

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ОТДЕЛОЧНЫЕ РАБОТЫ

УЧЕБНИК

*Рекомендовано
Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы начального
профессионального образования
по профессии 270802.10 «Мастер отделочных
строительных работ»*

*Регистрационный номер рецензии 130
от 14 мая 2010 г. ФГУ «ФИРО»*

2-е издание, переработанное



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 620.22(075.32)

ББК 30.3я722

М34

Авторы:

В. А. Смирнов (гл. 4, 6, подразд. 8.1, 8.3), Б. А. Ефимов (гл. 1, 2, 5, подразд. 6.6),
О. В. Кульков (гл. 1, 2, 5, подразд. 6.6), И. В. Баландина (гл. 3, 9),
Н. А. Сканава (подразд. 4.4, гл. 7, 8)

Рецензенты:

ст. науч. сотрудник лаборатории методического обеспечения
профессий строительства ИРПО С. М. Васильев

Материаловедение. Отделочные работы : учебник для нач.
М34 проф. образования / [В. А. Смирнов, Б. А. Ефимов, **О. В. Кульков**
и др.]. — 2-е изд., перераб. — М. : Издательский центр
«Академия», 2012. — 368 с.

ISBN 978-5-7695-9103-7

Учебник является частью учебно-методического комплекта по профессии
«Мастер отделочных строительных работ». Рассмотрены традиционные и современ-
ные отделочные материалы. Приведено сравнение зарубежных и отечествен-
ных аналогов. Дана экологическая оценка их использования.

Учебник может быть использован при изучении общепрофессиональной дис-
циплины ОП «Основы материаловедения» в соответствии с ФГОС НПО по про-
фессии 270802.10 «Мастер отделочных строительных работ».

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 620.22(075.32)

ББК 30.3я722

Учебное издание

**Смирнов Владимир Александрович, Ефимов Борис Александрович,
Кульков Олег Валентинович, Баландина Ирина Викторовна,
Сканава Наталья Алексеевна**

Материаловедение. Отделочные работы

Учебник

2-е издание, переработанное

Изд. № 102113574. Подписано в печать 30.03.2012. Формат 60 × 90/16. Гарнитура «Балтика».
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 23,0. Тираж 1 500 экз. Заказ №

Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
125252, Москва, ул. Зорге, д. 15, корп. 1, пом. 26б.

Адрес для корреспонденции: 129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1, а/я 48.
Тел./факс: (495)648-0507, 616-0029.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. АЕ51. Н 16068 от 06.03.2012.

Отпечатано в ОАО «Московские учебники и Картолитография»
125252, г. Москва, ул. Зорге, 15.

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра
«Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается*

© Коллектив авторов, 2011

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-7695-9103-7

Учебно-методический комплект по профессии — это основная и дополнительная литература, позволяющая освоить профессию, получить профильные базовые знания.

Комплект состоит из модулей, сформированных в соответствии с учебным планом, каждый из которых включает в себя учебник и дополняющие его учебные издания — рабочие тетради, плакаты, справочники и многое другое. Модуль полностью обеспечивает изучение каждой дисциплины, входящей в учебную программу. Все учебно-методические комплекты разработаны на основе единого подхода к структуре изложения учебного материала.

Для существенного повышения качества обучения и приближения к практической деятельности в комплект входят учебные материалы для самостоятельной работы, практикумы, пособие по производственному обучению.

Важно отметить, что разработанные модули дисциплин, входящие в учебно-методический комплект, имеют самостоятельную ценность и могут быть использованы при выстраивании учебно-методического обеспечения образовательных программ обучения смежным профессиям.

Основа строительного производства — строительные материалы. Знание особенностей их структуры, свойств, способов производства и областей применения являются базой современного строительного материаловедения. В середине XX в. Россия с ее огромными запасами сырья и огромным научным потенциалом занимала одно из ведущих мест в мире по исследованиям и производству строительных материалов. Начиная от известного во всем мире деревянного зодчества, приказа Каменных дел Ивана Грозного, издания Егором Челиевым первой в мире книги «Полное наставление, как приготовить дешевый и лучший мертель или цемент весьма прочный для подводных строений...» (1825 г.) российская школа строительного материаловедения проделала огромный путь. Труды известных во всем мире ученых И. А. Белелюбского, В. А. Обручева, А. Е. Ферсмана, А. Р. Шуляченко, А. А. Байкова, В. А. Кинда, В. Н. Юнга, П. П. Будникова, П. А. Ребиндера, Н. М. Беляева, А. В. Волженского, Б. Г. Скрамтаева, А. Е. Фаворского, С. В. Лебедева, М. И. Хигеровича, Г. И. Горчакова и многих других внесли неоценимый вклад в развитие современного материаловедения.

Если в общем объеме капитальных вложений в строительство стоимость материалов составляет половину, а в ряде случаев и больше, то стоимость отделочных строительных материалов является значительной их затратной частью.

Последнее десятилетие XX в. для нашей страны можно охарактеризовать как период значительных политических и экономических перемен, повлекших за собой структурные изменения во всех отраслях промышленности, в том числе и в индустрии строительных материалов.

Нарушились устоявшиеся межотраслевые связи между поставщиками сырья, производителями оборудования и потребителями как внутри страны, так и за ее пределами.

Изменился качественный и количественный характер строительства.

Примером этого является строительство по индивидуальным проектам зданий и сооружений за пределами больших городов. Ре-

конструкция старых зданий и сооружений, построенных по традиционным для России архитектурным решениям, нередко коренным образом меняет облик целых ансамблей и городских районов.

Появление большого количества фирм, производящих строительные материалы, выполняющих строительные и отделочные работы, решило многие проблемы строительного комплекса. Однако устаревшее технологическое оборудование, зачастую неквалифицированные кадры, иногда отсутствие нормативных документов, а чаще их незнание руководством строительства и производителями материалов на начальном этапе перестройки привели к резкому ухудшению качества выполняемых строительно-монтажных работ. Результатом этого стал громадный поток импортных строительных материалов и оборудования. Однако они зачастую не соответствуют по своим качественным показателям суровым условиям эксплуатации в нашей стране, что, естественно, привело к снижению уровня строительства в целом. Помимо этого на строительство стали привлекать рабочих и специалистов из дальнего и ближнего зарубежья.

Произошло резкое удорожание импортных строительных материалов. Одновременно ряд отечественных производителей начал выпускать конкурентоспособную продукцию, не уступающую по своим показателям зарубежной и, что особенно важно, адаптированную к российским условиям эксплуатации. При этом следует отметить, что стоимость отечественных материалов ниже стоимости зарубежных аналогов.

I

РАЗДЕЛ

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ДЕКОРАТИВНО- ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Глава 1. Основные свойства
строительных материалов

Глава 2. Свойства декоративно-отделочных
материалов

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Отделочные материалы — это большая группа разнообразных по сырью, способу приготовления и применения строительных материалов, объединенных по своему назначению — повышать эксплуатационные и декоративные качества зданий и сооружений. Эти материалы используют для устройства отделочных покрытий на несущих и ограждающих конструкциях.

Отделочные покрытия обеспечивают: защиту строительных конструкций от агрессивных внешних воздействий (природных или связанных с бытовой и производственной деятельностью человека); усиление эстетической выразительности архитектуры зданий и сооружений, а также декоративности внутренних помещений; получение ровных и гладких поверхностей основных конструктивных элементов, в результате чего уменьшается их загрязняемость и облегчается очистка. При необходимости отделочные покрытия могут повышать огнестойкость и снижать пожарную опасность конструкций; уменьшать уровень шумового «загрязнения» помещений за счет повышенного звукопоглощения; предотвращать распространение радиоактивного излучения от рентгеновских установок, используемых в медицине, и т. д.

Классификация отделочных материалов. Чтобы было легче ориентироваться в многообразии отделочных материалов, их классифицируют по химической природе материала и технологическому признаку в зависимости от способа изготовления с учетом вида сырья, из которого получают материал.

По **химической природе** строительные материалы подразделяются на следующие:

- органические (древесина, битум, пластмассы);

- минеральные (природный камень, керамика, строительный раствор, асбестоцемент и т. п.);
- металлы (сталь, алюминий, медь).

Каждая из этих групп имеет свои особенности. Так, органические материалы горючи, а минеральные — не горят. Металлы хорошо проводят электричество и теплоту.

По **технологическому признаку** материалы подразделяются на следующие группы:

- изготавливаемые механической обработкой природного сырья (изделия из древесины и природные каменные материалы);
- получаемые обжигом минерального сырья (неорганические вяжущие вещества, строительная керамика, стекло);
- изготавливаемые на основе неорганических вяжущих веществ (строительный раствор, гипсовые и силикатные изделия);
- получаемые в результате химической переработки органического сырья (синтетические смолы, растворители, олифа, битум);
- изготавливаемые технологической переработкой органических вяжущих веществ (строительные пластмассы, мастики, клеи).

Чтобы здание или сооружение соответствовало своему назначению, было красивым, долговечным и экономичным в эксплуатации, строители должны правильно применять отделочные материалы для различных конструкций, учитывая условия их работы, т. е. воздействие на них внешней среды.

На материалы наружной отделки воздействуют природные факторы: воздух с содержащимися в нем водяным паром и газами, часто агрессивными, солнечные лучи, ветер, дождь, знакопеременные температуры, живые организмы (грибки, насекомые и их личинки). Если имеется непосредственный контакт с водой, то отделка подвергается воздействию воды и растворенных в ней веществ.

На материалы внутренней отделки воздействуют другие факторы: разнообразные механические воздействия от перемещения людей, мебели и оборудования (истирание, износ, удар), водяные пары и вода в помещениях с повышенной влажностью, высокие температуры, горячие газы, агрессивные жидкости в производственных зданиях и инженерных сооружениях.

Условия эксплуатации отделочного покрытия определяют, какие свойства должен иметь материал, предназначенный для его устрой-

ства. **Свойство** — это способность материала определенным образом реагировать на отдельный или действующий совместно с другими внешний фактор. Реакция материала на какое-либо воздействие зависит от его состава и строения.

В свою очередь, строение обусловлено:

- для природных материалов — их происхождением и условиями образования;
- для искусственных материалов — технологией изготовления и обработки.

Различают технологические и эксплуатационные свойства. **Технологические свойства** проявляются в процессе изготовления, переработки и использования материалов и изделий. Такими, например, являются способность горной породы подвергаться пилению, шлифовке и полировке, удобоукладываемость растворной смеси, укрывистость красочного состава, гибкость рулонного полимерного материала. Эти свойства имеют большое практическое значение, так как от них зависит качество и стоимость готовой продукции, а также удобство выполнения отделочных работ. Наиболее важные технологические свойства, имеющие количественные характеристики, приведены при рассмотрении конкретных видов отделочных материалов.

Эксплуатационные свойства — стираемость, морозостойкость, водонепроницаемость, пожарная опасность и другие — в совокупности характеризуют способность материала в конструкции удовлетворять в течение заданного срока службы определенным требованиям, установленным в соответствии с назначением.

В зависимости от природы факторов, воздействующих на материал, строительно-технические свойства подразделяются на три основные группы: физические, механические и химические.

Для отделочных материалов и изделий выделяют в отдельную группу свойства, характеризующие их декоративность: форму и размеры штучных изделий, цвет, рисунок и фактуру лицевой поверхности.

Стандартизация. Качество всех основных строительных материалов и изделий должно соответствовать требованиям стандартов, которые распространяются как на материальные предметы (продукцию, эталоны, образцы веществ), так и на методы испытаний, правила приемки, технические требования различного характера. Стандартизация способствует улучшению качества готовой продукции, повышению уровня унификации, взаимозаменяемости, а также автоматизации производственных процессов, росту эффективности ремонта изделий. В действующие стандарты по мере не-

обходимости вносятся изменения, основанные на достижениях современной науки и техники, а также передового опыта.

В зависимости от сферы действия и условий утверждения стандарты подразделяются на ряд категорий, основными из которых являются: государственный стандарт (ГОСТ), технические условия (ТУ) и строительные нормы и правила (СНиП).

Государственный стандарт. Это документ, в котором дается краткое описание материала и способа его изготовления, классификация, конкретно указываются форма, размеры, классы (марки) и сорта (если они имеются), технические показатели, правила приемки, упаковки, транспортирования и хранения, методы испытаний материала или изделия, которые иногда выделяются в отдельный ГОСТ.

Технические условия или отраслевые временные технические условия (ВТУ). Эти документы устанавливают комплекс требований к конкретным типам, маркам, артикулам продукции, которая не стандартизирована или ограниченно применяется. ТУ действуют в пределах ведомства или министерства и содержат правила приемки, методы испытаний и требования к качеству, форме, размерам и сортам выпускаемой продукции.

Строительные нормы и правила. Эти документы регламентируют основные положения строительного проектирования, производства строительных работ и требования к строительным материалам и изделиям. СНиПы распространяются на все виды строительства и являются общеобязательными. По каждому виду материалов и изделий даются требования по важнейшим физическим, механическим и другим свойствам, а также условия, области применения материалов, изделий и конструкций для строительства. Технические требования СНиП направлены на повышение качества и снижение стоимости строительства путем максимального использования эффективных материалов, изделий и конструкций.

Классы (марки), сорта материалов. При оценке качества большинства строительных материалов используют условные показатели — классы (марки) и сорта, — которые устанавливаются по основной эксплуатационной характеристике или по комплексу важнейших свойств материала.

Так, для конструкционных материалов класс (марка) определяется по прочности на сжатие, МПа (кгс/см^2) (бетон, раствор, природные каменные материалы) или по совокупности показателей прочности на сжатие и изгиб (минеральные вяжущие, кирпич). Сорт древесины устанавливают по допускаемым порокам, механическая прочность в определении сорта не учитывается. Определе-

ние марки для теплоизоляционных материалов ведется по средней плотности, кг/м^3 , а для битумов — по комплексу главнейших свойств (температура размягчения, вязкость и др.).

Кроме основных показателей качества существуют специальные марки и классы, характеризующие какие-либо основные свойства материала, например морозостойкость, водонепроницаемость, теплопроводность.

1.2. СВЯЗЬ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Состав строительных материалов. Различные строительные материалы по-разному реагируют на одни и те же внешние воздействия, т. е. имеют бóльшую или меньшую плотность, прочность, теплопроводность. Для понимания специфики свойств того или другого материала необходимо знать особенности его состава и строения. Строительные материалы характеризуются химическим, минеральным, вещественным и фазовым составами.

Химический состав выражается процентным содержанием химических элементов. Он позволяет судить о таких свойствах материала, как биостойкость, электропроводность, горючесть и т. д. Для природных камней и минеральных вяжущих веществ химический состав принято характеризовать количеством входящих в них оксидов, %.

Кислые оксиды (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) и основные (CaO , MgO , Na_2O , K_2O) в природных условиях или в процессе высокотемпературной обработки химически взаимодействуют с образованием минералов, свойства которых различны и зависят от химического состава.

Минеральный состав показывает, какие минералы и в каком количестве содержатся в горной породе или вяжущем веществе. Характеристики полиминеральных материалов определяются свойствами и содержанием входящих в них минералов. Например, скорость твердения и прочность цементного камня тем выше, чем больше в клинкере самого главного из минералов — трехкальциевого силиката.

Для строительных материалов, представляющих собой смесь различных компонентов (например, портландцемент, сухая растворная смесь и др.), свойства во многом зависят от процентного содержания каждого компонента (вещественного состава). Так, для портландцемента вещественный состав характеризуют процентным содержанием клинкера, природного гипса, а также видом и количеством активных минеральных или органических добавок.

Фазовый состав показывает соотношение между твердой, жидкой и газообразной фазами. К твердой фазе относят вещества, образующие «каркас» материала; к жидкой и газообразной — соответственно воду и воздух, заполняющие имеющиеся в материале поры. Увлажнение при контакте с водой или влажным воздухом увеличивает содержание жидкой фазы за счет газообразной. При этом изменяются все свойства:

- увеличивается масса конструкции;
- повышается теплопроводность;
- снижается прочность материала.

Количественная характеристика фазового состава — влажность W , %, рассчитывается по формуле

$$W = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}} 100,$$

где $m_{\text{вл}}$ — масса влажного материала, г; $m_{\text{с}}$ — масса сухого материала, г.

Влажность, или относительное содержание влаги в материале, зависит от особенностей самого материала (пористости, гидрофильности, гигроскопичности) и условий окружающей среды (относительной влажности и температуры воздуха, наличия контакта с водой). Пределы изменения влажности — от нуля (для абсолютно сухого материала) до максимального значения, равного водопоглощению материала по массе.

Фазовый состав изменяется при замерзании воды в порах материала. Если газообразная фаза в порах отсутствует или ее недостаточно, в стенках пор возникают растягивающие напряжения, которые могут вызвать разрушение материала.

Для сыпучих строительных материалов, таких как песок, гравий, щебень, одной из важнейших характеристик является зерновой, или гранулометрический, состав, который показывает процентное содержание зерен различной крупности. Зерновой состав определяют по результатам просеивания пробы через стандартный набор сит с отверстиями различного размера.

Строение материала. Это собирательное понятие, связанное с размерами, формой, взаимным расположением, условиями срастания и количественным соотношением его структурных элементов, их внутренним строением на молекулярно-атомном уровне, наличием пор, их размерами, характером и т.д. В зависимости от формы, размеров и взаимного расположения составляющих твердой фазы на макроуровне строительные материалы подразделяются на конгломератные, волокнистые, слоистые и зернистые.

Материалы **конгломератного типа** состоят из моно- или полиминеральных частиц различных размеров, прочно скрепленных между собой цементирующим веществом (бетоны и растворы различного вида, строительная керамика, некоторые природные камни). Природные и искусственные конгломераты имеют прочность при сжатии в 10—30 раз выше, чем при растяжении.

Волокнистое строение имеют древесина и материалы на ее основе, минераловатные изделия, асбестоцемент. У волокнистых материалов прочность при растяжении того же порядка, что и при сжатии. Волокнистые материалы с закономерной ориентацией волокон (например, у древесины вдоль ствола дерева) обладают различными показателями свойств в различных направлениях. Это явление называется анизотропией, а материалы — анизотропными. Так, теплопроводность древесины вдоль волокон примерно в два раза выше, чем поперек, а набухание при увлажнении в 30—100 раз меньше.

Слоистая структура отчетливо выражена у рулонных, листовых и плитных материалов, в частности у пластмасс с листовым наполнителем (бумажнослоистый пластик, стеклотекстолит). Эти материалы также анизотропны.

Зернистые материалы — рыхлые, они состоят из отдельных не связанных между собой частиц различной крупности (песок, гравий, гранулированная минеральная вата). Воздушные полости между зернами называются пустотами, а их доля в общем объеме сыпучего материала — пустотностью. Пустотность зависит от зернового состава, формы зерен и степени уплотнения. Пустотность песка влияет на массовое содержание цемента в строительном растворе и его стоимость.

Для порошкообразных материалов, таких как минеральные вяжущие и пигменты, обобщенной характеристикой физического состояния является дисперсность, связанная с размерами частиц. Тонкодисперсные материалы, состоящие из достаточно мелких частиц, имеют значительную суммарную площадь поверхности, и чем мельче частицы, тем площадь больше. Количественный показатель дисперсности — удельная поверхность $F_{уд}$, м²/кг, представляющая собой суммарную площадь поверхности единицы массы порошка. Увеличение удельной поверхности приводит к возрастанию реакционной способности вещества. Это явление используют для получения быстротвердеющего цемента путем повышения тонкости помола.

Вещества, входящие в состав материала, на микроструктурном уровне могут иметь кристаллическое и аморфное строение. Нередко одно и то же вещество существует в обеих формах. Примером

является кристаллический кварц и различные формы аморфного кремнезема в виде вулканического стекла, опала.

У кристаллических веществ молекулы, атомы или ионы расположены в пространстве закономерно, образуя кристаллическую решетку. Силы взаимодействия между ними максимально уравновешены. Устойчивость кристаллических веществ обусловлена типом связи между элементами кристаллической решетки: молекулярная, ковалентная или ионная. Особенностью кристаллических веществ является определенная температура плавления и форма кристаллов.

Аморфные вещества вследствие особых условий отвердевания сохраняют характерное для жидкостей беспорядочное расположение частиц. Обладая нерастроченной внутренней энергией кристаллизации, аморфные вещества химически более активны, чем кристаллические того же состава. При нагревании аморфные вещества размягчаются и постепенно переходят в жидкое состояние.

Прочность аморфных веществ, как правило, ниже прочности кристаллических. Поэтому для повышения прочности специально проводят кристаллизацию аморфных веществ, например стекол, при получении стеклокристаллических материалов — ситаллов и шлакоситаллов.

За малым исключением (стекло, металлы, битум) строительные материалы пористы. Поры представляют собой полости между элементами структуры внутри материала. Объем пористого материала в естественном состоянии V_e складывается из объема твердого вещества V_a , т. е. абсолютного объема и объема пор V_{II} (рис. 1.1).

Объем пор определяют экспериментально по объему воды или керосина, поглощенных предварительно высушенным образцом при насыщении под вакуумом. Для более точного измерения можно использовать сжиженный гелий, способный из-за своей сверх-

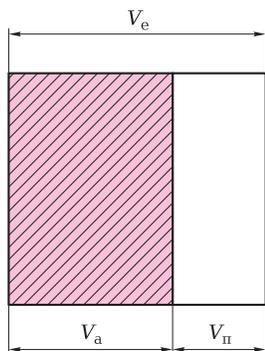


Рис. 1.1. Соотношение объемов в пористом материале

текучести проникать в самые мелкие поры. Зная объем образца в естественном состоянии, абсолютный объем находят по формуле

$$V_a = V_e - V_{\text{п}}.$$

Количественные характеристики, отражающие особенности структуры пористых строительных материалов, — это пористость и коэффициент плотности. Это величины относительные, они выражаются в долях единицы объема или процентах.

Пористость Π показывает степень заполнения объема материала порами:

$$\Pi = \frac{V_{\text{п}}}{V_e} 100.$$

Коэффициент плотности $K_{\text{пл}}$ характеризует степень заполнения объема материала твердым веществом:

$$K_{\text{пл}} = \frac{V_a}{V_e} 100.$$

Пористость материалов изменяется в широких пределах: 0,5... 1,5 % — у гранита; 50... 70 % — у древесины; 90 % и более — у пенопластов. Материалы различаются не только величиной пористости, но и ее характером: размерами и формой пор, равномерностью их распределения по объему материала, тем, какие поры преобладают: открытые или замкнутые.

Размер пор у мелкопористых материалов, таких как строительный раствор и древесина, менее 10 мкм. Мелкопористые материалы обладают сильно развитой внутренней поверхностью и склонны к увлажнению путем поглощения водяного пара из воздуха. Крупнопористые материалы — газо- и пенобетон, пеностекло, поропласт и другие — содержат поры размером от десятых долей до нескольких миллиметров.

Размер пор, содержание пор разного размера и форму пор определяют ртутной порометрией.

Открытые поры сообщаются между собой и с окружающей средой. Они являются путями фильтрации воды, воздуха или пара через материал. Открытую пористость оценивают по объему поглощенной воды при обычных условиях насыщения материала. Закрытую пористость рассчитывают по найденным значениям общей и открытой пористости.

Пористость и ее характер оказывают значительное и порой неоднозначное влияние на все важнейшие свойства строительных материалов. При увеличении пористости уменьшается масса кон-

струкции и улучшаются теплозащитные свойства. Однако при этом снижается прочность.

Большая открытая пористость увеличивает водопоглощение, ухудшает водонепроницаемость и морозостойкость материала. Тем не менее в звукопоглощающих материалах стремятся увеличить содержание открытых пор, так как они эффективно поглощают звуковую энергию. Рост закрытой пористости за счет открытой способствует повышению коррозионной стойкости материала и снижению теплопроводности.

1.3. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Физические свойства материала включают в себя удельные характеристики массы и свойства, определяющие отношение материала к разнообразным физическим воздействиям (действие воды, пара и газа, высоких и низких температур, звуковых волн и т. п.).

Удельные характеристики массы. Удельные характеристики массы — истинная, средняя, относительная и насыпная плотность — показывают содержание вещества в определенном объеме материала и позволяют судить, насколько материал «легкий» или «тяжелый».

Истинная плотность ρ — это масса вещества в единице объема материала в абсолютно плотном состоянии без учета объема пор и пустот, кг/м³, г/см³:

$$\rho = m/V_a,$$

где m — масса вещества, кг (г); V_a — абсолютный объем, м³ (см³).

Экспериментальное определение абсолютного объема предусматривает предварительное измельчение высушенного материала до порошкообразного состояния. Объем измеряют с помощью пикнометра или колбы Ле Шателье по объему инертной жидкости, вытесненной навеской порошка известной массы.

Истинная плотность зависит от химического состава и внутреннего строения веществ, из которых состоит каркас материала. У материалов, близких по химическому составу, истинная плотность различается незначительно.

Например, природные каменные материалы (гранит, мрамор, кварцевый песок) и искусственные (керамика, стекло, строительный раствор), состоящие в основном из оксидов кремния, алюминия и кальция, имеют истинную плотность в пределах 2 500... 3 000 кг/м³.

Средняя плотность ρ_m (в дальнейшем — плотность) — это отношение массы материала к его объему в естественном состоянии, $\text{кг}/\text{м}^3$ ($\text{г}/\text{см}^3$):

$$\rho_m = m/V_e.$$

Плотность определяют на образцах правильной геометрической формы путем измерения размеров и взвешивания, на образцах неправильной формы — гидростатическим взвешиванием или с помощью объемомера.

Плотность материалов зависит от влажности. Для получения сопоставимых данных плотность ρ_m^c определяют после высушивания образцов до постоянной массы или рассчитывают по найденному значению для влажного материала (ρ_m^b):

$$\rho_m^c = \rho_m^b / (1 + W),$$

где W — влажность материала в долях его массы.

Для древесины принято плотность приводить к стандартной влажности, равной 12 %.

Плотность строительных материалов колеблется в широких пределах: от 0,015 (пористая пластмасса — мипора) до 7,85 $\text{г}/\text{см}^3$ (сталь).

Плотность учитывает наличие в материале большего или меньшего объема пор, поэтому плотность пористых материалов всегда меньше истинной плотности.

Иногда плотность материала выражают по отношению к плотности воды при 4 °С, равной 1 $\text{г}/\text{см}^3$, или 1 000 $\text{кг}/\text{м}^3$. В этом случае определяемая плотность становится безразмерной величиной и называется относительной плотностью d .

Насыпная плотность ρ_n , $\text{кг}/\text{м}^3$ — отношение массы зернистого или порошкообразного материала к объему в рыхло насыпанном состоянии. Насыпной объем включает в себя объем зерен или частиц (вместе с порами) и объем пустот между ними.

Знание плотности строительных материалов необходимо для расчета несущей способности конструкций с учетом собственного веса, определения потребности в транспортных средствах, расчета складов и подъемно-транспортного оборудования. По плотности ориентировочно судят о некоторых других свойствах материала, определение которых в построчных условиях затруднено.

Если известны истинная и средняя плотность материала, то пористость и коэффициент плотности, %, можно рассчитать по формулам:

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho}\right) 100; K_{пл} = \frac{\rho_m}{\rho} 100.$$

Усредненные значения плотности и пористости некоторых строительных материалов приведены в табл. 1.1.

Гидрофизические свойства. Отношение материала к действию водяного пара, содержащегося в воздухе, и воды характеризуют гидрофизические свойства: гидрофильность, гидрофобность, гигроскопичность, влагоотдача, водопоглощение, влажностные деформации, влагостойкость, водостойкость, паропроницаемость, водонепроницаемость, морозостойкость.

Материалы в зависимости от поведения воды на их поверхности подразделяются на смачиваемые (гидрофильные) и несмачиваемые (гидрофобные). Гидрофильность или гидрофобность материала обусловлена химической природой веществ, складывающихся «каркас», в частности строением молекул и их способностью связывать молекулы воды, вступая в электростатическое взаимодействие.

Капля воды, попавшая на гидрофильную поверхность, растекается по ней, так как сила взаимодействия молекул вещества с молекулами воды больше межмолекулярных связей в воде. Гидрофиль-

Таблица 1.1. Плотность и пористость материалов (усредненные значения)

Материал	ρ , г/см ³	ρ_m , г/см ³	Π , %
Сталь	7,85	7,85	0
Стекло оконное	2,65	2,65	0
Стеклопластик	2,0	2,0	0
Гранит	2,7	2,67	1,5
Бетон тяжелый	2,6	2,4	10
Кирпич керамический полнотелый	2,65	1,7	35
Древесина (сосна)	1,54	0,5	65
Древесно-волокнистая плита	1,5	0,23	85
Пенополистирол	1,05	0,03	97

ность свойственна материалам с полярным строением молекул (глина, древесина, металлы).

Гидрофобные материалы водой не смачиваются: вода не растекается по поверхности, а собирается в виде капель. Сила взаимодействия молекул вещества с молекулами воды меньше, чем между молекулами воды. Гидрофобны многие органические соединения, имеющие неполярные молекулы или большие неполярные участки в молекулах. Примеры гидрофобных веществ: битум, парафин, некоторые пластмассы, кремнийорганические соединения.

Мелкопористые и порошкообразные материалы с гидрофильной поверхностью обладают повышенной **гигроскопичностью** (способностью поглощать и конденсировать водяные пары из воздуха). Поглощение влаги происходит вследствие адсорбции молекул воды поверхностью твердой фазы и конденсацией влаги в тонких капиллярах материала или местах контакта частиц порошка.

Гигроскопичность оценивают гигроскопической влажностью, определяемой после выдержки образца до установления постоянной массы при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 100 %. В условиях эксплуатации гигроскопическая влажность зависит от химической природы материала, степени развитости его внутренней поверхности и условий окружающей среды: температуры и относительной влажности воздуха. При понижении температуры и повышении влажности воздуха содержание влаги в материале возрастает.

Для снижения гигроскопичности поверхность материала покрывают гидрофобными веществами. Например, для обработки штукатурных покрытий на фасадах зданий используют гидрофобизирующие кремнийорганические жидкости.

Процесс поглощения влаги обратим: при соответствующих внешних условиях (пониженная влажность и повышенная температура воздуха, его движение) материал начинает отдавать влагу. Это свойство называют **влажотгачей** и количественно характеризуют массой воды, испарившейся из стандартного образца в течение суток при температуре воздуха 20 °С и относительной влажности 60 %.

В естественных условиях после строительства влаготдача происходит длительное время с уменьшающейся интенсивностью до установления равновесия между влажностью материала и влажностью окружающей среды. Такое состояние материала называется воздушно-сухим. Для материалов с развитой внутренней поверхностью влажность в воздушно-сухом состоянии достаточно велика: древесины — 15... 18 %, стеновых каменных материалов — 5... 7 %.

В ряде случаев влагоотдачу необходимо регулировать: ускорять (например, путем сушки општукатуренных известковым раствором стен) или замедлять (например, укрывая пленкой или влажными опилками твердеющий цементный бетон).

Водопоглощение — свойство пористого материала поглощать и удерживать в себе воду. Заполнение пор водой обусловлено капиллярным всасыванием и возможно как при полном погружении материала в воду, так и при частичном — с подъемом воды по образцу.

Водопоглощение оценивают максимальным количеством воды (по массе или объему), которое может впитать абсолютно сухой материал при стандартных условиях насыщения. Водопоглощение выражают отношением к массе сухого материала (водопоглощение по массе W_m) или отношением к объему в естественном состоянии (водопоглощение по объему W_o), %:

$$W_m = 100(m_n - m_c)/m_c; W_o = 100(m_n - m_c)/(\rho_{H_2O} V_e),$$

где m_n — масса насыщенного водой материала, г; m_c — масса сухого материала, г; ρ_{H_2O} — плотность воды, равная 1 г/см^3 .

Из приведенных формул видно, что

$$W_o/W_m = m_c/\rho_{H_2O} V_e = \rho_m/\rho_{H_2O}; W_o = W_m d.$$

Водопоглощение зависит от пористости материала и ее характера; оно может изменяться в широких пределах (от долей процента — у гранита, до 8... 20 % — у керамического кирпича и до 100 % и более — у пористых теплоизоляционных материалов).

Водопоглощение по объему — это степень заполнения объема материала водой, оно характеризует открытую пористость и не может быть больше общей пористости. Например, при пористости легкого бетона 40... 50 % водопоглощение по объему составляет 20... 25 %.

Водопоглощение по объему позволяет определить коэффициент насыщения пор водой K_n по формуле

$$K_n = W_o/\Pi.$$

Этот коэффициент характеризует содержание в материале открытых и замкнутых пор и может изменяться от нуля, если все поры замкнутые, до единицы, если все поры открытые и водопоглощение равно пористости. Коэффициент насыщения дает возможность ориентировочно прогнозировать морозостойкость каменных материалов.

Изменение содержания влаги в материале сопровождается изменением размеров и объема, т.е. **влажностными деформация-**

ми. При увлажнении материал набухает, при высыхании его размеры уменьшаются, т. е. происходит усадка.

Деформации связаны с особенностями поведения воды в тонких слоях, формирующихся в мельчайших капиллярах и микротрещинах материала и на поверхности частиц или волокнах твердого вещества. Испарение (поглощение) воды из крупных пор практически не влияет на размеры и объем материала. Чем выше пористость и мельче поры, тем больше усадка (набухание) строительных материалов.

Приведем для некоторых строительных материалов наибольшие относительные деформации при изменении влажности от максимально возможных величин до 0 %, мм/м:

Гранит	0,02 ... 0,06
Строительный раствор	0,50 ... 1,00
Ячеистый бетон.....	1,00 ... 3,00
Древесина (поперек волокон в радиальном направлении)	30,00 ... 60,00

Чередование гигроскопического увлажнения и высыхания, характерное для материалов наружных отделочных покрытий, сопровождается деформациями набухания и усадки и соответствующими знакопеременными внутренними напряжениями. Свойство материала сопротивляться разрушению при действии воды в условиях попеременного увлажнения и высушивания называется **влажностойкостью** (иногда воздухостойкостью).

Высокой влажностойкостью обладают:

- керамические материалы;
- многие полимерные материалы;
- большинство природных камней.

Влажностойкость строительных растворов зависит от вида вяжущего: у гипсовых и известковых растворов она невысока.

Водостойкость — способность материала сохранять прочность в насыщенном водой состоянии. Коэффициент водостойкости K_B рассчитывается по формуле

$$K_B = R_B / R_C,$$

где R_B и R_C — предел прочности материала соответственно в водонасыщенном и сухом состояниях соответственно, МПа.

Коэффициент водостойкости изменяется от нуля (размокающие материалы, например необожженная глина) до единицы (абсолютно плотные, не поглощающие воду материалы). К водостойким принято относить материалы, имеющие $K_B \geq 0,8$. Эти материалы (гра-

нит, мрамор, цементный строительный раствор и др.) можно применять для конструкций и покрытий, контактирующих с водой, без специальных мер по их защите от увлажнения.

Паро- и газопроницаемость — свойство материала пропускать водяной пар или газы (воздух) через свою толщину при перепаде давления. Перенос газообразной среды происходит в пористых материалах через поры, не заполненные влагой. Абсолютно плотные материалы (стекло, полимеры, металлы) непроницаемы для газов. Паро- и газопроницаемость зависят в основном от пористости материала и характеризуются соответствующими коэффициентами, которые определяются стандартными испытаниями.

Так, паропроницаемость стенового керамического кирпича с пористостью около 30 % в 2,2 раза ниже, чем у теплоизоляционного трепельного кирпича с пористостью 58 %. В то же время она на 20 % выше, чем у керамзитобетона с той же пористостью, у которого мельче поры и больше закрытая пористость.

Паро- и газопроницаемость резко уменьшаются при увлажнении: водонасыщенный материал практически не пропускает газообразные вещества.

Требования к паро- и газопроницаемости материалов для отделки стен различны и зависят от назначения помещения. В жилых и общественных зданиях необходима достаточно высокая паро- и газопроницаемость для обеспечения естественной вентиляции помещения и создания условий, комфортных для человека. В производственных зданиях с высокой влажностью воздуха в помещениях (текстильные фабрики, прачечные, бани), чтобы предотвратить морозное разрушение стен из-за чрезмерного увлажнения, их необходимо с внутренней стороны отделывать паронепроницаемыми материалами (поливинилхлоридной пленкой, масляными красками).

Водонепроницаемость — свойство материала не пропускать через свою толщину воду под давлением. Водонепроницаемость зависит от пористости, размера и характера пор и оценивается по-разному с учетом специфики условий эксплуатации конкретного материала:

- для рулонных и мастичных кровельных и гидроизоляционных материалов — временем, по прошествии которого вода под заданным давлением начнет просачиваться через образец;
- для гидроизоляционных строительных растворов и бетонов — односторонним гидростатическим давлением, при котором вода в стандартных условиях еще не проходит через образец цилиндрической формы.