ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Издательство МИСИ – МГСУ

Е.Г. Величко

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Часть 1

Рекомендовано
Учебно-метдическим советом НИУ – МГСУ в качестве учебного пособия
для аспирантов по направлению подготовки 08.06.01 Техника и технологии строительства
(№ 02 от 20.03.2019)



ISBN 978-5-7264-2165-0
ISBN 978-5-7264-2166-7 (ч. 1)

© Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020



Москва
2020

УДК 691
ББК 38.3
В27

Рецензенты:
доктор технических наук *Л.М. Добшиц*, профессор кафедры
строительных материалов и технологий Российского университета транспорта
(РУТ (МИИТ));
доктор технических наук *В.Н. Соков*, профессор кафедры технологии
вяжущих веществ и бетонов НИУ МГСУ

Величко, Е.Г.

В27 Строительные материалы и изделия [Электронный ресурс] : [учебное пособие для аспирантов по направлению подготовки 08.06.01 Техника и технологии строительства] / Е.Г. Величко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра строительных материалов и материаловедения. — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020—.

ISBN 978-5-7264-2165-0

Часть 1. [Электронный ресурс] / Е.Г. Величко. — Электрон. дан. и прогр. (4,2 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа: http://lib.mgsu.ru/. — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-2166-7 (ч. 1)

В учебном пособии рассмотрено строение строительных материалов с использованием наиболее фундаментальных положений термодинамики, молекулярной физики, коллоидной химии и физико-химической механики высококонцентрированных дисперсных систем, что делает представленный материал более понятным, научно обоснованным и облегчающим восприятие. Приведены примеры строения и свойств конкретных материалов, в большинстве случаев бетонов и цементов как наиболее применяемых в современном строительстве.

Для обучающихся по направлению подготовки 08.06.01Техника и технологии строительства.

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

ГЛАВА 1. СТРОЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ 8

ГЛАВА 2. СВЯЗЬ СТРОЕНИЯ, СОСТАВА И СВОЙСТВ 10
2.1. Строение материалов. Общие сведения 10
2.2. Параметры и равновесие 12
2.3. Гомогенные и гетерогенные системы 13
2.4. Химический и минеральный составы 15
2.5. Классификация структуры 15

ГЛАВА 3. КРИСТАЛЛЫ И АМОРФНЫЕ ТЕЛА 18
3.1. Общие сведения о строении кристаллов и аморфных тел 18
3.2. Аморфные тела 19
3.3. Внутрикристаллические силы 20
3.4. Симметрия кристаллов 25
3.5. Пространственная решетка 27
3.6. Классификация кристаллов 29
3.7. Строение реальных кристаллов 30
3.8. Реальные кристаллы. Блочная структура 33
3.9. Дислокации и дефекты 34
3.10. Теоретическая и фактическая прочность кристаллов 38
3.11. Структурные несовершенства в кристаллах 39
3.12. Поли- и монокристаллы. Поверхностные дефекты 40
3.13. Типы структуры в дисперсных системах 48

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ 53
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 54

ВВЕДЕНИЕ

Строительные материалы, изделия и конструкции — материальная основа строительства. Их вклад в общую стоимость готового объекта, включая строительно-монтажные работы, составляет около 50 %. По этой причине экономное расходование строительных материалов с максимальным использованием их потенциальных возможностей является одним из определяющих факторов, обеспечивающих существенное сокращение стоимости строительства в целом.

Для правильного и эффективного использования разнообразных строительных материалов необходимо знать их назначение и свойства. Изучением свойств материалов занимается наука о строительных материалах. Без знания строения и свойств строительных материалов невозможно проектировать, строить, эксплуатировать и реконструировать строительные объекты. Это направление науки является фундаментальным, посвящено изучению и систематизации строительных материалов, выпускаемых различными отраслями промышленности в широкой номенклатуре, и базируется на положениях термодинамики, молекулярной физики, неорганической, органической и коллоидной химии, физико-химической механики высококонцентрированных дисперсных систем и др.

История строительных материалов начинается с древних времен. В ее развитии выделяют три этапа. С первого этапа развития отрасли началось целенаправленное использование материалов для возведения построек различного функционального назначения. На заре цивилизации применяли такие материалы, которые не требовали значительных усилий и энергетических затрат для придания им заданной формы: древесину, природные камни, необожженную глину.

Исходным моментом становления науки о материалах явилось получение керамики путем осознанного изменения свойств и структуры глины при ее нагревании и обжиге. Со временем чрезмерную пористость поверхности изделий научились уменьшать глазурованием.

С течением времени человечество познало самородные, а затем и рудные металлы, крепость и жесткость которых были известны еще в VIII тыс. до н.э. Холоднокованая самородная медь была вытеснена медью, выплавленной из руд, которые встречались в природе чаще и в больших количествах. В дальнейшем к меди стали добавлять другие металлы и таким образом в III тыс. до н.э. научились изготавливать и использовать бронзу как сплав меди с оловом, т.е. начали производить более прочные поликристаллические материалы, а также обрабатывать благородные металлы, широко известные к тому времени.

Второй этап в развитии строительных материалов начался после изобретения в первой половине XIX в. гидравлического вяжущего вещества — портландцемента. Появилась возможность изготавливать водостойкие бетоны и растворы, что существенно расширило технические возможности строительства. Важнейшим показателем этого этапа явилось массовое производство различных строительных материалов и изделий, непосредственно связанное с интенсификацией строительства промышленных и жилых зданий, общим прогрессом промышленных отраслей, электрификацией и т.д. Характерными для данного этапа являются также конкретное изучение составов и качества производимых материалов, изыскание наилучших видов сырья и способов переработки, методов оценки свойств строительных материалов со стандартизацией необходимых критериев совершенствования практики изготовления продукции на всех стадиях технологии.

Кроме применявшихся на первом этапе камня, меди, бронзы, железа и стали, керамики и отдельных вяжущих веществ, начался массовый выпуск портландцемента, появились новые цементы. Были предложены новые разновидности искусственных заполнителей из глины и шлака для изготовления легких бетонов.

В конце XIX в. была разработана и затем сформирована технология изготовления основного конструкционного материала нашего времени — железобетона. В это же время внедряется предварительно напряженный железобетон. По влиянию на развитие мировой цивилизации изобретение железобетона можно поставить в один ряд с открытием электричества или появлением авиации. Массовое производство преднапряженных железобетонных конструкций в нашей стране началось несколько позже.

Развитию строительных материалов в этот период благоприятствовали новые открытия при исследовании структуры веществ. В 1912 г. было обнаружено явление дифракции рентгеновских лучей, а позже рентгенография стала фундаментальным физическим методом изучения структуры веществ. Появилась рентгеновская кристаллография, с помощью которой расшифровывались сложные структуры материалов, например горных пород, синтетических полимеров и др. Вывод о гла-

венствующей роли структуры в природе и качестве материалов послужил основой для изучения кристаллов и неупорядоченных структур в виде аморфных веществ различными методами структурного анализа. Достижения в физике, химии, минералогии и других науках явились базой для глубокого изучения химических составов, физико-механических и физико-химических свойств, а также стандартизации качественных показателей различных видов строительных материалов. Их номенклатура быстро расширялась, значимо увеличивался массив научной и технической информации о каждой разновидности новых и традиционных материалов.

Для второго этапа наиболее характерно всестороннее глубокое изучение конкретных видов строительных материалов. На этом этапе каждая отрасль производства материалов получала от науки максимум информации о необходимом для нее сырье, эффективных способах его переработки с применением наиболее рациональных технологических процессов и видов оборудования, а также наиболее объективных методах оценки качества выпускаемой продукции, ее стандартизации, путях повышения эффективности производства и максимального использования потенциальных возможностей материалов.

Третий этап охватывает период со второй половины XX в. до настоящего времени. Он характеризуется, во-первых, процессом дальнейшего расширения производства и быстрым накоплением и углублением знаний о строительных материалах и, во-вторых, интеграцией научных знаний о строительных материалах и изделиях в их общую совокупность.

Необходимо отметить, что отечественная наука в этот период вносит значимый вклад в развитие производства строительных материалов. Созданные нашими учеными технологии производства цемента, металлов, бетона, керамики, теплоизоляционных материалов, заводского домостроения являются конкурентоспособными в мировом строительном процессе, а достижения российских ученых, заложивших научные основы в ведущих отраслях производства строительных материалов, в большинстве своем получают заслуженное международное признание.

Можно предположить, что в ближайшей перспективе основными видами строительных материалов останутся бетон и железобетон, полимеры, металл, керамика, стекло, древесина, будут развиваться производство и применение композиционных материалов (армированных волокнами различных видов или приготовленных с использованием высокодисперсных компонентов), в том числе наноматериалов. Очевидно, что следует ожидать значимого повышения качества строительных материалов, их надежности и долговечности, массового применения отходов различных производств, а также бытовых отходов и золошлаковых продуктов их утилизации на мусоросжигательных заводах. К строительным материалам будут значимо повышены требования по экологической безопасности.

Кроме того, учитывая суровые климатические условия России, будут интенсивно разрабатываться, совершенствоваться и внедряться технологии производства эффективных теплоизоляционных материалов, в том числе ячеистых бетонов марок по средней плотности D100–D200.

Следует также ожидать массового внедрения высокопрочных высокотехнологичных бетонов с высокими строительно-техническими свойствами, модифицированных новыми видами суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе с несколькими заданными эффектами действия. Бетоны этой группы будут иметь высокую прочность и долговечность, надежные защитные свойства по отношению к стальной арматуре, бактерицидность. Они уже изготавливаются из высокоподвижных или самоуплотняющихся бетонных смесей с ограниченным водосодержанием, имеют прочность на сжатие до 100–150 МПа в возрасте 28 сут., марку по морозостойкости F600 и выше, водонепроницаемость не менее W12, водопоглощение 1–2 %, истираемость не более 0,3–0,4 г/см^2, регулируемые показатели деформативности, в том числе с компенсацией усадки в возрасте 14–28 сут. Прогнозируемый срок службы таких бетонов — более 200 лет. При производстве изделий в заводских условиях их изготавливают без применения виброуплотнения, без тепловой обработки, с распалубкой в возрасте 10–14 ч и обеспечивают качество поверхности, не требующее отделки.

Продолжаются исследования реактивных порошковых композитов, называемых *Reactive Powder Concrete* (*RPC*), — высокопрочных фибронаполненных мелкозернистых бетонов с заданным дисперсно-гранулометрическим составом минеральных компонентов, обеспечивающим минимальную межзерновую и межчастичную пустотность, содержащих микрокремнезем и суперпластификаторы третьего поколения. Прочность на сжатие таких систем может достигать 200–800 МПа, а на растяжение при изгибе — 100 МПа.

Получение фибронаполненных бетонов, по сути являющихся композиционными материалами нового поколения для строительства, возможно только при опережающем развитии технологии и материаловедческой науки.

Технологии производства строительных материалов в современных условиях становятся невозможными без компьютерных информационных систем и автоматизированных систем управления. Необходимо отметить, что производство всех видов строительных материалов, в том числе означенных выше видов крупноразмерных бетонных и железобетонных изделий, уже в настоящее время на передовых предприятиях становится практически полностью автоматизированным.

Есть все основания считать, что науку о строительных материалах в XXI в. ожидают новые открытия и более совершенные технологии.

ГЛАВА 1
СТРОЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Наука о строительных материалах занимается изучением связи состава, строения и свойств материалов, а также закономерностей их изменения при механических, физических, химических, физико-химических, тепловых и других воздействиях. В изделиях и конструкциях зданий и сооружений строительные материалы подвергаются действию окружающей среды и различных видов нагрузок.

Нагрузки вызывают деформации и соответствующие внутренние напряжения, поэтому проектирование и эксплуатация зданий и сооружений требуют знания точных характеристик деформативных и прочностных свойств применяемых материалов, называемых физико-механическими свойствами.

Помимо прочности строительные материалы должны обладать стойкостью, т.е. способностью сопротивляться физическим, химическим и физико-химическим воздействиям окружающей среды: воздуха и содержащихся в нем паров и газов, воды и растворенных в ней веществ, колебаниям температуры и влажности, совместному действию воды и мороза при многократном попеременном замораживании и оттаивании, воздействию химически агрессивных веществ — кислот, щелочей и др. Кроме того, на материалы накладываются электромагнитные и гравитационные поля.

Классифицируют строительные материалы по назначению и подразделяют их на две группы.

Первая группа представлена материалами, применяемыми в несущих и ограждающих конструкциях зданий и сооружений, которые должны обеспечивать главным образом их требуемые физико-механические характеристики: прочность, жесткость, трещиностойкость и др. К этой группе относятся:

- природные каменные материалы;
- искусственные каменные материалы, получаемые на основе вяжущих веществ без обжига (бетоны тяжелые, легкие на пористых заполнителях со средней плотностью 1100–2000 кг/м^3 и ячеистые —1000–1200 кг/м^3, строительные растворы) и в результате термической обработки минерального сырья (керамика, стекло, ситаллы, металлы);
- конструкционные пластмассы и композитные материалы с использованием их в качестве связующего вещества;
- лесные материалы и др.

Вторая группа включает в себя строительные материалы специального или функционального назначения, предназначенные для конструкций, эксплуатируемых в особых условиях или необходимых для защиты их от вредных воздействий среды, а также для повышения эксплуатационных характеристик зданий и создания комфортных условий. К ним относятся теплоизоляционные, жаростойкие, химически стойкие, антикоррозионные, радиационно-защитные, декоративные, акустические, гидроизоляционные, кровельные, герметизирующие, отделочные материалы и др.

Все виды строительных материалов, изделия и конструкции должны обеспечивать надежность при длительной эксплуатации.

Надежность — свойство материала, изделия, конструкции, объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции при заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Характеризуется надежность безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью, сохранностью и работоспособностью (материала, изделия, конструкции, объекта).

Безотказностью называют свойство материала, изделия, конструкции и объекта непрерывно сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации в течение некоторого времени или некоторой наработки. Показателем безотказности является вероятность безотказной работы.

Отказом считается событие, заключающееся в нарушении работоспособности материала, системы, элемента или изделия. Потеря работоспособности вызывается такой неисправностью, при которой хотя бы один или несколько рабочих параметров выходят за допустимые пределы. Отказ является одним из основных понятий надежности.

Долговечность — свойство материала, изделия, конструкции, объекта сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами на ремонт, т.е. до невозможности

выполнять требуемые функции. Предельное состояние определяется разрушением изделия, конструкции, объекта, требованиями безопасности или экономическими показателями. Долговечность строительного материала, изделия, конструкции, объекта определяют обычно сроком службы без потери эксплуатационных качеств в конкретных условиях, в том числе климатических и условиях режима эксплуатации.

Исходя из надежности и уровня ответственности строительных объектов, а также долговечности бетонных и железобетонных конструкций приняты следующие сроки службы зданий и сооружений:

1) строительные сооружения:

- железобетонные тоннели всех конструкций — 500 лет;
- мосты всех видов и конструкций — 100 лет;
- опоры и фундаменты мостов, бетонные — 120 лет;
- гидростанции мощностью 25 тыс. кВт и выше — 100 лет;
- уникальные радиотелевизионные башни высотой 100 м и выше — 140 лет;
- гидротехнические сооружения — 90 лет;
- транспортные сооружения — 80 лет;

2) здания:

- высотой более 25 этажей, повышенной прочности и надежности — 250 лет;
- общественные, капитальные высотой до 24 этажей — 200 лет;
- производственные с пролетами 100 м и более — 150 лет;
- производственные многоэтажные (более двух этажей) и одноэтажные с площадью пола более 5000 $м^2$ — 100 лет;
- то же, одно- и двухэтажные с площадью пола до 5000 $м^2$ — 80 лет;
- жилые, крупнопанельные с железобетонными каркасом и перекрытиями — 140 лет;
- жилые, со стенами крупнопанельными, из монолитного легкого бетона, с железобетонными перекрытиями — 100 лет.

Ремонтопригодность — свойство изделия, конструкции или сооружения, заключающееся в приспособленности к техническому обслуживанию, а также к предупреждению и обнаружению отказов и восстановлению работоспособности. Показателями ремонтопригодности являются средняя продолжительность ремонта на один отказ, а также трудоемкость и стоимость его устранения.

Сохраняемость — свойство материала, изделия, конструкции, объекта сохранять требуемые эксплуатационные показатели (работоспособность) в течение и после срока хранения и (или) транспортирования, установленного технической документацией. Сохраняемость оценивается продолжительностью хранения и транспортирования до потери работоспособности.

Работоспособность — состояние материала, изделия, конструкции, объекта, при котором их основные (рабочие) параметры находятся на уровне, установленном требованиями соответствующей документации. Работоспособность — характеристика состояния материала, изделия, конструкции, объекта в некоторый момент времени.

Каждая из рассмотренных более простых эксплуатационных характеристик предполагает сохранение во времени совокупности физических, механических и химических свойств, присущих данному объекту (изделию).

ГЛАВА 2
СВЯЗЬ СТРОЕНИЯ, СОСТАВА И СВОЙСТВ

2.1. Строение материалов. Общие сведения

Под структурой, или внутренним строением материала, понимается пространственное расположение атомов, молекул, а также частиц и зерен различных размеров, составляющих этот материал, с устойчивыми связями между ними. Составляющими структуры являются также поры, микротрещины, границы раздела фаз, дислокации, вакансии и другие элементы, оказывающие влияние на свойства материала. Например, неавтоклавный пенобетон, приготовленный из одних и тех же материалов с различным содержанием пены одного вида, различается значением средней плотности, прочностью, теплопроводностью, морозостойкостью и другими свойствами.

Практически все строительные материалы являются гетерогенными системами, состоящими из множества твердых частиц и зерен, погруженных в жидкую или газовую среду (внутренняя среда системы), и отделенными от остального пространства (внешней среды) стенками. Через стенки в систему (материал) вводятся вещества, тепловая и механическая энергия. Кроме того, на систему налагаются электромагнитные и гравитационные поля. Под частицей вещества подразумевается совокупность достаточно большого количества атомов, связанных друг с другом столь сильно, что они могут длительно находиться, а при необходимости перемещаться в пространстве как единое целое с сохранением формы и рельефа поверхности. Полной характеристикой каждой частицы является совокупность параметров состояния всех составляющих ее атомов.

Наблюдения за поведением отдельных атомов на поверхности твердых тел *in situ* методами автоионной, туннельной и атомной микроскопии показали, что состояние каждого атома следует характеризовать пространственными координатами и скоростью его движения, расстоянием до соседних атомов и параметрами распределения электронной плотности в его объеме.

Однако в этом случае описание поведения частицы как целого превращается в сложнейшую задачу. Для упрощения задачи прибегают к сокращенному описанию, допуская, что большинство параметров состояния каждой частицы, усредненных во времени, однозначно связано со средними параметрами состояния атомов частицы. Сделав такое допущение, параметры состояния $\{X_i\}$ каждой частицы разделяют на внешние $\{X_{1i}\}$ и внутренние $\{X_{2i}\}$:

$$\{X_i\} = \{X_{1i}\} + \{X_{2i}\},$$

$$\{X_1 i\}\ M, X_i, \upsilon s_i, l_i, h_i, \qquad (1)$$

$$\{X_{2i}\}\ \sigma\upsilon_i\ \sigma s_i, \eta e_i\ \nu\upsilon_i, \nu t_i,$$

где M — масса частицы; X_i — пространственные координаты ее центра массы; υs_i — скорости поступательного и вращательного движения; l_i, h_i — параметры, характеризующие форму (габитус) и рельеф поверхности частицы; $\sigma\upsilon_i$, σs_i ηe_i — параметры структуры объема, приповерхностных участков и электронной структуры частиц; $\nu\upsilon_i$ νt_i — характеристики частот колебательных и трансляционных перемещений атомов.

Внутренние и внешние параметры характеризуют состояние частицы любого размера. Однако у частиц, содержащих малое число атомов ($n < 10^3$), параметры теряют определенность, так как состояние частиц флуктуирует во времени из-за теплового движения, а при $n \ll 10^3$ флуктуации столь велики, что частицы с одинаковыми свойствами находятся в существенно различном состоянии. В строительных материалах в основном рассматриваются частицы с числом атомов $n > 10^3$, являющихся носителями стабильных свойств вещества (материала).

Внешние параметры состояния частицы характеризуют ее вещественно-энергетический обмен со средой, а внутренние параметры — перераспределение вещества и энергии внутри частицы. Изменение тех и других во времени в результате внешних воздействий на систему далее рассматривается как физико-химическая эволюция вещества (деформация, коррозия, разрушение и др.). При этом имеется в виду, что могут реализоваться два предельных эволюционных маршрута: при первом основные изменения происходят с внешними, а при втором — с внутренними параметрами состояния.

Измерения показывают, что в природе нет веществ, у которых все частицы имеют одинаковые свойства. Попытки приблизиться к такому веществу (сделать вещество монодисперсным) продемонстрировали, что для этого нужны неопределенно большие энергетические затраты. Поэтому в качестве основной характеристики вещества в любой момент эволюции выступает дифференциальная функция распределения его частиц по состояниям:

$$F\left(X_i,t\right)=\frac{\partial^p N_F}{\partial X_1 \ldots \partial X_p}, \tag{2}$$

где N_F — число частиц, у которых значения параметров состояния в момент t не превышают $\{X_i\}$; p — число параметров, вовлеченных в рассмотрение.

Функция распределения удовлетворяет условию:

$$\left\langle X_i \right\rangle = \frac{1}{N_{FO}} \int_{X_{0i}}^{X_{iM}} X_i F(X_i,t) dX_1 \ldots dX_P; \tag{3}$$

при

$$N_{F_0} = \int_{X_{i0}}^{X_{iM}} F\left(X_i,t\right) dX_1 \ldots dX_p, \tag{4}$$

где параметр $\left\langle X_i \right\rangle X_1$ усреднен по всем частицам системы, число которых равно NF_0; X_{i0} и X_{Mi} — минимальное и максимальное значения X_i, разрешенные законами сохранения.

Интегрирование распределения $F(X_i, t)$ по всем параметрам состояния, кроме одного параметра X_1, принятого за определяющий, приводит к полуинтегральной функции распределения:

$$\varphi\left(X_1,t\right) = \int_{X_{i0}}^{X_{iM}} F\left(X_i,t\right) dX_2 \ldots dX_p. \tag{5}$$

Полуинтегральная функция менее информативна, чем $F(X_i, t)$, но ее значительно проще измерять и моделировать. Поэтому полуинтегральные функции при анализе эволюции и состояния материалов, в том числе строительных материалов, рассматриваются чаще остальных.

Функции $F(X_i, t)$ и $\varphi(X_1, t)$ аккумулируют информацию обо всех элементарных процессах, приводящих к эволюции вещества. Ускорение или замедление каждого элементарного процесса изменяет функции распределения, причем для каждого процесса такое изменение является характеристичным. При этом указанные изменения сохраняются достаточно долго. Они исчезают по мере деградации (например, в результате старения, коррозии и др.) вещества (материала), но если вещество устойчиво, то по деталям функций распределения в конце процесса можно составить представление о том, как процесс происходил. Закономерностям изменения этих функций в процессе образования и функционирования твердого вещества, а конкретно строительных материалов, и посвящена в основном настоящая книга.

Необходимо отметить, что при рассмотрении строительных материалов, и особенно в виде высококонцентрированных порошков (цемент, известь, гипс и др.), к дисперсным составляющим используются наименования «частицы» и «зерна». Кроме того, понятие «зерна» применяется при анализе и описании структурных составляющих металлов и сплавов и т.п.

Разделение составляющих материалов на частицы и зерна целесообразно осуществлять по их отношению к агрегируемости и образованию пространственных структур в виде микрогетерогенных и грубодисперсных систем.

Микрогетерогенные системы характеризуются силами сцепления между частицами, превышающими силы тяжести, действующими на них и обеспечивающими их фиксацию в структурной сетке, а также определенную кинетическую и седиментационную устойчивость.