**Связь строения, состава и свойств материалов**

Строение и свойства

Знание строения строительного материала необходимо для понимания его свойств и в конечном итоге для решения практи­ческого вопроса, где и как применить материал, чтобы получить наибольший технико-экономический эффект.

Строение материала изучают на трех уровнях:

1) макрострук­тура материала - строение, видимое невооруженным глазом;

2) микроструктура материала - строение видимое в оптический микроскоп;

3) внутреннее строение веществ, составляющих мате­риал, на молекулярно-ионном уровне, изучаемом методами рентгено-структурного анализа, электронной микроскопии и т.п.

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

*Искусственные конгломераты* - это обширная группа, объе­диняющая бетоны различного вида, ряд керамических и других материалов.

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

*Мелкопористая структура* свойственна, например, керамиче­ским материалам, поризованным способами высокого водозатворения и введением выгорающих добавок.

*Волокнистая структура* присуща древесине, стеклопласти­кам, изделиям из минеральной ваты и др. Ее особенностью явля­ется резкое различие прочности, теплопроводности и других свойств вдоль и поперек волокон.

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

*Рыхлозернистые материалы* - это заполнители для бетона, зернистые и порошкообразные материалы для мастичной тепло­изоляции, засыпок и др.

2

**Микроструктура веществ,** составляющих материал, может быть кристаллическая и аморфная. Кристаллические и аморфные формы нередко являются лишь различными состояниями одного и того же вещества. Примером служит 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 не менее 175°С и давлением 0,8 МПа. Между тем трепел (аморфная форма диоксида кремния) вместе с известью после затворения водой образует гидросиликат кальция при нормальной темпера­туре 15-25°С. Аморфная форма вещества может перейти в более устойчивую кристаллическую форму.

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** веществ, составляющих материал, опре­деляет механическую прочность, твердость, тугоплавкость и дру­гие важные свойства материала.

*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, или различных элементов, как в Si02); ионами (разноименно заряженными, как в СаСОз, или одноимен­ными, как в металлах); целыми молекулами (кристаллы льда).

*Ковалентная связь* осуществляется 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 выделяются очень высокой механической прочностью и твердостью, они весьма тугоплавки.

3

*Ионные связи* образуются в кристаллах тех материалов, в ко­торых связь имеет преобладающе ионный характер. Распростра­ненные строительные материалы этого типа гипс и ангидрид имеют невысокую прочность и твердость, не водостойки.

*Молекулярные кристаллические решетки* и соответствующие им *молекулярные* связи образуются преимущественно в кристал­лах тех веществ, в молекулах которых связи являются ковалентными. Кристалл этих веществ построен из целых молекул, кото­рые удерживаются друг около друга сравнительно слабыми вандер-ваальсовыми силами межмолекулярного притяжения (как в кристаллах льда). При нагревании связи между молекулами легко разрушаются, поэтому вещества с молекулярными решетками обладают низкими температурами плавления.

*Силикаты,* занимающие особое место в строительных мате­риалах, имеют сложную структуру, обусловившую их особенно­сти. Так, волокнистые материалы (асбест) состоят из параллель­ных силикатных цепей, связанных между собой положительными ионами, расположенными между цепями. Ионные силы слабее ковалентных связей внутри каждой цепи, поэтому механические воздействия, недостаточные для разрыва цепей, разделяют такой материал на волокна. Пластинчатые минералы (слюда, каолинит) состоят из силикатных групп, связанных в плоские сетки.

Состав и свойства

Строительный материал характеризуется химическим, мине­ральным и фазовым составом.

**Химический состав** строительных материалов позволяет су­дить о ряде свойств материала: огнестойкости, биостойкости, механических и других технических характеристиках. Химиче­ский состав неорганических 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.

4

**Минеральный состав** показывает, какие минералы и в каком количестве содержатся в вяжущем веществе или в каменном мате­риале. Например, в портландцементе содержание трехкальциевого силиката (ЗСаО\*SiO2) составляет 45-60%, причем при большем его количестве ускоряется твердение, повышается прочность це­ментного камня.

**Фазовый состав** материала и фазовые переходы воды, нахо­дящиеся 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 тепломеханические свойства материала. Увеличение же объема замерзающей в порах воды вызывает внутренние напряжения, способные разрушить матери­ал при повторных циклах замораживания и оттаивания.

5

**Строительные материалы – композиты**

К композитам можно отнести многие строительные материалы: бетон и железобетон, строительные растворы, фибробетон, асбестоцемент, древесностружечные и древесноволокнистые плиты и др. Они не обладают прочностью истинных композитов, но в принцип состоят из тех же композитов: матрицы и упрочнителя.

Строительные материалы на основе неорганических и органи­ческих вяжущих веществ иногда объединяют названием искусст­венные конгломераты в отличие от природных конгломератов, имеющихся в земной коре. Природные и искусственные конгло­мераты образуются с обязательным цементированием полизерни­стых и другого вида заполнителей (наполнителей) - волокнистых, пластинчатых, посредством первичных связей (химических, элек­трических, металлических и т.п.) или вторичных веществ - вяжу­щих (связующих).

Свойства конгломерата в первую очередь обусловливаются сцеплением (склеиванием) связующего с заполнителем. В отсутст­вии такового компоненты материала образуют механическую смесь и проявляют независимо друг от друга индивидуальные свойства.

Неорганические и органические вяжущие обладают опреде­ленными клеющими способностями и их функции состоят в склеивании в единое целое отдельных зерен, частиц, образуя конгломерат. Поэтому все вяжущие можно считать клеями. Склеивание определяется двумя факторами: ***адгезией*** - прочностью сцепления клея и материала и ***когезией*** - прочностью самого клея. Нарушение склеивания может произойти по причине слабой адгезии или когезии (или же самого склеиваемого материала). В местах склейки возникает контактный слой, толщина которого у полимерных клеев равняется долям микрона, а у минеральных 20-50 мк.

Адгезия может быть специфической и механической. Специ­фическая адгезия объясняется различными видами физико-химических связей; механическая - шероховатостью поверхности, усадочными напряжениями, защемлением, вызывающим трение и др. Адгезия в чистом виде выявляется при нормальной

6

отрываю­щей силе, вызывающей нормальные напряжения. Высокая адге­зияя возможна только при совершенном контакте клея со склеи­ваемыми поверхностями. При этом большое значение имеет чис­тота поверхности, хорошая ее смачиваемость, шероховатость - что увеличивает площадь контакта.

У минеральных клеев наилучшими адгезионными свойствами обладают растворимое стекло, магнезиальный цемент, затем портландцемент и глиноземистый; худшими - пуццолановый и шлакопортландцемент, строительный гипс и известь. Строитель­ные растворы на портландцементе с высоким содержанием 2Ca0\*Si02 показывают сцепление несколько выше, чем портландцемент с обычным минералогическим составом или с высоким содержанием 3CaO\*SiО2.

В полимерных клеях адгезионные качества определяются функциональными группами, входящими в состав молекул: на­пример, гидроксильная - ОН, карбоксильная - СООН, нитрильная - CN и др. Немаловажную роль при этом играют режим по­лимеризации, ряд физико-химических и технологических факторов и их различные сочетания (повышенное давление, температу­ра, горячее прессование и т.п.). Высокими адгезионными свойст­вами обладают эпоксидные, полиэфирные, кремнийорганические и другие смолы.

На долю искусственных конгломератов ориентировочно при­ходится 90% строительных материалов, примерно 10% приходит­ся на металлические и деревянные материалы. Но в соответствии с теориями о кристаллитом строении (мелкие кристаллы, не имеющие ясно выраженной формы) эти материалы имеют струк­туры также сходные с конгломератами. Они содержат «заполни­тель» в виде кристаллов и «вяжущую часть» - своеобразные аморфные вещества.

Таким образом, большинство строительных материалов мож­но отнести к композиционным материалам, так как в них имеют­ся в том или ином виде матрица и упрочняющий компонент. Причем последний может быть как дисперсно-упрочняющим, так и волокнистым.

7

**Магматические горные породы**

*Магматические горные породы* – это изверженные горные породы, образовавшиеся из расплавленной магмы при её застывании и кристаллизации. По условиям застывания среди магматических горных пород различают два основных типа:

**эффузивные** (вулканические, излившиеся), застывшие на дневной поверхности в результате излияния магмы в виде лавы при вулканических извержениях;

**интрузивные** (глубинные), застывшие в толще земной коры среди других горных пород.

Эффузивные горные породы вследствие быстрого застывания обычно мелкозернисты и частично, а иногда полностью состоят из стекла. Часто в них встречаются более крупные кристаллы вкрапленники.

Интрузивные горные породы, застывающие медленно в глубинах земной коры, обладают полнокристаллической, более крупнозернистой структурой.

Магматические горные породы обычно сложены силикатами. Их главной составной частью является кремнезём (SiO2), по содержанию которого магматические горные породы разделяются на ультраосновные (SiO2 < 40%), основные (40—56%), средние (56—65%), кислые (65—70%) и ультракислые (> 75%). Магматические породы, не содержащие силикаты (например, карбонатиты), очень редки. Соответственно изменяется состав минералов в выделенных группах. Ультраосновные породы (пироксениты, дуниты, оливины) сложены только оливинами и пироксенами, в основных (габбро, базальты) к ним присоединяется кальциевый плагиоклаз. В кислых породах (граниты, липариты, дациты) уменьшается содержание магнезиально-железистых и кальциевых силикатов, и появляются щелочные полевые шпаты и кварц. К средним породам относятся главным образом полевошпатовые породы с небольшой примесью железомагнезиальных минералов (диориты, андезиты).

В зависимости от содержания щелочей в каждой группе выделяют породы нормального и щелочного ряда (щелочные граниты, нефелиновые сиениты,

8

фонолиты). В последних появляются щелочные силикаты (эгирины, щелочные амфиболы, фельдшпатоиды).

С различными типами связаны и различные полезные ископаемые. Например, с кислыми магматическими породами - олово, вольфрам, золото; с основными - титаномагнетит, медь; с ультраосновными - хром, платина, никель и т.д.; с щелочными - титан, фосфор, апатиты, цирконий, редкие земли и т.д.

Магматические горные породы могут использоваться как строительные (артикские туфы, лабрадориты и др.), абразивные (пемза) и теплоизоляционные (пемза, перлит) материалы; как сырьё для извлечения ценных компонентов (например, алюминия из нефелиновых сиенитов), а также служат основанием гидротехнических и других сооружений.

9

**Материалы на основе гипса**

Гипс благодаря быстрому схватыванию и твердению в обычных условиях является ценным вяжущим для гипсового бетона и бетонных изделий. Гипс хорошо связывает различные заполнители: шлак, камыш, опилки, бумагу. Изделия на его основе имеют невысокую объемную массу 1000-1200 кг/м3. Для понижения объемной массы и теплопроводности изделий в гипсовое тесто можно вводить порообразователи, затворять его избытком воды.

Гипсовые бетоны обладают недостатками, ограничивающими их широкое применение: малой водостойкостью, значительной объемной деформацией, вызывающей коробление гипсовых армированных изделий; арматура в них подвергается коррозии.

Перечисленные недостатки гипсобетона могут быть частично устранены путем введения в него извести, гидравлических добавок совместно с цементом.

При добавке некоторых полимеров можно придать гипсу свойство несмачиваемости и повысить его водостойкость. Гидрофобно-пластифицирующие добавки и вибрационное уплотнение позволяют резко снизить водогипсовое отношение, значительно повысить прочность и водостойкость изделий.

Интенсивные свойства приобретает гипс, затворенный водным раствором карбамидной смолы. Изделия из такого гипса, высушенные при температуре 60-70°С, обладают высокой прочностью и водонепроницаемостью. Изделия на основе гипса можно армировать древесиной, камышом, рубленым стекловолокном, стеклянными прядями и нетканым стекловолокнистым полотном.

Армировать гипсовые детали металлом можно при условии покрытия арматуры коррозиеустойчивыми лаками либо применять арматуру из стекловолокна.

Особое значение приобретает гипс в производстве изделий. Из гипса изготовляют камни для стен, панели, перегородочные плиты, сухую штукатурку, архитектурные детали, теплоизоляционные изделия.

Гипсобетонные камни изготовляют из гипсового теста с заполнителями

10

(шлаком, кирпичным щебнем, керамзитом, отходами ракушечника, рубленым камышом, кукурузной кочерыжкой, подсолнуховым стеблем, древесной щепой, корой, опилками и др.), а также из чистого теста пустотелыми.

Стеновые камни (арболит) целесообразно изготовлять на высокопрочном гипсе или гипсоцементно-пуццолановом вяжущем с заполнителем из дробленых отходов древесины или с корой.

Марки изделий на гипсоцементно-пуццолановом вяжущем - 25-40, объемная масса 600-750 кг/м3.

Стена из арболита толщиной 25 см по термосопротивляемости эквивалентна стене из кирпича толщиной 51 см.

Внутренние стены из гипсобетона на обычном гипсе допускается устраивать в промышленных, жилых и культурно-бытовых зданиях и сооружениях с относительной влажностью воздуха в помещениях не более 60%; наружные стены - при условии обработки наружной поверхности слоем с повышенной водоустойчивостью.

Пустотелые гипсобетонные камни применяют также для несущего заполнения междубалочных пространств (блоки наката).

Гипсовые панели и плиты. К индустриальным сборным элементам на основе гипса относят перегородочные панели, а также плиты под покрытия полов, плиты для перегородок и для наката.

Панели перегородок изготовляют высотой, равной высоте этажа, и шириной на комнату или часть комнаты. Гипсобетонные панели делятся по назначению - на межкомнатные и межквартирные; по конструкции - на глухие и с проемами, на армированные деревянными реечными каркасами и неармированные. Изготовляют панели в вертикальных формах или на горизонтальных поддонах на прокатном стане.

На прокатном стане панели изготовляют из смеси гипса, опилок, песка (1:1:1 в объемных частях) с водогипсовым отношением 0,57-0,6. Размеры панелей: длина 1,5-6, высота 2,4-3,1 м, толщина 8-12 см. На прокатном стане изготовляют также плиты на основе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего, которые применяют в

11

качестве стеновых панелей наружных стен, санитарных кабин и как основание под полы.

Производство гипсовых панелей заключается в следующем. На движущуюся резиновую ленту укладывают реечный каркас, снабженный металлическими петлями для захвата. Специальный укладчик подает на каркас гипсобетонную смесь, которая прокатывается между лентами. Отформованная панель движется по промежуточному конвейеру до кантователя; за этот период гипс твердеет. Далее панель из горизонтального положения кантуют в вертикальное и направляют в сушильную камеру.

Гипсовые плиты применяют для устройства ненесущих перегородок в зданиях, где предотвращено систематическое увлажнение. Изготовляются такие плиты с добавкой в гипсовое тесто древесной массы, асбестоцементных отходов и др.

Гипсовые плиты, армированные драночной сеткой, реечным каркасом, камышом, могут применяться в качестве наката в перекрытиях.

Гипсовые листы, иначе называемые сухой штукатуркой, изготовляют в виде гипсового сердечника, оклеенного картоном, либо в виде гипсоволокнистых тонких листов. Гипсовые листы применяют в строительстве для отделки внутренних каменных и деревянных поверхностей, а также как материал для изготовления филенок дверей. Гипсовые листы, склеенные в несколько слоев битумной мастикой, применяют для устройства оснований под рулонные кровли и подготовки под полы. Гипсовые листы выпускают длиной 2700-3300, шириной 1200, толщиной 8-10 мм.

Процесс производства гипсовой сухой штукатурки, оклеенной картоном, состоит из таких основных операций: приготовления гипсового раствора; подачи и распределения раствора на нижнем слое бумаги, раскатываемой из рулона и движущейся на конвейере; накладки верхнего бумажного слоя на гипсовый сердечник; подрезки, подклейки и загиба боковых краев нижнего листа для закрытия кромки; разрезки сырых затвердевших листов на конвейере длиной 160 м сушки листов в конвейерном сушиле; передачи на склад и выдачи листов на строительство.

12

**Битумные вяжущие вещества**

Битумы относятся к наиболее распространенным органическим вяжущим веществам.

**Элементарный состав** битумов колеблется в пределах: углерода 70-80%, водорода 10-15%, серы 2-9%, кислорода 1-5%, азота 0-2%. Эти элементы находятся в битуме в виде углеводородов и их соеди­нений с серой, кислородом и азотом. Химический состав битумов весьма сложен. Так, в них могут находиться смеси углеводородов метанового и нафтенового рядов и их кислородных, сернистых и азо­тистых производных. Все многообразие соединений, образующие битум, можно свести в три группы: твердая часть, смолы и масла.

**Твердая часть битума** - это высокомолекулярные углеводороды и их производные с молекулярной массой 1000-5000, плотностью более 1, объединенные общим названием "асфальтены". В асфальтенах содержатся карбены, растворимые только в ССI4 и карбоиды, не растворимые в маслах и летучих растворителях. В состав битумов могут входить также твердые углеводороды-парафины.

**Смолы** представляют собой аморфные вещества темно- коричневого цвета с молекулярной массой 500-1000, плотностью около 1 .

**Масляные фракции** битумов состоят из различных углево­дородов с молекулярной массой 100-500, плотностью менее 1.

По своему строению битум представляет коллоидную систему, в которой диспергированы асфальтены, а дисперсионной средой явля­ются смолы и масла. Асфальтены битума, диспергированные в виде частиц размером 18-20 мкм, являются ядрами, каждое из них окруже­но оболочкой убывающей плотности - от тяжелых смол к маслам.

Свойства битума, как дисперсной системы, определяются соот­ношением входящих в него составных частей: масел, смол и асфальтенов. Повышение содержания асфальгенов и смол влечет за собой возрастание твердости, температуры размягчения и хрупкости биту­ма. Наоборот, масла, частично растворяющие смолы, делают битум мягким и легкоплавким.

13

Свойства битумов

**Физические свойства** органических и неорганических вяжущих веществ и материалов, изготавливаемых на их основе, различны. Для органических веществ в отличие от минеральных характерны гидрофобность, атмосферостойкость, растворимость в органических растворителях, повышенная деформативность, способность размяг­чаться при нагревании вплоть до полного расплавления. Эти свойст­ва обусловили применение органических вяжущих для производства кровельных, гидроизоляционных и антикоррозионных материалов, а также их широкое распространение в гидротехническом и дорожном строительстве.

Плотность битумов в зависимости от группового состава колеб­лется в пределах от 0,8 до 1,3 г/см3. Теплопроводность характерна для аморфных веществ и составляет 0,5-0,6 Вт/(м.°С); теплоемкость -1,8-1,97 кДж/кг.°С. Коэффициент объемного теплового расширения при 25°С находится в пределах от 5\*10-4 до 8\*10-40С-1, причем более вязкие битумы имеют больший коэффициент расширения. Устойчи­вость при нагревании характеризуется: потерей массы при нагрева­нии пробы битума при 160°С в течение 5 ч (не более 1%) и темпера­турой вспышки (230-240°С в зависимости от марки).

Водостойкость характеризуется содержанием водорастворимых соединений (в битуме не более 0,2-0,3% по массе). Электроизоляци­онные свойства используют при устройстве изоляции электро­кабелей.

**Физико-химические свойства.** Поверхностное натяжение биту­мов при температуре 20-25°С составляет 25-35 эрг/см2. От содер­жания поверхностно-активных полярных компонентов в органическом вяжущем зависит смачивающая способность вяжущего и его сцепление с каменными материалами (порошкообразными на­полнителями, мелким и крупным заполнителем).

Старение - процесс медленного изменения состава и свойств би­тума, сопровождающийся повышением хрупкости и снижением гидрофобности. Ускоряется под действием солнечного света и кислорода воздуха вследствие возрастания количества твердых хрупких состав­ляющих за счет уменьшения содержания смолистых веществ и масел.

14

Реологические свойства битума зависят от группового состава, строения. Жидкие битумы, имеющие структуру типа золь, ведут себя как жидкости, течение которых подчиняется закону Ньютона. Твер­дые битумы, имеющие структуру типа гель, относятся к вязко- упругим материалам, так как при приложении к ним нагрузки одно­временно возникает упругая (обратимая) и пластическая (необратимая) составляющие деформации.

**Химические свойства.** Наиболее важным свойством является хи­мическая стойкость битумов и битумных материалов к действию аг­рессивных веществ, вызывающих коррозию цементных бетонов, ме­таллов и других строительных материалов. Битумные материалы хо­рошо сопротивляются действию щелочей (с концентрацией до 45%), фосфорной кислоты (до 85%), а также серной (с концентрацией до 50%), соляной (до 25%) и уксусной (до 10%) кислот. Менее стойки битумы в атмосфере, содержащей оксиды азота, а также при дейст­вии концентрированных растворов кислот (особенно окисляющих). Битум растворяется в органических растворителях. Благодаря своей химической стойкости и экономичности битумные материалы широ­ко применяют для химической защиты железобетонных конструкций, стальных труб и др.

**Физико-механические свойства.** Марку битума определяют твердостью, температурой размягчения и растяжимостью.

Твердость находят по глубине проникания в битум иглы (в деся­тых долях миллиметра) прибора - пенетрометра.

Температуру размягчения определяют на приборе "кольцо и шар", помещаемом в сосуд с водой; она соответствует той температуре на­греваемой воды, при которой металлический шарик под действием собственной массы проходит через кольцо, заполненное испытуемым битумом.

15

**Содержание**

1. Связь строения, состава и свойств материалов…………………......................2
2. Строительные материалы – композиты………………………………………..6
3. Магматические горные породы………………………………………………...8
4. Материалы на основе гипса………………………………………………...…10
5. Битумные вяжущие вещества…………………………………………………1