука в резину, чаще всего осуществляемый с помощью серы при нагревании до 130-160⁰С (горячая вулканизация). В строительстве используют резины для устройства чистых полов, а отходы резины (крошка) применяют для изготовления резиновых материалов, бризола, битуморезиновых мастик и др.

7.6. Теплоизоляционные материалы – классификация, виды и свойства

Теплоизоляционные материалы современного производства отличаются качественными характеристиками, как правило, экологичны и обладают прекрасными эргономичными свойствами. Основное назначение теплоизоляционных материалов в зданиях и сооружениях – ограничивать количество передаваемого тепла от нагретой среды к холодной.

По составу исходного сырья различают:

Органические – это торф, древесное волокно, которые могут использоваться для утепления только с внутренней стороны и при исключении высокой влажности в помещении, так как они подвержены гниению. Помимо натуральных к органическим видам теплоизоляционных материалов можно отнести пенопласт, пенополистирол, пенополиэтилен. Они не боятся влажности, но не отличаются повышенной огнестойкостью.

Неорганические – минераловатные утеплители, пеностекло, ячеистые бетоны, базальтовое волокно. Чаще других используется минеральная вата и минераловатные плиты. Материал обладает огнестойкостью и высокой паро-

проницаемостью, для условий с повышенной влажностью, используют неорганические материалы с гидрофобизирующими добавками.

Смешанного типа – вермикулит, асбест, перлит и другие материалы из вспученных горных пород, которые отличаются высокой стоимостью и поэтому используется реже двух первых видов.

В условиях эксплуатации теплопроводность материалов зависит не только от плотности и пористости, а также от структуры, влажности, температуры окружающей среды, сжимаемости, теплоемкости, водопоглощения, сорбционной влажности, гидрофобности, паропроницаемости, водостойкости, морозостойкости, огнестойкости, негорючести, долговечности, биостойкости, возможности проведения монтажных работ вне зависимости от сезона.

По теплопроводности λ теплоизоляционные материалы делят на три класса: А – низкой (до 0,06 Вт/м К), Б – средней (0,06...0,115 Вт/м К) и В – повышенной теплопроводности (0,115...0,175 Вт/м К).

По внешнему виду и форме: рыхлые (минеральная вата) и сыпучие (перлитовый песок); штучные (блоки, кирпичи, плиты), рулонные (маты) и шнуровые (жгуты).

По структуре и строению – мелкопористые ячеистые (как пена), волокнистые (как вата), зернистые (воздух находится в межзерновом пространстве) и пластинчатые (воздушные прослойки между листами материала).

В зависимости от жесткости при удельной нагрузке 0,002 МПа:

- на мягкие (М) – сжимаемость по объему составляет более 30%;
- полужесткие (П) – сжимаемость 6...30%;
- жесткие (Ж) – сжимаемость до 6%;
- повышенной жесткости (ПЖ) – сжимаемость до 10%;
- твердые (Т) – сжимаемость до 10% при удельной нагрузке 0,1 МПа.

По горючести (СНиП 21-01-97) теплоизоляционные материалы подразделяются на негорючие (НГ), слабо горючие (Г1), умеренно горючие (Г2), нормально горючие (Г3) и сильно горючие (Г4).

Основные характеристики теплоизоляционных материалов:

Теплопроводность равна количеству теплоты в Вт, которая за 1 ч пройдет сквозь 1 м теплоизоляции площадью 1 м². Показатель теплопроводности напрямую зависит от степени влажности поверхности, поскольку вода пропускает тепло лучше воздуха, то есть влажный материал станет более теплопроводным.

Пористость – доля пор во всем объеме теплоизоляционного материала. Поры могут быть открытыми и закрытыми, крупными и мелкими. При выборе важна равномерность их распределения и вид.

Водопоглощение – количество воды, которое может впитать и удержать в порах теплоизоляционный материал при прямом контакте с водной средой. Для улучшения этой характеристики материал подвергают гидрофобизации.

Плотность – показывает соотношение массы и объема изделия, кг/м³.

Влажность – объем влаги в утеплителе. Сорбционная влажность указывает на равновесие гигроскопической влажности в условиях разных темпе-

ратурных показателей и относительной влажности воздуха.

Паропроницаемость – количество водяного пара, проходящее за один час через 1 м² утеплителя. Единица измерения пара – мг, а температура воздуха внутри и снаружи принимается за одинаковую.

Биостойкость – способность противостоять воздействию насекомых, микроорганизмов, грибков и в условиях повышенной влажности.

Прочность – параметр свидетельствует о том, какую нагрузку выдерживает изделие при транспортировке, хранении, укладке и эксплуатации. Хороший показатель находится в пределах от 0,2 до 2,5 МПа.

Огнеустойчивость – Здесь учитываются все параметры пожарной безопасности: воспламеняемость материала, его горючесть, дымообразующая способность, а также степень токсичности продуктов горения. Так, чем дольше утеплитель противостоит пламени, тем выше его параметр огнестойкости.

Термоустойчивость – способность материала сопротивляться воздействию температуры, после достижения которой у материала изменятся характеристики, структура, а также уменьшится его прочность.

Удельная теплоемкость. Измеряется в кДж/(кг °С) и тем самым демонстрирует количество теплоты, которое аккумулируется слоем теплоизоляции при нагревании на 1 градус.

Морозоустойчивость – возможность материала переносить изменения температуры, замерзать и оттаивать без потери основных характеристик.

Наиболее распространенные утеплители, приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Типы и характеристики распространенных утеплителей

	Стекловата	Каменная/ базальтовая вата	Пенополистирол	Экструдированный пенополистирол
Характеристики				
Область применения	Фасад, стены, пол, плоская кровля, потолок	Фасад, стены, пол, плоская и скатная кровля	Фасад, стены, пол, потолок, плоская и скатная кровля	Фасад, стены, пол, потолок, плоская и скатная кровля
Исходное сырье	неорганическое	неорганическое	органическое	органическое
Структура	волокнистая	волокнистая	ячеистая	ячеистая
Форма	рыхлая, прессованная в маты	рыхлая, прессованная в маты	плоская	плоская
Горючесть	НГ	НГ	Г-3, Г-4	Г-3, Г-4
Водопоглощение	высокое	низкое	относительно низкое	низкое
Потеря объема и формы	высокая	низкая	низкая	низкая
Стойкость к биоорганизмам	высокая	высокая	низкая	высокая
Способность «дышать»	пропускает воздух и пар	пропускает воздух и пар	не пропускает воздух и пар	не пропускает воздух и пар
Влияние на здоровье	вредное	безвредное	безвредное	безвредное

При выборе утепляющего материала не следует останавливаться на каком-то определенном типе, а делать комплексную изоляцию, применяя все лучшие свойства под нужный тип помещения.

В последнее время находит применение, фольгированный утеплитель – это когда обычный теплоизоляционный материал имеет прослойки или напыление алюминия. Слой фольги в значительной мере изменяет качественные показатели теплоизоляционного материала:

- повышает устойчивость к резким перепадам температуры;
- увеличивает влагостойкость с фольгированной стороны;
- повышает порог паропроницаемости – 0,001 мг/м*К;
- создает эффект отражения тепла внутрь помещения – 95-97%;
- повышает устойчивость к открытому огню;
- улучшает звукоизоляционные свойства с уровнем поглощения шумов до 68%, в том числе у материалов с условными свойствами шумозащиты;
- увеличивает срок эксплуатации.

Контрольные вопросы

1. *Виды органических вяжущих веществ.*
2. *В чем различие термoplastичных и терморeактивных вяжущих веществ.*
3. *Что собой представляют битумы и дегти? Технология их получения. Различия между ними.*
4. *Основные свойства черных вяжущих.*
5. *Области применения в строительстве органических вяжущих веществ.*
6. *Гидроизоляционные материалы на основе черных вяжущих.*
7. *Что такое пластмассы?*
8. *Материалы и изделия на основе пластмасс.*
9. *Теплоизоляционные материалы – классификация, виды.*
10. *Основные характеристики теплоизоляционных материалов.*
11. *Фольгированный утеплитель – преимущества.*

ЛЕКЦИЯ 8. ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ДЕРЕВА И МЕТАЛЛА

План лекции.

- 8.1. Отделочные материалы и изделия. Лаки, краски, обои.
- 8.2. Сырье, микроструктура и свойства древесины.
- 8.3. Виды, состав и свойства древесных материалов.
- 8.4. Использование отходов переработки древесины.
- 8.5. Определение, классификация и состав металлов.
- 8.6. Стальной прокат и арматура. Изделия из чугуна, стали и цветных металлов.

8.1. Отделочные материалы и изделия. Лаки, краски, обои

По своему функциональному назначению отделочные материалы, должны придавать зданиям и сооружениям определённые свойства:

- защищенности от воздействия факторов окружающей среды;
- завершенности архитектурного оформления;
- обеспеченности требуемых санитарно-гигиенических условий (по запылению, загрязнению, увлажнению, шуму);
- восстанавливаемости поверхности отделки.

Объём производства отделочных материалов, постоянно растет, расширяется их ассортимент, повышается качество и декоративность. Отделочные материалы и изделия, применяемые в современном строительстве, классифицируют по нескольким признакам.

По основному исходному материалу (технологический признак) следующие группы: красочные составы; природные и искусственные камни; керамика; стекло; металл; лесные материалы; полимеры и др.

По функциональному назначению (архитектурно-строительной функции) – материалы для:

- наружной отделки (фасадов);
- внутренней отделки интерьеров;
- отделки, как внутренних интерьеров, так и фасадов зданий;
- покрытия полов;
- специальных целей.

Среди эксплуатационных свойств материалов важнейшими являются свойства, отвечающие *санитарно-гигиеническим требованиям*, создающие благоприятные условия для здорового образа жизни.

Главным техническим свойством отделочных материалов является их *долговечность*, которая зависит от степени влияния отделки на работу несущих и ограждающих конструкций, условий эксплуатации на качество контактного слоя, обеспечивающего сцепление отделки с основанием (подложкой).

Экономическими показателями эффективности применения отделочных материалов являются фактический срок службы, эксплуатационные рас-

ходы на ремонты, общий срок службы с учётом морального старения.

В настоящее время наибольшее распространение имеет окраска, составляющая в общем объёме отделочных работ фасадов зданий более 50 %.

Лакокрасочные материалы по своей структуре и составу представляют весьма сложную и многослойную систему (рисунок 8.1).

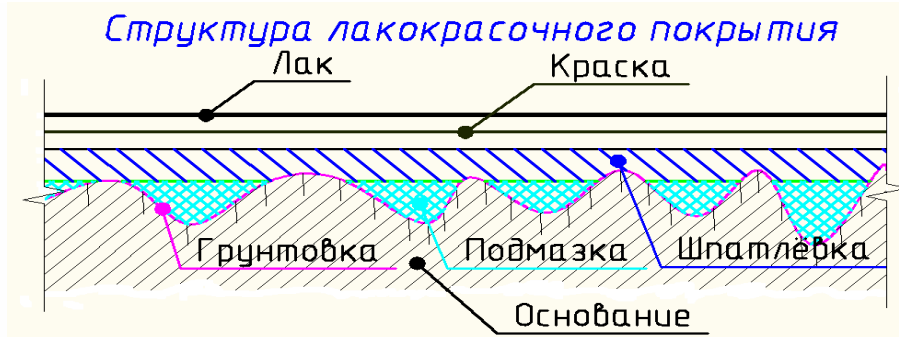


Рисунок 8.1 – Структура лакокрасочного покрытия в разрезе

Окрашиваемая поверхность сначала покрывается грунтовкой. Затем по огрунтованной поверхности наносится выравнивающий слой: крупные неровности (раковины, трещины) выравниваются подмазкой, мелкие – шпатлевкой. И, наконец, по подготовленной таким образом поверхности наносится краска, лак или то и другое в несколько слоев.

Анализ дефектов лакокрасочных покрытий показывает, что около 70% всех причин является неправильная подготовка основания; 15% – неправильный выбор системы окраски; 10% – несоблюдение технологии нанесения и только 5% – некачественная краска. По оценкам специалистов, долговечность лакокрасочного покрытия на 60% зависит от тщательной подготовки рабочей поверхности, на 20% – от хорошей шпатлевки и надежного грунта и только на 20% от лакокрасочного материала.

Виды и предназначение лакокрасочных изделий:

– *краска на неводной основе* – для защиты поверхностей (основной вид применения) и обеспечения декора; расходуется умеренно, но с сильным запахом, долго сохнет, а поверхность покрывается в несколько слоев;

– *краска на водно-дисперсионной основе* – для защиты покрываемой поверхности от влаги и огня;

– *краска на водной основе* – для покраски стен в не проветриваемых помещениях, не имеет запаха, высыхает быстро, это самый широко применяемый и не токсичный материал;

– *эмаль*, быстросохнущий материал из натуральных или синтетических смол и полимеров с добавками – для обработки различных поверхностей (металлических, деревянных, оштукатуренных, бетонных, содержащих строительную пену и герметик);

– *лак*, материал из растворов, образующих пленку (из смол и полимеров в растворителях из органики) – для обработки поверхностей, создания надежной твердой пленки, которая обладает прозрачностью;

– *растворитель* – для химического разведения эмалей и красок, для получения нужную вязкость или плотность, растворяемого вещества;

– *грунтовка* – для повышения сцепления отделочного материала и самой поверхности, а также защиты этой поверхности;

– *шпатлевка* – для выравнивания обрабатываемой поверхности перед покраской;

– *нитрокраска и нитрорастворитель* – для придания обрабатываемой поверхности эффекта зеркальности, но эти вещества токсичные и пожароопасные, а поверхность перед обработкой таким лакокрасочным материалом необходимо подготавливать.

Лакокрасочные материалы на обрабатываемых поверхностях образуют покрытия со следующими свойствами:

- сцеплением с обрабатываемой поверхности;
- проницаемостью для воздуха и влаги;
- твердостью для предотвращения повреждений;
- пластичностью для сохранения деформирования после произведения действий для создания этой деформации;
- эластичностью для сохранения исходного состояния после произведения деформирующих действий;
- химической устойчивостью для стойкости к воздействиям разных веществ;
- атмосферостойкостью для противостояния атмосферному воздействию;
- термоустойчивостью для сохранения в первоначальном виде при воздействии различных температур;
- периодом высыхания лакокрасочного покрытия.

В химическом составе лакокрасящих материалов присутствуют:

- вещества, образующие пленку;
- связующие вещества (жидкие компоненты, связывающие в один состав все компоненты материала);
- системы дисперсии (две или более фазы с развитым разделом между этими фазами, одна из них представляет собой дисперсионную среду, в ней распределены очень маленькие твердые частицы, капельки, пузырьки, составляющие дисперсную фазу);
- суспензии – это системы, в которых твердая дисперсная фаза и жидкая дисперсионная среда;
- эмульсии – это системы, в которых жидкими являются и дисперсная фаза и дисперсионная среда;
- диспергирование, то есть измельчение твердого или жидкого вещества, чтобы создать дисперсную систему;
- лак – это вещество, которое образует пленку в растворителе органического происхождения или в воде;
- олифа – это вещество, образующееся после температурной или химической обработки масел растительного происхождения;
- краска – это суспензия одного или нескольких пигментов с наполните-

лем в водной эмульсии вещества, образующего пленку, в олифе или масле;

- эмаль – это суспензия пигментов и наполнителей в эмульсии или растворе вещества, образующего пленку;
- шпаклевка – это суспензия связующего вида пигмента и наполнителя;
- пигментное вещество для придания оттенка;
- наполнитель, чтобы лакокрасочный материал стал дешевле;
- растворитель – это жидкость для растворения образующего пленку вещества;
- разбавитель – это жидкость, которая не является растворителем, но может применяться в сочетании с ним (например, олифа).

Процесс окрашивания поверхности лакокрасочными материалами состоит в том, чтобы покрыть ее несколькими слоями, а именно: слоем шпаклевки, слоем грунтовки, двумя слоями краски, слоем последнего покрытия, если применяется лак.

Окрашенные поверхности обладают следующими свойствами:

- визуальный эффект окрашивающей пленки – поверхность после окрашивания должна стать ровной, гладкой, без видимых дефектов, полностью одного цвета;
- цвет, зависящий от пигментов;
- блеск окрашенной поверхности (матовый, глянцевый);
- вязкость покрытия окрашиваемой поверхности;
- способность лакокрасочного материала закрывать окрашиваемую поверхность.

Специальные лакокрасочные материалы – химические составы для защиты *дерева* от всевозможных повреждений (фунгицидные растворы защищают такие поверхности от гниения, плесени, грибков), *металлов* от ржавчины, огнезащитные составы, водоотталкивающие составы (гидрофобизирующие растворы). Их нельзя смешивать между собой, так как при этом теряются полезные свойства каждого из составов.

При выборе лакокрасочного материала следует учитывать его техническое описание (условия применения, характеристики основания изделия, подробная инструкция по нанесению), возможность совместного использования лакокрасочных продуктов.

Разновидности красок, применяемых в строительстве (рисунок 8.2).

Известковые краски. Основным связывающим компонентом такого вида краски является гашеная известь. Преимущество данной марки краски в том, что она устойчива к атмосферным изменениям, слой данной краски прекрасно пропускает воздух следовательно поверхность «дышит». На окрашенной данным видам краски поверхности не образуется плесень, подойдет для помещений с большой влажностью. Недостаток – окрашенная поверхность крайне не устойчива к действию сероводорода и азотной окиси.

Краска на клеевой основе. В такой краске основным компонентом является столярный клей. Окрашенная такой краской поверхность так же пропускает воздух и образует матовую пленку. Преимущество: окрашенная по-

верхность не пачкается, в отличие от краски на известковой основе. Под действием влажного воздуха краска набухает, следовательно, ее необходимо использовать исключительно в сухих помещениях.



Рисунок 8.2 – Примеры лакокрасочных материалов

Масляная краска. Самая распространенная краска, основу которой, составляет олифа (натуральное связующее). Данная краска подходит для окрашивания большинства поверхностей, например кухни, стен и потолков в ванной. Ею идеально выкрашивать металлические и деревянные поверхности. Недостаток – поверхность, окрашенная такой краской, не пропускает воздух. Следовательно, в помещениях с большой влажностью воздуха проводить малярные работы масляной краской не рекомендуется.

Алкидная краска. Основой является алкидные смолы. Поверхность, окрашенная такой краской, приобретает глянцевое, почти как лаковое, покрытие, которое очень прочно соприкасается с окрашенной поверхностью. Она довольно быстро высыхает. Такую краску рекомендуется применять для окрашивания окон, дверей, мебели.

Цементная краска. Образующим веществом является цемент. В состав данной краски входят известковые пигменты. Такую краску рекомендуется использовать для окраски фасадов и стен. Можно использовать в помещениях с большей влажностью воздуха.

Лаки представляют собой пленкообразующие растворы синтетических или натуральных смол в органических растворителях.

Эмалевые краски представляют собой суспензию пигмента в лаке, они должны обладать определенной твердостью, атмосферостойкостью, хорошим внешним видом.

Обои – наиболее традиционный и широко известный отделочный материал. В современном определении обои - это рулонный материал, как правило, на бумажной основе (но в некоторых случаях и без нее), который крепится к поверхности стен с помощью клея. Учитывая основу, на которую нанесено декоративное покрытие, эти рулонные материалы можно разделить на несколько групп.

Классификация обоев *по водостойкости*:

– обычные – не выдерживающие воздействия воды, а только сухую протирку (протирание отдельных загрязненных мест тряпочкой или обработ-

ку пылесосом, но без соприкосновения щетки с обоями);

- обои водостойкие – выдерживающие протирание слабо загрязненных мест влажной губкой или мягкой тряпочкой без применения моющих средств;

- обои моющиеся – выдерживающие омывание водой с добавлением моющих средств;

- обои высокостойкие – виниловые.

По виду поверхности: гладкие; с рельефным рисунком, наносимые на поверхность в процессе производства; с выдавленным рисунком мелким; с глубоким рисунком – многослойные.

По плотности: легкие; тяжелые (при плотности менее 110 г/м появляются значительные трудности с наклейкой полос при наличии неровностей на основании, более плотные обои положительно влияют на микроклимат в помещен).

В зависимости от рисунка: гладкие одноцветные; узорчатые без повторяющегося рисунка, требующего подгонки соседних полос при наклейке.

По долговечности, которая зависит от способа эксплуатации помещения: средняя долговечность обыкновенных обоев – 4-5 лет.

Обои должны отвечать следующим нормам: норме светостойкости, которая должна быть не менее 6 по восьмиградусной голубой шкале. Это имеет принципиальное значение, т.к. перестановка мебели в помещении обнаруживает выгорание обоев; паропроницаемости, которая должна быть не менее 100 г/м за 24 ч. Это условие влияет на микроклимат помещения и одновременно позволяет правильно просыхать нововстроенным элементам.

8.2. Сырье, микроструктура и свойства древесины

Растущее дерево состоит из корневой системы, ствола и кроны, при этом промышленное значение имеет ствол, из которого получают 70 – 90 % древесины. Легкость и высокая прочность древесины (на растяжение и сжатие вдоль волокон), малая теплопроводность, простота обработки способствуют повсеместному применению этого материала и, в частности, в строительстве капитальных, вспомогательных и временных сооружений. Наряду с этим древесина имеет и существенные недостатки, которые в значительной степени устраняются соответствующей обработкой. Среди недостатков:

- неоднородность строения, а, следовательно, неодинаковость свойств в разных направлениях (малая прочность на растяжение поперек волокон и на скалывание);

- способность изменять свою влажность на воздухе и, соответственно, размеры, форму и прочность;

- способность быстро разрушаться от гниения при неблагоприятных условиях хранения и эксплуатации;

- легкая возгораемость.

Макроструктура – это строение древесины, различимое невооруженным глазом или при незначительном увеличении.

Ствол в основном состоит из клеток, вытянутых по его длине клетки группируются наслоениями, которые на торце имеют вид концентрических колец, а на продольных разрезах (радиальном и тангенциальном) – наклонных и параболических линий. На торцовом разрезе, начиная от периферии к центру, различают следующие основные части ствола: кору, луб, камбий, заболонь и сердцевину (рисунки 8.3).

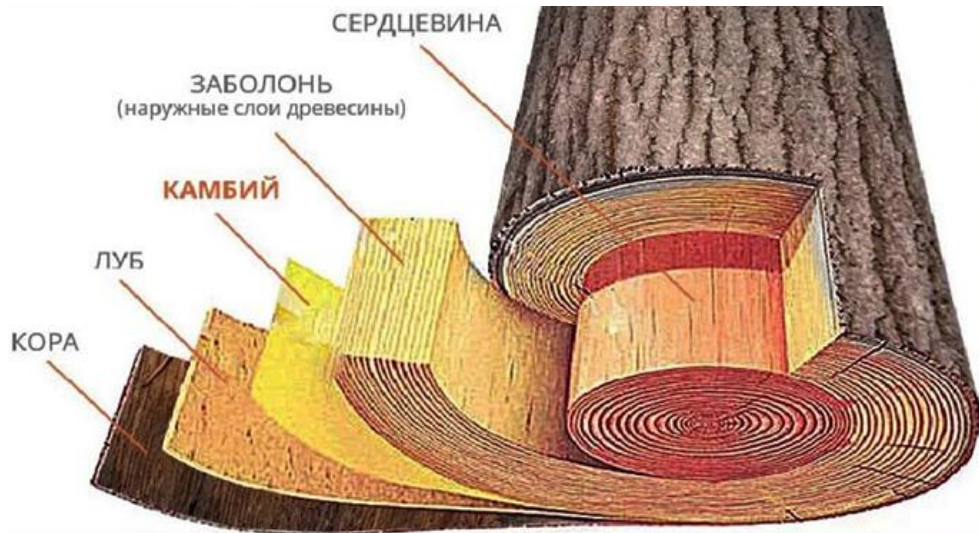


Рисунок 8.3 – Строение поперечного разреза ствола

Кора изолирует дерево от вредных воздействий внешней среды резких колебаний температуры, насекомых вредителей леса и т.п. Она состоит из наружных покровных наслоений, резко отличающихся от внутренних наслоений древесины и занимает 5 – 20% объема дерева. Некоторые породы имеют толстую теплозащитную кору, которая используется для изготовления теплоизоляционных плит и укупорочной пробки, в отделочных работах.

Луб в растущем дереве служит проводником питательных веществ от кроны в ствол и корни; в нем откладываются запасы питательных веществ, необходимых дереву ранней весной для развертывания молодых листьев.

Камбий расположен между лубом и древесиной в виде очень тонкого слоя тонкостенных клеток, способных к делению и росту. Клетки камбия, делаясь, ежегодно откладывают в сторону коры клетки луба, а в противоположную сторону клетки древесины. Древесина состоит из ряда концентрических слоев, идущих от сердцевины до коры, от которой она отделяется незаметным на глаз камбиальным слоем.

Заболонь – часть древесины более позднего образования, состоящая из молодых клеток, среди которых имеются живые и омертвевшие. В растущем дереве по заболони (снизу вверх) движется влага с растворенными в ней минеральными веществами, отчего влажность заболони в свежесрубленном дереве гораздо больше, чем в ядре. Древесина заболони по своим механическим свойствам равноценна древесине ядра (при одинаковой их влажности), но стойкость ее против загнивания ниже.

Серцевина состоит из клеток с тонкими стенками и представляет со-

бой рыхлую ткань первичного образования; она очень слаба, непрочна и легко поддается загниванию. Часто загнивание ствола дерева начинается с сердцевины, затем распространяется на прилегающие к ней годовичные слои и в стволе образуется дупло. Сердцевина и образовавшаяся в первый год развития дерева древесная ткань образуют сердцевинную трубку, которая не у всех пород развита одинаково; например, клен и ясень имеют широкую трубку, а лиственница и кедр – узкую. В пиломатериалах – досках и брусках толщиной до 50 мм, предназначенных для растянутых и изгибаемых элементов несущих конструкций, сердцевина не допускается.

Бывает, что не вся плоскость среза окрашена равномерно: ближе к центру она может быть темнее, а дальше – светлее. Темная часть, самая прочная, созданная из мертвых клеток ткани, является ядром, а светлая – заболонью. Клетки ядра отмирают из-за закупорки проводящих сосудов смолой. Породы древесины с такой окраской называют ядровыми (дуб, сосна, ясень, лиственница). Если срез окрашен равномерно, то такие породы являются безъядровыми (ольха, береза).

Каждый год жизни отмечается на стволе увеличением слоя древесины определенного размера, который зависит от возраста, условий жизни растения, скорости роста. Такие слои называют годовичными кольцами. Они особенно ярко видны на спилах хвойных пород и содержат два слоя ткани:

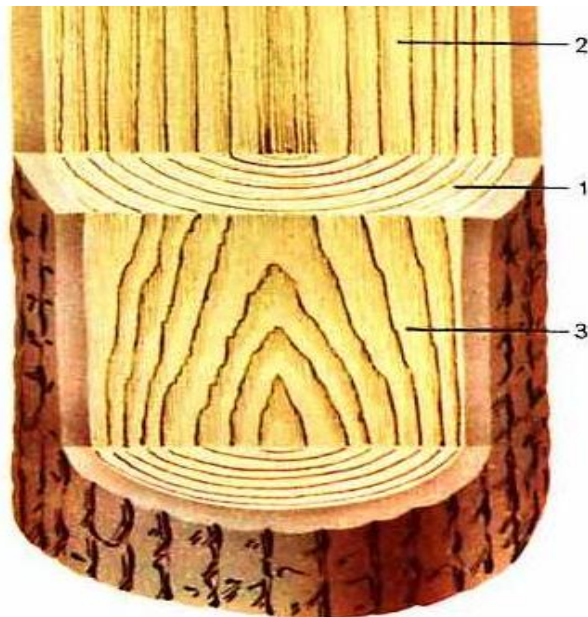
- ранний мягкий слой, возникает в первой половине годовичной вегетации, имеет светлую окраску, находится у центра ствола;
- поздний твердый слой, создается во второй половине годовичного роста, отличается темной окраской, располагается ближе к коре.

По каналам ранней ткани транспортируются питательные элементы к вершине и обратно. Зона позднего слоя защищает растение от механических повреждений. В комле находятся самые узкие кольца. Из-за плохих условий произрастания они могут иметь волнистость, что повышает декоративность древесины. Древесный материал с самыми узкими кольцами считается лучшим.

На поперечном разрезе ствола таких пород, как дуб, бук, клен и др., заметны узкие радиальные линии – так называемые сердцевинные лучи (рисунок 8.4).

На радиальном разрезе они представляют собой светлые или темные полоски, они часто прерываются, так как отклоняются от строго радиального направления. На тангентальном разрезе сердцевидные лучи имеют вид темных штрихов с заостренными концами, расположенными по длине ствола. У хвойных пород они обычно очень узкие и видны только под микроскопом. Сердцевинные лучи состоят из очень коротких и тонкостенных клеток, слабо связанных между собой, вследствие чего древесина легко раскалывается по сердцевинным лучам; по ним же проходят трещины, образующиеся при высыхании материала.

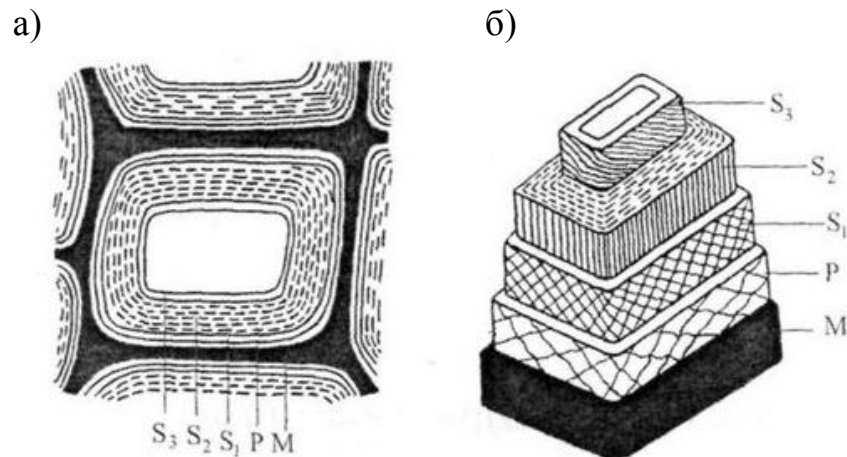
Древесина лиственных пород содержит от 10 до 35% сердцевинных лучей от объема древесины, хвойных – от 5 до 10%.



1 – поперечный (торцовый); 2 – радиальный; 3 – тангенциальный;

Рисунок 8.4 – Разрезы ствола дерева

Микроструктура – это строение древесины, видимое только при значительном увеличении, т. е. под микроскопом. Множество разнообразных клеток, скрепленных между собой – это есть древесная масса. Каждая клетка наполнена протопластом, а межклеточное пространство – сложными полимерными соединениями (рисунок 8.5).



а – поперечный разрез; б – модель строения оболочки;
 М – межклеточное пространство; Р – первичная стенка; S – вторичная стенка

Рисунок 8.5 – Строение древесной клетки

Однозначные по строению и функциям клетки создают соответствующие ткани: механические (опорные), проводящие и запасующие.

Оболочка клетки создана из природных высокомолекулярных полиме-

ров: углеводов (70 – 80%) и лигнина (20 – 30%). Углеводная часть представлена холоцеллюлозой, гемицеллюлозой и целлюлозой. Лигнин — аморфное вещество, связывающее целлюлозные волокна между собой, благодаря чему целлюлоза приобретает прочность и эластичность. Лигнин и целлюлоза пропитывают стенки клеток, вызывая их одревеснение. В результате оболочка становится жесткой, твердой, по прочности не уступающая железобетону.

Химический состав древесины и коры. Поскольку ткань древесной массы создана из клеток, то все химические компоненты располагаются в клеточных оболочках. Древесина состоит из минеральных и органических компонентов. К минеральным (неорганическим) веществам относятся элементы, которые остаются после сгорания древесной ткани (зола). Их величина составляет 1% от общей массы. По химическому составу – это смесь растворимых (натрия, калия) и нерастворимых (магния, кальция, железа) в воде солей. Остальную часть представляют органические составляющие, занимающие 99% общей массы, элементный состав, которых содержит 49–50% углерода, 43–44 % кислорода, 6 % водорода и 0,1–0,3 % азота.

В древесине лиственных пород для движения влаги кроме клеток имеются и более крупные элементы – сосуды; они имеют форму трубочек, идущих вдоль ствола дерева. У таких лиственных пород, как береза, ольха, бук, граб, клен, осина, липа и др., крупных сосудов нет, и поэтому их ранняя и поздняя древесина резко не различаются, для них характерны мелкие сосуды, рассеянные по всей ширине годичного слоя. Эти породы носят название рассеянно-сосудистых.

Хвойные породы в отличие от лиственных не имеют сосудов, а состоят в основном из замкнутых сравнительно длинных клеток. У большинства хвойных пород в промежутках между клетками, в так называемых смоляных ходах, сосредоточивается смола. Смоляные ходы расположены преимущественно в поздней древесине. На торцовом разрезе смоляные ходы видны при значительном увеличении, но на продольных разрезах (особенно на заболонной части) их можно обнаружить в виде темных черточек и невооруженным глазом. Смола защищает древесину от заболевания при повреждении ствола.

8.3. Виды, состав и свойства древесных материалов

Хвойные породы. Сосна – ядровая порода, ядро у нее обычно бурокрасного цвета, а заболонь желтого. Древесина сосны мягкая (плотность 470 – 540 кг/м³) и прочная, легко обрабатывается. Так называемая «рудовая» сосна, растущая на возвышенных местах, песчаных и супесчаных почвах имеет мелкослойную плотную смолистую древесину. У «мяндовой» сосны, растущей на низменных глинистых почвах, древесина крупнослойная, рыхлая, с широкой заболонью и поэтому хуже, чем у «рудовой» сосны.

Ель применяют в строительстве наравне с сосной, хотя по качеству она уступает сосне. Ель имеет спелую древесину белого цвета с желтым оттенком, менее смолистую и более легкую, чем у сосны (плотность 440 – 500 кг/м³). Вследствие большого количества твердых сучков ель трудно обраба-

тывать.

Лиственница имеет ядро красновато-бурого цвета, ее заболонь узкая и по окраске резко отличается от ядра. Древесина лиственницы плотная (плотность $630 - 790 \text{ кг/м}^3$), твердая и прочная, менее подвержена гниению, чем древесина сосны. Поэтому лиственница особенно ценится в гидротехническом строительстве и мостостроении; из нее изготавливают шпалы, рудничные стойки.

Кедр имеет мягкую и легкую древесину, ее механические свойства ниже, чем сосны. Применяют в виде круглого леса и пиломатериалов, для столярных изделий и отделки мебели - в виде декоративной фанеры.

Пихта по древесине схожа с елью, но не имеет смоляных ходов. Легко загнивает, поэтому ее не применяют во влажных условиях эксплуатации.

Лиственные породы. Дуб имеет плотную (около 720 кг/м^3), очень прочную и твердую древесину. Ядро темно-бурого цвета, резко отличается от желтоватой заболони. Многочисленные крупные сердцевинные лучи видны на всех разрезах и придают древесине дуба своеобразную текстуру. Дуб применяют в ответственных конструкциях (шпонки, нагели и т. п.) в гидротехнических сооружениях, мостостроении; дубовый паркет, мебель, столярные изделия, ножевая фанера для столярно-отделочных работ, особенно ценится мореный дуб черного или темно-серого цвета.

Ясень имеет тяжелую ($660 - 740 \text{ кг/м}^3$), гибкую и вязкую, но менее прочную древесину, чем древесина дуба. Благодаря красивой текстуре ценится в мебельном производстве и столярно-отделочных работах.

Ильмовые породы (ильм, вяз, карагач) имеют прочную, твердую и гибкую древесину. Большой частью их используют в столярном производстве для изготовления мебели и строганой фанеры.

Береза – заболонная порода, распространенная в наших лесах, имеет тяжелую (около 650 кг/м^3) древесину, которая относительно легко загнивает в сырых и плохо вентилируемых местах. Березу используют для изготовления фанеры, столярных изделий и отделочных материалов (ее легко имитировать под ценные породы), особую ценность представляет карельская береза со своеобразной извилистой и узловатой текстурой.

Бук – спелодревесная порода, ее древесина (белая с красноватым оттенком) тяжелая (около 650 кг/м^3) и твердая, легко раскалывается. Древесина бука, как и древесина березы, относительно легко загнивает. Применяют для производства паркета, мебели, фанеры.

Граб имеет древесину, похожую на буковую, но более тяжелую. Используют для тех же целей, что и бук.

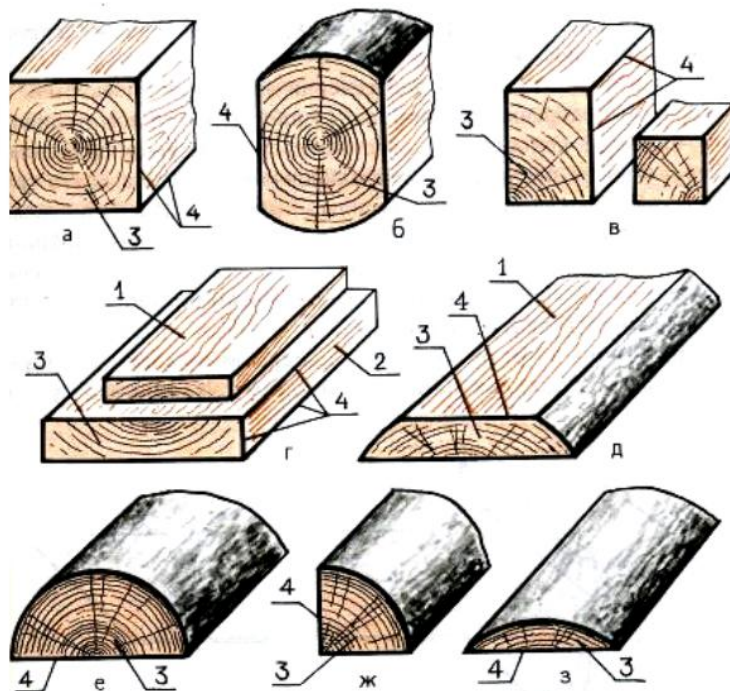
Осина – заболонная порода, широко распространенная в наших лесах. Ее древесина – с зеленым оттенком, легкая ($420 - 500 \text{ кг/м}^3$), мягкая, склонная к загниванию, служит исходным сырьем для изготовления фанеры, древесных плит.

Ольха – заболонная порода с мягкой древесиной, склонной к загниванию. Используют в основном так, как и березу.

Липа – спелодревесная мягкая порода, предназначенная для изготовле-

ния фанеры, мебели, тары.

Изделия из древесины. При продольной распиловке стволов деревьев на лесопильных рамах получают различные пиломатериалы: брусья, бруски, доски, пластины, четвертины и горбыли. Пиломатериалы имеют следующие элементы: пласти, кромки, ребра и торцы (рисунок 8.6).



а – брус четырехкантный; б – брус двухкантный; в – бруски; г – доски обрезные; д – доски необрезные; е – половинка; ж – четвертинка; з – горбыль; 1 – пласть; 2 – кромка; 3 – торец; 4 – ребро

Рисунок 8.6 – Пиломатериалы

Пороки древесины – это особенности и недостатки, как всего ствола дерева, так и отдельных его участков, ухудшающие свойства древесины и ограничивающие возможности ее использования (рисунок 8.7).

Наиболее распространенные пороки древесины:

Сучки – присущи почти всем породам деревьев, нарушают однородность строения древесины, затрудняют механическую обработку и снижают ее прочностные показатели. Сучки бывают светлые и темные; сросшиеся, несросшиеся и выпадающие; здоровые, гнилые и табачные и т. д.

Трещины – это продольные разрывы древесины, которые образуются под действием внутренних напряжений, достигающих предела прочности древесины на растяжение поперёк волокон.

Химические окраски – это ненормально окрашенные равномерные по цвету участки в срубленной древесине, возникающие в результате развития химических и биохимических процессов, в большинстве случаев связанные с окислением дубильных веществ.

Грибные поражения – это грибные ядровые пятна, плесень, заболонные грибные окраски, побурение (торцовое, боковое), гниль (пестрая ситовая, бу-

рая трещиноватая, белая, заболонная, ядровая, твердая, мягкая, наружная тухлявая).

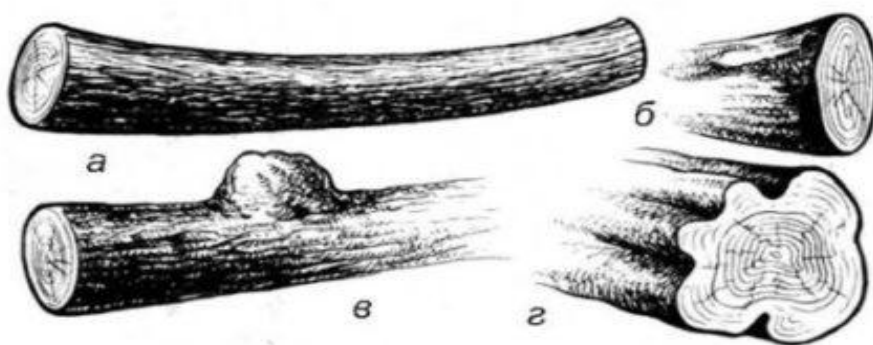


Рисунок 8.7 – Пороки древесины

Биологические повреждения – ходы и отверстия, проделанные в древесине насекомыми – червоточина (поверхностная, неглубокая, глубокая, крупная, некрупная, сквозная), повреждения древесины паразитными растениями (неглубокое, глубокое), а также повреждения птицами.

Механические повреждения – инородные включения, обугленность, обдир коры, обзол, закорина, волнистость, ворсистость, мшистость, бахрома, вмятина, рваный торец, накол, гребешок, ожог.

Пороки формы ствола (рисунок 8.8):



а – кривизна; б – сбежистость; в – наросты; г – закомелистость

Рисунок 8.8 – Пороки формы ствола

Сбежистость – плавная убыль радиуса ствола, норма – снижение диаметра ствола на 1 см на одном метре длины, иначе высокая сбежистость.

Овальность – если соотношение меньшего и большего диаметра поперечного сечения ствола меньше, чем 1:1,5.

Нарост – локальное изменение толщины ствола, в тканях нароста определяются рельефные разводы разнообразной формы.

Кривизна – степень отклоненности продольной оси ствола от прямой, практически отсутствует у елей, тополей, дубов, пихты.

Предохраняют древесину от гниения сушка, различные конструкции, защищающие от увлажнения, антисептирование (химическая обработка древесины для повышения ее биологической стойкости).

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.

Естественную сушку – осуществляют на открытом воздухе, под навесом или в закрытых помещениях до воздушно-сухого состояния, требует много времени – недель и даже месяцев, применяется при необходимости тщательного и длительного вылеживания или небольшом объеме работ.

Искусственная сушка производится в сушильных камерах горячим воздухом, газом, паром или токами высокой частоты, а также за счет погружения в нагретый петролатум. Наиболее распространены камерные сушилки непрерывного и периодического действия, которые по сравнению с естественной имеют более короткие сроки достижения малой конечной влажности (6 - 8 %) и высокое качество древесины, уничтожение грибной инфекции, насекомых-вредителей, а также сокращение производственных площадей по сравнению с площадями, занимаемыми штабелями древесины.

Защита древесины от гниения. Для предупреждения загнивания древесины используют конструктивные меры: изоляция от грунта, камня и бетона, устройство специальных каналов проветривания, защита от атмосферных

осадков, а также предварительную обработку древесины 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 водорастворимые и водонерастворимые маслянистые.

Водорастворимые применяются в виде водных растворов и антисептических паст, к ним относят фторид натрия, кремнефторид натрия, кремнефторид аммония, хлорид цинка, антисептический препарат ХМХЦ.

Маслянистые антисептики – каменноугольное креозотовое и антраценовое масло, масло сланцевое, растворы пентохлорфенола в маслах.

Защита древесины от насекомых. Поражают древесину насекомые-короеды, жуки-точильщики, жуки-усачи и их личинки. Они образуют ходы, называемые червоточиной. Короеды прокладывают извилистые борозды под корой дерева на небольшую глубину. Существенного влияния на прочность древесины они не оказывают.

Основные способы борьбы с насекомыми при хранении древесины на складах – соблюдение санитарных норм и своевременное окуривание 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 вновь строящихся зданий применяют каменноугольные и сланцевые масла, пентахлорфенол в органических растворителях.

Защита древесины от возгорания. Огнезащита деревянных конструкций – важное мероприятие в борьбе с возгоранием 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. Неогнестойкие деревянные сооружения разделяются на отдельные отсеки негоряемыми (брандмауэрными) стенами, огнестойкими перегородками.

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

Для защиты древесины от возгорания кроме покраски и обмазки, делают и пропитку химическими составами – антипиренами. К антипиренам относятся соли фосфорной или борной кислоты, аммонийные соли, карбонат калия или натрия. Обработанная раствором антипирена древесина не горит открытым пламенем, а при длительном воздействии высокой температуры обугливается.

8.4. Использование отходов переработки древесины

При переработке образуется значительное количество отходов (горбыль, рейки, стружки, опилки и т.п.), составляющие 50-60% от массы заготавливаемой древесины. Эти отходы, а также неделовую древесину, превращают, используя хорошо освоенную технологию, в древесно-волоконистые плиты с ценными свойствами.

Древесноволокнистые отделочные плиты (ДВП) производят методом горячего прессования волокнистых материалов (древесные волокна, камыш и др.), пропитанных синтетическими смолами. Плиты имеют длину 1200-2700мм, ширину 1200-1700мм и толщину 3-6мм. Они достаточно прочны и обладают высокими эксплуатационными свойствами. Их применяют для облицовки стен в кухнях, санитарных узлах и др., а также для встроенной мебели. Красивый внешний вид, разнообразие цвета и фактуры, легкость монтажа и обработки, небольшая стоимость предполагает их высокую востребованность.

Древесно-стружечные отделочные плиты (ДСП) получают прессованием древесной стружки, смешанной с синтетическими смолами. Длина плиты 2500-3500мм, ширину 1250-1750мм и толщину 10-25мм. Лицевую поверхность плит покрывают лаками, эмалями и красками, а также облицовывают шпоном, фанерой, пластиком и др. (рисунок 8.9).



Рисунок 8.9 – Листовые материалы путем склеивания стружки

Высокие прочностные и декоративные свойства плит позволяют применять их для облицовки дверей, устройства перегородок, подвесных потолков и других элементов.

На основе магнизиальных вяжущих веществ изготавливают плиты **фибrolит** (с использованием древесных стружек) и **ксилолит** (с использованием древесных опилок). Фибролит относится к биостойким трудногораемым материалам. Фибролит марки Ф-300 применяют в качестве тепло-

изоляционного материала, марки Ф-400 и Ф-500 – конструкционно-теплоизоляционного материала в помещениях с относительной влажностью воздуха не выше 75%. Размеры фибролитовых плит: длина 2400 и 3000 мм, ширина 600 и 1200 мм, толщина 30, 50, 75, 100 и 150 мм.

Кроме этого, широкое распространение в строительстве получил легкий бетон – **арболит**, изготавливаемый на минеральном вяжущем и заполнителях, получаемых из отходов деревообрабатывающего и сельскохозяйственного производств. В качестве органического заполнителя используется дробленка, получаемая измельчением отходов заготовки и обработки хвойных и лиственных древесных пород. Отделку наружной поверхности ограждающих конструкций из арболита производят слоем декоративного бетона или раствора на минеральных заполнителях.

Арболитовые теплоизоляционные изделия изготавливают из портландцемента и органического коротковолокнистого сырья (древесных опилок, дробленой станочной стружки или щепы, сечки соломы или камыша, костры и др.), обработанного раствором минерализатора. Химическими добавками служат: хлорид кальция, растворимое стекло, серноокислый глинозем. Применяют теплоизоляционный арболит плотностью до 500 кг/м^3 . Прочность арболита на сжатие 0,5 – 3,5 МПа, на растяжение при изгибе 0,4 – 1 МПа, теплопроводность 0,1 – 0,126 Вт/(м·°С).

Арболит и изделия из арболита менее энергоемкие по сравнению с другими видами легких бетонов и других теплоизоляционных материалов, имеют обширную сырьевую базу в виде древесных отходов, в связи с чем не требуется создание карьеров и предприятий для производства искусственных пористых заполнителей.

8.5. Определение, классификация и состав металлов

Металлами называют вещества, характерными свойствами которых являются высокая прочность, пластичность, тепло- и электропроводность, особый блеск, называемый металлическим.

Металлические элементы составляют почти 3/4 всех существующих в природе элементов, но не все находят широкое применение в строительстве. Некоторые из них встречаются очень редко. Из наиболее ценных и важных для техники и строительства металлов лишь немногие содержатся в земной коре в больших количествах: алюминий, железо, магний, титан и др.

В водохозяйственном строительстве металлы применяются в виде металлопроката и металлических изделий. Металлопрокат используют при строительстве насосных станций, водопроводящих сооружений, производственных зданий, изготовлении различного типа металлических затворов.

Металлы, применяемые в строительстве, делят на две группы - **черные и цветные**.

Черные металлы представляют собой сплав железа с углеродом, в зависимости от содержания углерода подразделяют на чугуны и стали.

Чугун – железоуглеродистый сплав с содержанием углерода 2 – 4,3%.

В зависимости от назначения различают чугуны литейные, чугуны предельные и чугуны специальные. Литейные чугуны применяют для отливки различных строительных деталей; предельные - используют для производства стали, специальные чугуны – в качестве добавок при производстве стали и чугунного литья специального назначения.

Сталь – ковкий железоуглеродистый сплав с содержанием до 2% углерода. По химическому составу в зависимости от входящих в сплав химических элементов стали бывают углеродистые и легированные. К углеродистым сталям относят сплавы железа с углеродом и примесями марганца, кремния, серы и фосфора. Легированными называют стали, в состав которых входят легирующие добавки (никель, хром, вольфрам, молибден, медь, алюминий и др.).

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.

8.6. Стальной прокат и арматура. Изделия из чугуна, стали и цветных металлов

Стали для строительных конструкций разделяют на виды и маркируют условными обозначениями, в которых отражается состав и назначение стали, механические и химические свойства, способы изготовления и раскисления.

Маркировка сталей. По стандарту марку углеродистой стали обыкновенного качества обозначают буквами Ст и цифрами от 0 до 7. Качественные углеродистые стали маркируют двузначными цифрами, которые показывают содержание углерода в сотых долях процента (0,8; 0,25 и т.д.). В обозначение марок кипящей стали добавляют "кп", полуспокойной "пс", спокойной – "сп", например Ст3сп, Ст3пс, Ст2кп.

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.

Углеродистые стали. 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. Повышенное содержание углерода придает стали хрупкость и твердость.

Наиболее широко в строительстве используют сталь марки - Ст3, которая идет на изготовление металлических конструкций гражданских и промышленных зданий и сооружений, опор линии электропередач, резервуаров и трубопроводов, а также арматуры железобетона.

Легированные стали. Низколегированные стали наиболее часто применяют в строительстве. Содержание углерода в низколегированных сталях не должно превышать 0,2%, при большем количестве 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; медь – стойкость стали к атмосферной коррозии; никель способствует улучшению вязкости без снижения прочности. 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.

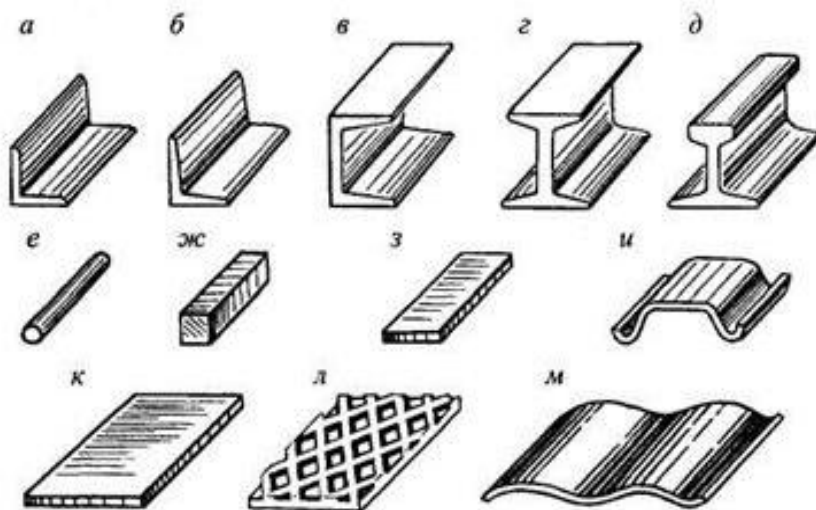
Изделия из стали. Металлообрабатывающая промышленность выпускает обширную номенклатуру различных стальных изделий.

Профильную сталь применяют для изготовления при помощи сварки или клепки разнообразных стальных строительных конструкций (каркасы и фермы промышленных и гражданских зданий, пролетные строения мостов, опоры ЛЭП, фонари освещения зданий и т.д.). Кроме того, из прокатной и штампованной стали специальных профилей выполняют оконные переплеты промышленных и общественных зданий. 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 листовая сталь имеет ряд разновидностей: прокатная толстолистовая шириной 600 - 3800 и толщиной 4-160 мм; прокатная тонколистовая шириной 600 - 1400 и толщиной 0,5 - 4 мм; листовая кровельная, в том числе оцинкованная, шириной 510 - 1500 и толщиной 0,5- 2 мм, а также листовая волнистая и рифленая.

Стальные конструкции выполняют обычно из прокатных элементов различного профиля (трубчатых и гнутых), полосовой и листовой стали. Чаще всего применяют следующие гнутые и прокатные профили: уголки равно- и неравно-полочные, швеллеры, двутавровые балки, подкрановые рельсы, прокатную листовую сталь (круглую, квадратную, полосовую, штампованную, листовую, рифленую, волнистую), прямоугольные и квадратные трубы (рисунок 8.10).

Прокатную сталь для шпунтованных свай выпускают разнообразных профилей; ее применяют для гидротехнического строительства.



а – равнополочный уголок; б – неравнополочный уголок; в – швеллер; г – двутавр;
 д – подкрановый рельс; прокатная сталь: е – круглая; ж – квадратная; з – полосовая;
 и – штампованная; к – листовая; л – рифленая; м – волнистая

Рисунок 8.10 – Сортамент прокатных сталей

Стальные трубы цельнотянутые и сварные $d = 59 \div 1620$ 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^3 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.

В зависимости от условий применения арматура подразделяется на не-напрягаемую, используемую для обычного армирования, и напрягаемую, используемую в предварительно напряженном железобетоне.

Стержневая арматурная сталь представляет собой горячекатаные стержни $d = 6 - 80$ мм. В зависимости от марки стали и соответственно от физико-механических показателей стержневая арматура делится на шесть классов. С повышением класса увеличивается предел прочности и снижается относительное удлинение при разрыве арматурной стали.

В зависимости от механических свойств стержневую арматуру разделяют на классы с условным обозначением А. Условные обозначения классов горячекатаной арматурной стали: А-1, А-2, А-3, А-4 и др. При обозначении класса термически упрочненной арматурной стали к индексу "А" добавляют индекс "т", например Ат-3. Сталь, упрочненную вытяжкой, обозначают по

классу исходной горячекатаной стали, но при этом добавляют еще индекс "в", например Ав-3. Арматурные стержни класса А-1 – гладкие, А-2 – А-6 – периодического профиля, что улучшает их сцепление с бетоном. Стержневую арматуру диаметром более 10 мм поставляют в виде прутков длиной от 6 до 18 м; диаметром 6 – 9 мм (называемую катанкой) – в бухтах и выпрямляют в стержни на месте применения.

Стальную арматурную проволоку изготавливают двух классов: В-1 – из низкоуглеродистой стали (предел прочности 550-580 МПа) и В-2 – из высокоуглеродистой или легированной стали (предел прочности 1300-1900 МПа).

Проволока класса В-1 предназначена для армирования бетона без предварительного напряжения, В-2 - для предварительного напряженного армирования. Если на проволоке делают рифления для улучшения сцепления с бетоном, то в обозначении добавляют букву "р" (например, Вр-1 или Вр-2).

Из проволоки изготавливают также арматурные сетки и каркасы, нераскручивающиеся пряди (трех-, семи- и двенадцатипроволочные) марок П-3, П-7 и П-12 и стальные канаты, 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, за сохранностью заводских бирок, прикрепленных к пучкам, пакетам и моткам арматурной стали. При хранении арматурной стали необходимо предохранять ее от загрязнения и коррозии.

Свойства и марки чугуна, чугунные изделия. 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 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 и маркируют буквами СЧ, например, СЧ 12-28, СЧ18-36, СЧ28-48 и СЧ32-52. Первая цифра марки показывает допустимый предел прочности при растяжении, вторая - предел прочности при изгибе (в кгс/мм). Серый чугун, используемый для отливки изделий, работающих главным образом на сжатие (колонны, опорные подушки, канализационные трубы, тьюбинги и др.), характеризуется пределом прочности при растяжении 120-210 МПа и при изгибе 280 - 400 МПа.

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 труб печных приборов (топочные дверцы, задвижки, колосники), а также архитектурно-художественных изделий.

Изделия из цветных металлов. Алюминий и его сплавы. Алюминий – легкий серебристо-белый металл, важное достоинство – низкая плотность (2700 кг/м^3). В чистом виде алюминий мягок, пластичен, хорошо отливается, прокатывается, температура плавления 657°C . Алюминий имеет повышенную стойкость к коррозии на воздухе за счет образования защитной пленки (Al_2O_3), высокую теплопроводность и электропроводность. Предел прочности при растяжении алюминия $90 - 120 \text{ МПа}$, относительное удлинение $20 - 30\%$, твердость $H_g=25 - 30$, коэффициент теплопроводности $200 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$.

В чистом виде в строительстве алюминий применяется для отливки деталей, изготовления порошков (алюминиевые краски и газообразователи при изготовлении ячеистых бетонов), фольги, электропроводов. Из алюминиевой фольги делают высокоэффективный утеплитель (альфоль), используют ее 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, имеют предел прочности при растяжении более 100 МПа , изготавливают плоские и волнистые листы, прокатные, гнутые, клепаные и сварные профили, трубы.

Медь и ее сплавы. Медь – металл красного цвета с плотностью 8800 кг/м^3 , температурой плавления 1083°C , пределом прочности при растяжении около 200 МПа , относительным удлинением $30 - 60\%$. Медь – мягкий и пластичный металл, хорошо проводит электричество и тепло, применяется для изготовления электрических проводов и в качестве составной части сплавов.

Сплав, состоящий из меди и цинка, называют латуню. Латунь обладает высокими механическими и антикоррозийными свойствами и поддается горячей и холодной обработке. Применяют ее в виде листов, прутьев, проволоки, труб, а также в виде специальных изделий, сочетающих антикоррозийные и художественные качества (для архитектурной отделки интерьеров, 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), константин (40% никеля, 59% меди и 1% марганца).

Магний и сплавы. Магний – один из наиболее легких металлов. Средняя плотность его 1730 кг/м^3 , температура плавления 649°C . В чистом виде магний малоустойчив. Получают его из морской рапы после осадки поваренной соли, из карналита (KCl , MgCl_2), а также из магнезита. Применяют магний при изготовлении специальных легких сплавов.

Цинк. Плотность цинка 7000 кг/м^3 , температура плавления 419°C . 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°C он становится пластичным, получают из сульфидных цинковых руд.

Свинец мягкий, пластичный, тяжелый металл. Плотность свинца 11400 кг/м^3 . Температура плавления 325°C . Свинец хорошо лется и прокатывается, хорошо противостоит действию серной и соляных кислот. Предел прочности при растяжении - до 20 МПа, твердость по НВ = 5,9. Свинец непроницаем для рентгеновских лучей и частично не пропускает гамма-лучи. Применяется в строительстве для специальных труб, антикоррозийных покрытий, звуко- и гидроизоляции и как составная часть некоторых легких сплавов. Свинец добывают из сульфидных руд.

Олово. Плотность олова 7230 кг/м^3 . Температура плавления 232°C . Олово – мягкий, стойкий против коррозии металл. Применяется для лужения стали и меди в качестве припоя и как составная часть цветных легкосплавных сплавов. Предел прочности при растяжении 35-45 МПа, относительное удлинение 40%, твердость по НВ = 12. Олово добывают из руды, которая называется оловянным камнем.

Сплавы, состоящие из свинца, олова, сурьмы, меди, применяют в качестве антифрикционных (анти – против, фрикцио – трение) или подшипниковых, такие сплавы носят название баббитов. В последнее время некоторые цветные металлы с успехом заменяют стеклом, пластмассами, химически обработанной древесиной и др.

Защита металлов от коррозии. Разрушение металлов в результате химического или электрохимического воздействия внешней среды называют коррозией, в результате которой безвозвратно теряется около 10 – 12% ежегодно черных металлов. В зависимости от механизма процесса разрушения металла коррозия может быть химической и электрохимической.

Химическая коррозия. Химическая коррозия – это разрушение металла в процессе воздействия на него агрессивных агентов. Продуктами химической коррозии металла являются рыхлые образования оксидов, получающиеся при реакции металла с кислородом и влагой среды, с некоторыми газами в воздухе (углекислым, хлористым, сернистым), с кислотами.

Электрохимическая коррозия. Сущность электрохимической коррозии металлов состоит в том, что если в раствор какой-либо соли (электролита) погрузить два разнородных металла, а наружные концы их замкнуть, то возникает электрохимический процесс с образованием гальванического тока. При этом возникает так называемая макрокоррозия, при которой в раствор будет переходить металл, т.е. чтобы избежать электрохимической коррозии,

следует применять металл однородной структуры (например, избегать неравномерного наклепа), не допускать контактов из разных металлов, и таким образом, изолировать металлические детали от влияния блуждающих токов.

Межкристаллитная коррозия. В результате любого вида коррозии на металле образуется (местами) более или менее глубокая сыпь (коррозионная язва). Металл приобретает также коррозионную хрупкость как результат межкристаллитной коррозии, т.е. коррозии, при которой металл под влиянием внешней среды разрушается по границам зерен сплава без видимых следов коррозии.

Эффективным способом защиты от химической коррозии является использование лакокрасочных материалов. В гидротехническом строительстве чаще всего применяют материалы на основе органических вяжущих.

Битумные в качестве грунтовок используют холодную битумную краску – 30 – 50%-ый раствор битума в бензине.

Этинолевые лаки и краски отличаются способностью отверждаться при температуре до -25°C , широко применяется краска ЭКЖС-40, изготовленная из смеси лака этиноль (60%) и железного сурика (40%).

Полихлорвиниловые (ПХВ) лакокрасочные покрытия отличаются повышенной долговечностью (10 - 12 лет), атмосферостойкостью, стойкостью против слабых кислот, щелочей и солей, рекомендуется применять в зимнее время и готовить небольшими порциями.

Водонепроницаемые антикоррозийные хлоркаучуковые краски изготавливают из растворов хлорированного каучука, улучшенного добавками. Эмаль КЧ-749 представляет собой раствор каучука в ксилоле с добавлением пластификаторов и пигментов, характеризуются химической стойкостью и надежно защищают конструкции в морской воде.

Эпоксидные лакокрасочные материалы благодаря высоким физико-механическим свойствам перспективны для химической защиты гидротехнических сооружений. Эпоксидные эмали ЭП-51, ОЭП стойки к воздействию воды, атмосферы, кислот и щелочей, газов и растворителей.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте назначение лакокрасочных материалов.
2. Что входит в состав лакокрасочных материалов?
3. Что представляют собой растворители и разбавители?
4. Что представляют собой грунтовки и шпатлевки?
5. Что представляют собой вододисперсионные краски?
6. Способы для повышения долговечности древесины.
7. Назовите основные древесные породы.
8. Области применения в строительстве древесины, материалов на основе отходов переработки древесины.
9. Основные свойства металлов, применяемых в строительстве?
10. Какие изделия из чугуна и стали, применяются в строительстве?
11. Перечислите виды коррозии металлов.
12. Меры защиты металлов от развития коррозионных процессов?

ЛИТЕРАТУРА

1. Ануфриев, Д.П. Новые строительные материалы и изделия: Региональные особенности производства [Текст]: учебник / Д.П. Ануфриев [и д.р.], – Москва: Издательство АСВ, 2014. – 200 с.
2. Белов, В.В. Краткий курс материаловедения и технологии конструкционных материалов для строительства [Электронный ресурс]: учебное пособие /В.В. Белов. – М.: Издательство АСВ, 2011 – 215 с. Источник: Российская государственная библиотека (РГБ) ISBN:978-5-93093-409-0.
3. Грозав, В.И. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: Методические указания: Изучение дисциплины и задания для контрольных работ студентам вузов по направлению 280100. / В.И. Грозав, и д.р. – Москва: РГАУ-МСХА, 2015. – 60 с
4. Киреева, Ю.И. Современные строительные материалы и изделия [Текст]: учебник /Ю.И. Киреева. – М.: Изд-во "Феникс", 2010. – 246 с.
5. Основы строительного дела. Раздел «Материаловедение и технология конструкционных материалов» [Текст]: учеб. пособие для студентов по направлению подготовки 280100 «Природообустройство и водопользование» /А.М. Питерский, Е.О. Скляренко; Новочерк. гос. мелиор. акад.; каф. строит. дела, осн. и фундаментов. – Новочеркасск, 2013. – 136 с.
6. Попов, К.Н. Оценка качества строительных материалов [Текст]: учеб. пособие для строит. спец. вузов /К.Н. Попов, М.Б. Каддо, О.В. Кульков; под ред. К.Н. Попова. – М.: Высш. шк., 2004. – 287с.
7. Строительное материаловедение [Текст]: учеб. пособие для бакалавров /И.А. Рыбьев. – 4-е изд. М.: Издательство Юрайт. 2012. – 701 с. – Серия: Бакалавр.
8. Строительные материалы [Текст]: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – 2-е изд., стер. – М: Студент, 2019. – 440 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЛЕКЦИЯ 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	4
1.1. Основные понятия строительного материаловедения. Общие сведения о строительных материалах	4
1.2. Классификация строительных материалов и изделий	5
1.3. Строение и основные свойства строительных материалов. Физические, механические, химические, технологические свойства	7
Контрольные вопросы	14
ЛЕКЦИЯ 2. ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	15
2.1. Классификация и краткая характеристика горных пород. Породообразующие минералы	15
2.2. Горные породы, применяемые в строительстве	16
2.3. Способы разработки и обработки природных камней. Хранение и транспортировка каменных материалов и изделий	21
Контрольные вопросы	29
ЛЕКЦИЯ 3. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА	30
3.1. Минеральные (неорганические) вяжущие вещества, определение и классификация	30
3.2. Воздушные вяжущие вещества. Атокладные вяжущие	31
3.3. Гидравлические вяжущие вещества	37
3.4. Портландцемент – состав, способы производства, свойства	38
3.5. Разновидности портландцемента	43
3.6. Пути экономии цемента	45
Контрольные вопросы	46
ЛЕКЦИЯ 4. БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ ..	47
4.1. Определение и классификация бетонов. Состав и структура бетона	47
4.2. Свойства бетонной смеси и основы технологии бетона.....	53
4.3. Основные свойства тяжелого бетона и его применение в водохозяйственном строительстве	57
4.4. Железобетон. Обычный и предварительно напряженный железобетон	64
Контрольные вопросы	66
ЛЕКЦИЯ 5. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ. СТЕКЛО	67
5.1. Классификация, основные свойства керамических материалов и изделий	67
5.2. Сырьё и основные свойства глин	70
5.3. Технологии производства керамических изделий	72
5.4. Стеновые и отделочные керамические материалы. Спецкерамика ..	74
5.5. Кровельные материалы (черепица)	77
5.6. Стекло и ситаллы	78
Контрольные вопросы	86

ЛЕКЦИЯ 6. СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ	87
6.1 Силикатные материалы, кирпич – состав, виды, свойства, технологии производства	87
6.2 Силикатный бетон – материал, свойства, технологии производства	90
6.3 Асбестоцементные изделия	94
6.4. Строительные растворы – виды и свойства	100
Контрольные вопросы	107
Лекция 7. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА. ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	108
7.1. Органические вяжущие вещества, основные понятия. Битумы и дегти	108
7.2. Асфальтовые растворы и бетоны, дёгтебетоны	113
7.3. Эмульсии и мастики	115
7.4. Гидроизоляционные рулонные материалы. Кровельные материалы	119
7.5. Материалы и изделия на основе полимеров и пластмасс	123
7.6. Теплоизоляционные материалы – классификация, виды и свойства	129
Контрольные вопросы	132
ЛЕКЦИЯ 8. ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ДЕРЕВА И МЕТАЛЛА	133
8.1. Отделочные материалы и изделия. Лаки, краски, обои	133
8.2. Сырье, микроструктура и свойства древесины	138
8.3. Виды, состав и свойства древесных материалов	142
8.4. Использование отходов переработки древесины	148
8.5. Определение, классификация и состав металлов	149
8.6. Стальной прокат и арматура. Изделия из чугуна, стали и цветных металлов	150
Контрольные вопросы	156
ЛИТЕРАТУРА	157

Учебное издание

**МИХЕЕВ ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ
ГОРЯЕВА ГАЛИНА НАРАНОВНА**

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Курс лекций

*для студентов направления
20.03.02 Природообустройство и водопользование*

Компьютерная верстка Михеева П.А.

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 17.09. 2020.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл.- печ. л. 9,3. Уч.- изд. л. 9,5. Тираж 100. Заказ № 47-8159.

Издательство Лик
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский 82 Е
тел: 8(8635)226-442, 8-952-603-0-609

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе «Колорит»
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский 82 Е
тел: 8(8635)226-442, 8-918-518-04-29, center-op@mail.ru