

Горчаков Г.И., Баженов Ю.М.

Строительные материалы

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 528
ББК 38.2
Г70

Г70 **Горчаков Г.И.**
Строительные материалы / Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 688 с.

ISBN 978-5-458-36043-2

Изложены основы строительного материаловедения, свойства и применение наиболее распространенных строительных материалов: природных каменных, керамических, вяжущих веществ, бетона, железобетона, теплоизоляционных и акустических, металлов, стекла, полимеров и композитов.

ISBN 978-5-458-36043-2

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, кляксы, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

В В Е Д Е Н И Е

Промышленность строительных материалов является отраслью народного хозяйства, от которой зависит экономический потенциал страны.

В. И. Ленин указывал: «Одним из необходимых условий роста крупной машиностроительной индустрии (и чрезвычайно характерным спутником ее роста) является развитие промышленности, дающей топливо и материалы для построек, и строительной промышленности»¹.

В двадцатой пятилетке предусматривается дальнейшее увеличение объема производства строительных материалов, строительных конструкций и легалей, преимущественное развитие производства изделий, обеспечивающих снижение материаляемкости, стоимости и трудоемкости строительства, уменьшение веса зданий и сооружений и повышение их тепловой защиты. В связи с этим разрабатываются технологии производства строительных материалов с использованием золы и шлаков ТЭС, металлургических и фосфорных шлаков, отходов горючо-добычной промышленности и углебогатительных фабрик. Для экономии топливно-энергетических ресурсов переводятся на энергосберегающие технологии предприятия по производству цемента, извести, стекла, железобетонных и керамических изделий. Например, разрабатывается сухой способ производства портландцемента, сокращающий затраты энергии в 1,5—2 раза по сравнению с мокрым способом.

Основной задачей в капитальном строительстве является повышение эффективности капитальных вложений на базе индустриализации, означающей перевод строительства на непрерывный процесс комплексной механизированной сборки зданий и сооружений из укрупненных готовых конструкций заводского изготовления.

Затраты на материалы составляют более половины общей стоимости строительно-монтажных работ и около одной трети капитальных вложений в народное хозяйство СССР. Производство строительных материалов связано с добычей и переработкой огромного количества сырья. Только на минеральные материалы приходится более 25 % общих грузовых перевозок железнодорожным транспортом и более 57 % речным транспортом СССР. Сдвижение массы материалов позволяет сократить транспортные затраты, укрупнить конструкции, уменьшить трудоемкость и стоимость строительства. Каждый процент снижения затрат на строительные материалы ежегодно экономит около 400 млн. руб.

Советскую технологию производства цемента, бетонов, керамико-теплоизоляционных и других материалов используют многие страны. Советскими учеными сделано открытие в области химии и технологии цемента, позволяющее снизить температуру обжига сырья и существенно сократить энергетические затраты.

В настоящее время осуществляется внедрение гибкой технологии, позволяющей быстро перестраивать производство на изготовление новой продукции, а также получать материалы с заданными свойствами по энергосберегающей и безотходной технологии.

Советский Союз опередил развитые капиталистические страны по производству ряда важнейших строительных материалов: цемента,

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 3, с. 525.

сборного железобетона, асбестоцементных листовых материалов и труб, оконного стекла.

Большие объемы изготовления монолитного бетона и сборного железобетона потребовали увеличения выпуска и улучшения качества щебня, гравия и песка. Производство первичных материалов в 1980 г. достигло 970,6 млн. м³. Воздняла поиски отрасль промышленности — производство искусственных пористых заполнителей для легких бетонов (в 1980 г. получено 37 млн. м³). Создана крупные предприятия по изготовлению плотных и ячеистых силикатных материалов автоклавного твердения.

В 1984 г. было произведено 154 млн. т стали, выпуск профилей черных металлов составил 107 млн. т. Расширила номенклатура профильных изделий и арматурной стали.

Резко повысился уровень производства керамических изделий. Особен выпуск разных видов эффективного кирпича, керамических блоков, фасадных облицовочных керамических плит и плиток.

Получила широкое развитие промышленность рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов: В 1980 г. было изготовлено 1723 млн. м² мягкой кровли.

В больших объемах производятся теплоизоляционные материалы: минеральная вата и изделия из нее, газосиликат и газобетон, материалы для высокотемпературной изоляции с применением вспученных вермикулита и перлита. Выпуск минералоцементных изделий в 1980 г. составил 21,5 млн. м³.

Освоено производство крупноразмерных асбестоцементных листов для стен и кровель, высоконапорных асбестоцементных труб.

В нашей стране больше, чем в какой-либо другой, производится листового стекла. В 1980 г. его было выпущено 245 млн. м². Получило развитие производство витринного, армированного и теплоизолирующего стекла, стеклянных труб, блоков, пеностекла, стеклянной ваты.

Созданы крупные предприятия, выпускающие строительные изделия из пластика. На основе полимеров изготавливают санитарно-техническое оборудование, различные материалы для теплоизоляции, гидроизоляции, устройства чистых полов и других целей. Синтетические смолы широко используют также в производстве клеев и лакокрасочных материалов взамен природных смол и растительных масел.

Успехи промышленности строительных материалов объясняются не только созданием крупной сети предприятий, но и осуществлением комплексной механизации производства, внедрением автоматических устройств, интенсификацией технологических процессов.

Труды русских и советских ученых по химии силикатов, технологиям цемента, силикатного бетона, сборного железобетона, керамики, стеклоделия получили международное признание. Еще в XIX и начале XX в. работы русских ученых И. А. Белебовского, Н. Н. Ляминой, И. Г. Малоги, А. Р. Шуляченко оказали большое влияние на развитие отечественной науки о строительных материалах.

Благодаря трудам академиков Д. С. Белянкина, Ф. Ю. Левинсона-Лессинга, В. А. Обручева, А. Ф. Ферсмана и других ученых, работам Академии наук СССР, а также ряда отраслевых институтов были исследованы богатейшие месторождения гранитов, мраморов, известняков и других природных каменистых материалов.

На базе основополагающих работ А. А. Байкова, П. А. Ребиндера, В. Н. Юнга и других выдающихся ученых развивается теория твердения вяжущих веществ. Дальнейшее развитие науки о вяжущих

веществах получило в работах П. И. Боженова, П. П. Будникова, Ю. М. Бутта, А. В. Волженского, С. И. Дружинина, В. Ф. Журавлевой, В.-А. Кинда, О.-П. Мчедлова-Петросяна, Н. А. Торопова и др. Труды И. П. Александрина, Н. М. Беляева, К. С. Завриева, Б. Г. Скрамтаева и Н. А. Попова способствовали внедрению в практику научных методов определения состава бетона. Большое распространение получили работы по механизации укладки и уплотнения бетонной смеси, созданию новых видов бетона — особо легкого, кислотоупорного, жаростойкого. Теория прочности и технология бетона получили развитие в работах И. Н. Ахвердова, Ю. М. Баженова, О. Я. Берга, С. А. Миронова, И. А. Рыбьева и др.

Общая фундаментальная теория коррозии бетона и железобетона разработана в трудах В. М. Москвина, С. Н. Алексеева, В. И. Бабушкина, Г. И. Горчакова, Ф. М. Иванова, В. Б. Ратникова, О. В. Куневича, С. В. Шестоплева и др. На ее основе созданы долговечные железобетонные конструкции для массового строительства.

Развитию строительной керамики в большой мере способствовали исследования Т. А. Земятченского, А. И. Августиника, П. П. Будникова и других ученых. Они разработали теоретические основы глиноведения, раскрыли процессы, происходящие при тепловой обработке глин, подробно изучили глины нашей страны.

За годы Советской власти промышленность строительных материалов и изделий превратилась в крупную отрасль индустрии, располагающую механизированными и автоматизированными предприятиями, квалифицированными кадрами и крупной научной базой.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Строительная конструкция воспринимает те или иные нагрузки и подвергается действию окружающей среды. Поэтому строительные материалы должны обладать определенной прочностью, а также способностью сопротивляться физическим и химическим воздействиям среды: воздуха и содержащихся в нем паров и газов, воды и растворенных в ней веществ, колебаниям температуры и влажности, совместно воды и мороза при многократном замораживании и оттаивании.

Исходя из условий работы материалов в сооружении их можно разделить по назначению на две группы.

Первую группу составляют конструкционные материалы, применяемые для несущих конструкций: 1) природные каменные материалы; 2) неорганические и органические вяжущие вещества; 3) искусственные каменные материалы: а) получаемые на основе вяжущих веществ (бетоны, железобетон, строительные растворы); б) получаемые термической обработкой минерального сырья (керамические материалы и изделия, стекло, ситаллы); 3) металлы (сталь, чугун, алюминий, сплавы); 4) полимеры; 5) древесные материалы; 6) композиционные материалы (асбестоцемент, бетонополимер, фибробетон, стеклопластики и др.).

Вторая группа объединяет строительные материалы специального назначения, необходимые для защиты конструкций от вредных воздействий среды, а также для повышения эксплуатационных свойств и создания комфорта: 1) теплоизоляционные; 2) акустические; 3) гидроизоляционные, кровельные и герметизирующие; 4) отделочные; 5) антикоррозионные; 6) огнеупорные; 7) материалы для защиты от радиационных воздействий.

1. Стандартизация свойств

Чтобы правильно выбрать материал, спроектировать и построить сооружение, надо хорошо знать свойства применяемых материалов.

В строительстве применяют много материалов с различными свойствами, однако существуют основные свойства, важные для всех строительных материалов. К та-

ким свойствам можно отнести: плотность, пористость, прочность, деформируемость и стойкость в эксплуатационных условиях. Указанные свойства определяют качество материала и возможность его применения в той или другой конструкции.

Свойства материала всегда оценивают числовыми показателями, которые устанавливают путем испытаний. Для получения сопоставимых данных, которыми можно воспользоваться при расчете конструкций, испытания обязательно проводят единообразно, как установлено государственными общесоюзными стандартами (ГОСТами).

В СССР создана единая государственная система стандартизации, которая применяется во всех отраслях народного хозяйства. Этим самым создается эффективность действия стандартов как одного из средств ускорения научно-технического прогресса и повышения качества продукции.

Система органов и служб стандартизации представлена общесоюзным органом по стандартизации (Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР) и его службами — службой стандартизации в отраслях народного хозяйства, службой стандартизации в союзных республиках. В зависимости от сферы действия стандарты могут быть государственными (ГОСТ), отраслевыми (ОСТ), республиканскими (РСТ) и стандартами предприятий (СТП).

Государственные стандарты — это обязательный документ для всех предприятий, организаций и учреждений, независимо от их ведомственной подчиненности, во всех отраслях народного хозяйства СССР и союзных республик. Такие стандарты утверждает Госстандарт, а стандарты в области строительства и строительных материалов — Государственный комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР). Особо важные государственные стандарты (по специальному перечню) утверждает Совет Министров СССР.

В области строительных материалов и изделий наиболее распространены стандарты: технических условий; технических требований; типов изделий и их основных параметров, методов испытаний; правил приемки, маркировки, упаковки, транспортирования и хранения.

Стандарты технических требований нормируют показатели качества, надежности и долговечности продукции,

ее внешний вид. Вместе с тем такие стандарты устанавливают гарантийный срок службы и комплектность поставки изделий. Большинство стандартов на строительные материалы и изделия — это стандарты технических требований. Значительная часть требований стандартов связана с физико-механическими характеристиками материалов (плотностью, водопоглощением, влажностью, прочностью, морозостойкостью и др.).

Одна из особенностей государственной системы стандартизации в строительстве и технологии строительных изделий состоит в том, что кроме стандартов здесь действует система нормативных документов, объединенная в *Строительные нормы и правила* (СНиП). СНиП — это свод общесоюзных нормативных документов по проектированию, строительству и строительным материалам, обязательный для всех организаций и предприятий.

Методическую основу стандартизации размеров в проектировании, изготовлении строительных изделий и при возведении сооружений составляет *Модульная координация размеров в строительстве* (МКРС), представляющая собой совокупность правил координации размеров элементов зданий и сооружений, строительных изделий и оборудования на базе основного модуля, равного 100 мм (обозначается 1М). Применение МКРС позволяет унифицировать и сократить число типоразмеров строительных изделий из разных материалов или отличающихся по конструкции. Изделия и детали одинаковых типоразмеров, изготовленные в соответствии с требованиями МКРС могут быть использованы в зданиях разнообразного назначения.

В МКРС входят и произвольные модули, которые получаются путем умножения основного модуля на целые или дробные коэффициенты. При умножении на целые коэффициенты образуются укрупненные модули, а при умножении на коэффициенты менее единицы — дробные модули (табл. 1.1).

Производные укрупненные модули (60М, 30М, 12М) и кратные им размеры рекомендуются для назначения продольных и поперечных шагов зданий. Модули 6М, 3М, 2М предназначены для членения конструктивных элементов в плане зданий и для назначения ширины проемов. Основной модуль 1М и дробные модули от 1/2М до 1/20М применяют для назначения размеров сечения относительно малых элементов (колонн, балок и

ТАБЛИЦА 1.1. РАЗМЕРЫ ПРОИЗВОДНЫХ МОДУЛЕЙ МКРС

Обозначение	Размер, мм	Обозначение	Размер, мм
Укрупненные		Дробные	
1М	100	1М	100
2М	200	1/2М	50
3М	300	1/5М	20
6М	600	1/10М	10
12М	1200	1/20М	5
15М	1500	1/50М	2
30М	3000	1/100М	1
60М	6000		

т. д.). Наиболее мелкие дробные модули (от 1/10М до 1/100М) используют для назначения различной толщины плитных и листовых материалов, ширины зазоров, допусков.

Созданные в СССР Строительные нормы и правила имеют большое международное значение. Решением постоянной комиссии СЭВ по строительству СНиП взят за основу унифицированных норм и правил в области строительства для всех стран — членов СЭВ.

Работы по стандартизации в международном масштабе проводятся специально созданной в 1947 г. Международной организацией по стандартизации (ИСО). Деятельность ИСО, как указано в ее уставе, имеет целью содействовать благоприятному развитию стандартизации во всем мире, чтобы облегчить международный обмен товарами и развивать взаимное сотрудничество в области науки, техники и экономики. Кроме ИСО, активную работу в области стандартизации и социалистической экономической интеграции проводят Совет Экономической Взаимопомощи и его Международный институт по стандартизации.

2. Связь состава, структуры и свойств

Строительный материал характеризуется химическим, минеральным и фазовым составом.

Химический состав строительных материалов позволяет судить о некоторых их свойствах: огнестойкости, биостойкости, механических и других технических характеристиках. Химический состав неорганических вяжущих веществ (цемента, извести и др.) и каменных материалов удобно выражать количеством содержащихся в них оксидов. Основные и кислотные оксиды химически связаны между собой и образуют минералы, которые и определяют многие свойства материала.

Минеральный состав показывает, какие минералы и в каком количестве они содержатся в вяжущем веществе или в каменном материале. Например, в портландцементе содержание трехкальциевого силиката ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) составляет 45—60 %, причем при большем его количестве ускоряется его твердение, повышается прочность цементного камня.

Фазовый состав материала и фазовые переходы воды, находящейся в его порах, оказывают влияние на все свойства и поведение материала при эксплуатации. В материале выделяют твердые вещества, образующие стенки пор, т. е. «каркас» материала, и поры, заполненные воздухом и водой. Если вода, являющаяся компонентом этой системы, замерзает, то образовавшийся в порах лед изменяет механические и теплотехнические свойства материала. Увеличение же объема замерзающей в порах воды вызывает в материале внутренние напряжения, способные его разрушить при повторных циклах замораживания и оттаивания.

Структуру материала изучают на трех уровнях: первый — макроструктура материала — строение, видимое невооруженным глазом; второй — микроструктура материала — строение, видимое в оптический микроскоп; третий — внутреннее строение веществ, составляющих материал, на молекулярно-ионном уровне, изучаемом методами рентгено-структурного анализа, электронной микроскопии и т. д.

Макроструктура твердых строительных материалов может быть конгломератная, ячеистая, мелкопористая, волокнистая, слоистая, рыхлозернистая (порошкообразная).

Искусственные конгломераты — это обширная группа, объединяющая различные виды бетона, некоторые керамические и другие материалы.

Ячеистая структура характеризуется наличием макропор, свойственных газо- и пенобетонам, ячеистым пластмассам.

Мелкопористая структура свойственна, например, керамическим материалам, поризованным способами высокого затворения водой и введением выгорающих добавок.

Волокнистая структура присуща древесине, стеклопластикам, изделиям из минеральной ваты и др. Особенность этой структуры — резкое различие прочности, теплопроводности и других свойств вдоль и поперек волокон.

Слоистая структура отчетливо выражена у рулонных, листовых, плитных материалов, в частности у полимерных материалов со слоистым наполнителем (бумопласта, текстолита и др.).

Рыхлозернистая структура свойственна заполнителям для бетона, зернистым и порошкообразным материалам для мастичной теплоизоляции, засыпок и др.

Структура веществ, составляющих материал, может быть *кристаллическая* и *аморфная*. Кристаллические и аморфные формы передко являются лишь различными состояниями одного и того же вещества (например, кристаллический кварц и различные аморфные формы кремнезема). Кристаллическая форма всегда более устойчива. Чтобы вызвать химическое взаимодействие между кварцевым песком и известью, в технологии силикатного кирпича применяют автоклавную обработку отформованного сырца насыщенным водяным паром с температурой 175 °С и давлением 0,8 МПа. Между тем, трепел (аморфная форма SiO_2) вместе с известью после затворения водой образует гидросиликат кальция при температуре 15—25 °С. Аморфная форма вещества может перейти в более устойчивую кристаллическую форму.

Практическое значение для природных и искусственных каменных материалов имеет явление полиморфизма, когда одно и то же вещество способно существовать в различных кристаллических формах, называемых *модификациями*. Наблюдаются, например, полиморфные превращения кварца, сопровождающиеся изменением объема.

Особенностью кристаллического вещества являются определенная температура плавления (при постоянном давлении) и определенная геометрическая форма кристаллов каждой его модификации.

Свойства монокристаллов неодинаковы в разных направлениях. Это механическая прочность, теплопроводность, скорость растворения, электропроводность и др. Явление анизотропии является следствием особенностей внутреннего строения кристаллов.

В строительстве применяют поликристаллические каменные материалы, в которых разные кристаллы ориентированы беспорядочно. Подобные материалы рассматриваются как изотропные по своим строительно-техническим свойствам. Исключение составляют слоистые каменные материалы (гнейсы, сланцы и др.).

Внутреннее строение вещества, составляющих материал, определяет его механическую прочность, твердость, тугоплавкость и другие важные свойства.

Кристаллические вещества, входящие в состав строительного материала, различают по характеру связи между частицами, образующими пространственную кристаллическую решетку. Она может быть образована: нейтральными атомами (одного и того же элемента, как в алмазе С или разных элементов, как в кварце SiO_2); ионами (разноименно заряженными, как в кальците $CaCO_3$, или одноименными, как в металлах); целыми молекулами (кристаллы льда).

Ковалентная связь, осуществляемая обычно электронной парой, образуется в кристаллах простых веществ (алмаз, графит) и в кристаллах некоторых соединений из двух элементов (кварц, карборунд, другие карбиды, нитриды). Такие материалы отличаются очень высокой механической прочностью и твердостью, кроме того, они весьма тугоплавки.

Ионная связь образуется в кристаллах тех материалов, в которых она носит преобладающе ионный характер. Распространенные строительные материалы этого типа — гипс и ангидрит — имеют невысокую прочность и твердость; они неводостойки.

В сложных кристаллах, часто встречающихся в строительных материалах (кальцит, полевые шпаты), существуют ковалентная и ионная связи. Внутри сложного иона CO_3^{2-} связь ковалентная, но сам он имеет с ионами Ca^{2+} ионную связь. Свойства подобных материалов весь-