



УДК 624.012

Ахметзянов Ф.Х. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: olegxxii@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Причины возникновения микроповреждаемости цементного камня и бетона в процессе твердения

Аннотация

В статье приведены 20 видов дефектов и повреждений (ДиП) цементного камня (бетона), возникающих в период твердения материала строительных элементов.

При этом ДиП могут в условиях повышения воздействия стать повреждениями структуры материала. Перечень ДиП, собранный по литературным источникам, установлен на основе исследований многих авторов с использованием различных методов и подходов физики, физической химии, механики деформирования твёрдого тела.

Описаны механизмы перестройки структуры кристаллитов и поликристаллов цементного камня при появлении дефектов и повреждений, приводящих к изменению локальных механических свойств. Выяснены причины скола в цементном камне при механических воздействиях.

Ключевые слова: цементный камень (бетон), кристаллы и поликристаллы, дефекты и повреждения, малые и большие угловые границы кристаллов и поликристаллов.

По установившемуся в технической литературе мнению бетон в XXI веке будет ведущим материалом для строительных элементов зданий и сооружений. Прочность и долговечность бетона обеспечивает цементный камень. Однако в процессе твердения бетона в цементном камне и по контакту его с заполнителем возникают нарушения сплошности в виде точечных, линейных, объёмных дефектов структуры, снижающие и прочность, и долговечность.

При этом до 70 % долговечности бетона обуславливается сопротивляемостью микроструктуры цементного камня, которая может изменяться в зависимости от видов дефектов, их количества в удельных площадках и объёмах материала. Поэтому в целях повышения и прочности, и долговечности цементного камня для разработки мер предотвращения дефектов на всех стадиях формирования и эксплуатации материала строительных элементов необходимо знать причины образования различных дефектов в микроструктуре цементного камня.

В этом направлении исследования интенсифицировались с применением электронной микроскопии и микрофотографии, рентгеноскопии и рентгенографии, фотоупругих методов [1], [2], [3], [4], [5], [29], [30].

В настоящее время есть возможность собрать и обобщить результаты этих исследований, разбросанных в разных публикациях. Поэтому цель данной статьи – изложить причины дефектов (микроповреждаемости) цементного камня в процессе твердения.

Известно, что экспериментальные данные свидетельствуют о возникновении дефектов структуры цементного камня и бетона еще в период изготовления бетона, до приложения механических нагрузок и воздействий. На этот процесс влияют много причин, основные из которых, в том числе, виды дефектов, приведенные в таблице. Далее под дефектом структуры материала понимаем образуемые в процессе изготовления отклонения показателей, приводящие к снижению полезности элемента (прочности, долговечности, надежности проницаемости, герметичности) на незначительных размерах площадок и объемов.

Это нарушения сплошности структуры в виде пор, капилляров, трещин. Под повреждаемостью будем понимать несплошности структуры (поры, капилляры, трещины), более существенно влияющие на прочность, надежность, неупругость.

Факторы микроповреждаемости. Процесс накопления повреждений в конструктивных элементах из бетона и железобетона состоит по результатам испытаний

на прочность и надёжность (долговечность) из нескольких стадий, в том числе происходит и на стадии изготовления материалов и элементов. Этот процесс недостаточно полно изложен в технической литературе и нуждается в обобщении видов дефектов, влияния особенностей технологического процесса, показателей структуры материала.

Таблица

Факторы микроповреждаемости

№	Виды дефекта	Причины дефекта	Ист.
1	2	3	4
1	Пористость	Испарение воды, свободной воды, расположенной вдоль сольватной оболочки катиона, по объему, превышающему долю, необходимую для реакции гидратации цемента. Контракционные поры.	[1], [2], [6]
2	Кристаллизационное давление	Различие скорости образования кристаллизационных контактов срастания кристаллических фаз. Развитие внутренних напряжений, обусловливаемых ростом кристаллических контактов по исследованиям Е. Сигаловой.	[2], [3]
3	Градиент прочностных и деформационных характеристик	Различие химического состава кристаллов и их размеров.	[3], [4]
4	Статистический разброс физико-механических характеристик цементного геля	Изменение плотности жидкости цементного геля с увеличением содержания воды, в свою очередь зависящей от минералогического состава и дисперсности цемента, содержания в последнем добавок и количества воды затворения. Агрегированность частиц цемента, вызывающая неравномерное распределение воды в системе. Поэтому различают 3 основных вида структур цементного геля: компактную, групповую замкнутую и групповую разброшенную.	[1]
5	Уменьшение поверхностной энергии частиц (кристаллитов, зерен цементного камня)	При адсорбции жидкости и газов снижение поверхностной энергии частиц приводит к уменьшению их прочностной характеристики.	[5]
6	Капиллярное давление	Возрастание градиента капиллярного давления (обратно пропорционально радиусу пор) на участках с различными радиусами.	[2], [5], [6]
7	Осмотическое давление	При гидратации цементов грубого помола (размер частиц клинкера > 5 мкм). Вокруг частиц возникают экранирующие оболочки, обуславливающие осмотическое давление в системе при гидратации цемента	[2]
8	Дислокации в кристаллах цементного камня	Наличие дислокаций вызывает появление напряжений в кристаллах цементного камня и вероятное обусловленных ими микротрещин.	[7], [8], [9]
9	Точечные дефекты в кристаллах (вакансии в узлах кристаллической решетки, междуузельные атомы или ионы)	По термодинамическим положениям физики в кристаллах всегда имеется определенная концентрация вакансий, которые вызывают искажение кристаллической решетки в районе узла и некоторые местные напряжения. Так же и с междуузельными атомами и ионами.	[9]
10	Мало- и большеугловые границы в кристаллах	Около границ кристаллов происходит искажение решетки кристаллов и появление соответствующих дополнительных местных напряжений.	[9], [10], [11]
11	Неупругие деформации цементного камня при достаточно высокой температуре (термообработка до 70°C, нагрев поверхностного слоя бетона в здании летом до 60°C)	Напряжения в цементном камне при модуле упругости в 150000 кг/см ² и коэффициенте температурного расширения $\alpha(t^0)=10^{-5}$ составляют: $\sigma_{\text{н}}=E \cdot \alpha(t^0) \cdot \Delta t^0=150000 \cdot 10^{-5} \cdot 60=90 \text{ кг/см}^2$; При растяжении такое напряжение вызывает образование трещин для любого класса бетона, указанного в СП 52-101-2003.	[12]
12	Шероховатость поверхностей	Около выступов на поверхности концентрация напряжений повышает средние до трех раз.	[13]

Продолжение таблицы

13	Импульсы деформаций и напряжений около концентраторов напряжений	При значительной скорости нагружения формируются поверхности откола в кристаллитах (зернах) на участках слабой сопротивляемости (статистических минимумов прочностных характеристик, около концентраторов напряжений – у границ пор, капилляров, включений другой фазы).	[14], [15]
14	Изменение структуры и свойств в микромасштабе материала	Образование рассеянных и местных повреждений при перекристаллизации, периодическом и отдельном изменении размеров слоев гидросиликатов кальция, вследствие изменения содержания межслоевой воды (например, при изменении температуры).	[5], [16], [17]
15	Нарушения обычного атомного порядка	Комплексное воздействие различных причин (например, одновременно температуры, приближение деформаций к границе неупругости, импульсное воздействие давления).	[18], [20]
16	Коррозия цементного камня (бетона)	Диффузия агрессивных атомов и молекул, образование растворимых соединений из элементов структуры, из-за местного давления от увеличения объема проецировавшихся частиц.	[19]
17	Понижение сцепления между цементным камнем и зёрнами заполнителя	Избыточное количество воды при достаточном количестве цемента. Загрязнённая поверхность заполнителя.	[33]
18	Низкая прочность бетона	Недостаточное количество цемента в бетоне для того, чтобы образовать достаточно прочную структуру	[2], [33]
19	Седиментацион-ные полости под крупным заполнителем	Рыхлая структура цементного камня из-за минимального количества воды, перемещающейся сверху вниз под крупный заполнитель под действием гравитационных сил	[2]
20	Усадка бетона	Повышение деформаций цементного камня при изменении его влажности	[2], [5]

Механизм микроповреждаемости. Следует отметить, что необходимо знание термодинамической (равновесной) формы микрокристаллов (например, для цементного геля и кристаллогидратов цементного камня) в тех или иных условиях. Для кристаллов макроскопических размеров равновесная форма определяется правилом Вульфа [21]. Однако микрокристаллы зачастую не подчиняются этому правилу [22], [23]. Причиной этого может быть зависимость удельной свободной энергии межфазной границы от площади контакта зародыша кристалла с подложкой.

Кристаллическую структуру, прежде всего, описывают с помощью трансляционных решеток Бравэ (1850 г.) – 14 видов. Выведенные Федоровым, Шенфлисом и Барлоу 230 пространственных групп представляют те геометрические законы, по которым атомы располагаются внутри кристаллических построек.

При деформации кристаллической структуры возможны изменения формы кристаллов, например, простой кубической на ромбоэдрическую. Происходит сдвиг плоскостей (III) через одну вдоль оси третьего порядка и небольшая однородная ромбоэдрическая деформация.

Экспериментально установлено также, что скол кристаллов перпендикулярно тригональной связи происходит по длинной связи между плоскостями. Поверхность (III) не испытывает реконструкции, имеет место незначительная (~1-2,5 % от постоянной решетки) релаксация первого слоя [24]. Похожая ситуация возникает и в тетраэдрических кристаллах [24].

По экспериментальным данным [4] на фактотраммах процесса разрушения цементного камня наблюдаются ступеньки скола, а также микротрещины у стенок пор, по плоскостям спаянности и границам зёрен кристаллитов. Отметим, что цементный гель, составляющий около 75 % объема от цементного камня [2], состоит из частиц коллоидного размера. По данным работы [16], аморфные либо микрокристаллические коллоиды могут со временем образовывать группировки кристаллов микроскопических размеров. Главным структурным мотивом их являются тетраэдры SiO_4 .

При исследованиях кристаллов экспериментальными методами установлено, что дефекты, присутствующие на поверхности или при поверхностном слое, могут играть важную роль при определении физических свойств поверхности. В случае адсорбции на

поверхности область существенного изменения свойств поверхности приходится на субмонослой. При раскрытии кристалла появляются микротрещины, ступени, вакансии и др. У заряженных атомов дефектов кулоновское взаимодействие, слабо экранированное из-за существования свободного полупространства вне кристалла, может привести к неоднородному распределению заряда, что повлечёт структурные перестройки [25].

В кристаллах малого размера ($\sim 10^2$ Å), к которым можно отнести в цементном камне иглы этрингита, как частицы ультрадисперсной среды, при термообработке в процессе изготовления может происходить рекристаллизация [26], что и наблюдается в экспериментах [27]. Это можно объяснить тем, что в таких кристаллах так сильно развита граница, что она становится существенно неравновесной [28].

Необходимо отметить в зернах поликристаллов наличие малоугловых и большеугловых границ. К последним относят углы разориентировки кристаллов $>10...15^\circ$. Так как расстояние между дислокациями становится малым, происходит слияние ядер дислокаций и атомное очертание в большеугловых границах иное, чем в малоугловых [29]. Большеугловые границы в гораздо большей степени ослабляют интеркристаллитное сцепление (когезию), что ведет к охрупчиванию в области такой трещины. По-разному ведут себя мало- и большеугловые границы и при взаимодействии с внутриверными сдвигами. Первые достаточно интенсивно перестраиваются под действием внутренних полей упругих напряжений, генерируемых поджатыми к границам дислокационными скоплениями. Эти перестройки протекают тем активнее, чем меньше угол разориентации θ , т.е. чем более независимо могут перемещаться в этих полях образующие границы дислокации. Большеугловые границы из-за отсутствия в их структуре решеточных дислокаций подвержены подобным перестройкам в значительно меньшей степени [28]. В процессе деформации границы в местах взаимодействия с их внутриверными сдвигами дробятся (испытывают фасетирование). Интенсивность фасетирования различна для границ, различающихся разориентировкой. В наибольшей степени фасетируются (перестраиваются) границы с самой малой разориентировкой, в наименьшей – большеугловые границы. Чем больше малоугловых границ в поликристаллах, тем в меньшей степени они склонны при высоких температурах (пожарах) к межзеренной и пластической деформации.

На малоугловых границах в силу высокой упорядоченности их атомокристаллического строения явление делокализации подавлено и, возможно, не реализуется вовсе, поэтому чем больше малоугловых границ в кристаллах, тем в меньшей степени они склонны к межзеренной и пластической деформации. В связи с тем, что свойства мало- и большеугловых границ столь различны, механические свойства кристаллов могут зависеть от соотношения количеств границ каждого типа. Как показывают опыты, для реальных поликристаллов типично аномально большое по сравнению с хаотически разориентированным ансамблем количество малоугловых границ. Естественно, можно ожидать в таких обстоятельствах (при относительной подавленности межзеренной и пластической деформации) в зернах цементного камня возникновения скола.

В последнее время получены данные с появлением большеугловых границ при растяжении и сжатии кристаллической структуры тугоплавких металлов [30], когда соседние кристаллы сопрягаются между собой не вдоль большеугловых границ с той же разориентировкой, а вдоль сложных переходных образований – микрополос.

Последние имеют ширину 2-3 мкм и состоят из набора 10-20 малоугловых ($\theta \sim 3^\circ$) дислокационных границ, совокупность которых и обеспечивает наблюдаемые большеугловые разориентировки полос деформации. Впоследствии накопились данные, что наряду с малоугловыми границами и сложными коррелированными их комбинациями, приводящими к большеугловым разворотам, в сильно деформированных кристаллах формируются индивидуальные границы межзеренного типа.

Границы деформационного происхождения представляют собой не объемные, а плоские образования [30]. При $\theta < 3^\circ$ границы деформационного происхождения имеют ярко выраженную дислокационную структуру. Они весьма несовершенны, как правило, окружены дислокационной бахромой. Дислокации в границах расположены нерегулярно. Видимая ширина границ составляет не менее 200 Å. При относительно небольших

деформациях ε многие границы с $\theta < 3^\circ$ обрываются внутри кристалла, создавая вдоль линии обрыва источники упругих напряжений дислокационного типа.

В работе [31] определялось число дислокаций в блоках мозаики кристаллов цементного камня, которое составляло $1,1 \times 10^{11} \dots 1 \times 10^{12} \text{ см}^2$ в возрасте 420 суток. В наклепанных металлах число дислокаций равно 10^{12} . Средние внутренние напряжения в кристалле цементного камня достаточны для начала скольжений и зарождения зародышевых субмикротрещин длиной до $36 \dots 375 \text{ \AA}$ и микротрещин длиной 480 \AA [32].

По своим морфологическим и кристаллогеометрическим признакам (большая величина θ , наличие полосчатого контраста) мощные границы деформационного происхождения во многом напоминают большеугловые границы зерен. Единственное их существенное отличие от последних – многочисленные источники дальнедействующих упругих напряжений, в избытке имеющиеся на большеугловых границах деформационного происхождения [30].

Связи в кристаллах металла и цементного камня – это связи между положительно заряженными ионами, осуществляемые за счет притяжения электронов (свободно перемещающихся по кристаллу – в металле или путем полного смещения электронной пары к одному из атомов в кристаллах цементного камня). В первом случае возможностью смещения ионов в любом направлении объясняется пластичность металлов и меньшая прочность связи относительно ионной в цементном камне (в чисто ионном соединении). При образовании связей в сложном кристалле при соотношении ионных радиусов в пределах $0,41-0,73$ имеет место октаэдрическая координация ионов, при соотношении $0,73-1,37$ – кубическая координация и т.д.

Подытоживая изложение о микроповреждаемости цементного камня (бетона), уместно отметить принципиальные положения, исходящие из законов химии и физики. При воздействии внешней энергией на формирующуюся и даже возникшую кристаллическую структуру может происходить перестройка структуры с появлением точечных, линейных и двумерных и даже трехмерных дефектов (в виде мелких трещин скола или отрыва (субмикротрещин, микротрещин)).

При этом в процессе отдельного и сгруппированного воздействия (в последнем случае, например, одновременная или перемежающаяся во времени группа (механическая нагрузка, температура, влажность, диффузия ионов из внешней среды...)) в соответствии с величиной приложенной энергии появляется тот или иной вид дефекта из перечисленных в кристаллической структуре.

В идеальной кристаллической структуре без дефектов (кроме термодинамически обусловленных) считаем, что в микроструктуре существует критические напряжения отрыва и сдвига соответственно σ_{mi}^* и τ_{mi}^* (при осредненном их определении по единичной площадке и объему).

Наличие дефекта в зависимости от его размеров снижает локально (а при увеличении – и глобально) сопротивляемость воздействию внешней энергии (по удельной или объему).

Результат воздействия внешней энергии проявляется в структуре материала в виде смещений кристаллов и кристаллитов (зерен) или локальной перестройки с появлением точечных, линейных, двумерных, трехмерных дефектов. Влияние дефектов на прочностные характеристики удельной площадки (объема) феноменологически (до накопления данных физики, химии) можно оценивать в виде функций:

$$R_{0\sigma} = \sigma_{mi}^* f(\sigma_{mi}^*, D),$$

$$R_{0\tau} = \tau_{mi}^* f(\tau_{mi}^*, D),$$

где $f(\sigma_{mi}^*, D)$, $f(\tau_{mi}^*, D)$ – тензорные величины для оценки напряженного (напряженно-деформированного) состояния удельной площади или объема с учетом идеального и фактического (с учетом дефектов) состояний материала в определенных условиях (температуре, влажности, кристаллической структуре).

Форма функций f и f_1 предлагается далее. Для этого проанализированы экспериментальные данные деформаций в бетоне перед воздействием трещин с раскрытием $0,06-0,1$ мм, измеренных с использованием фотоупругих покрытий на поверхности железобетонной балки [33]. Распределение деформаций перед моментом разрыва у берегов будущей трещины с раскрытием $0,1$ мм можно описать экспоненциальной или степенной

функцией. При этом наиболее удобно при подборе функции использовать 3 параметра ввиду возможности более точной аппроксимации. Следует отметить, что всплеск максимумов на участке около трещин (в перпендикулярном направлении к раскрытию трещины) охватывает небольшое расстояние от берега – не более 5 мм.

Выводы

1. В цементном камне (бетоне) механические свойства кристаллов и поликристаллов зависят от соотношения малоугловых ($\theta \leq 10 \dots 15^\circ$) и большеугловых границ. Вследствие относительно малого числа большеугловых границ при деформировании подавляются межзеренные и пластические деформации, что приводит к сколу на участках наличия концентраторов напряжения (пор, капилляров, субмикротрещин и т.п.).

2. В цементном камне количество дислокаций достигает до $10^{11} \dots 10^{12}$, что достаточно для начала скольжений и зарождения зародышевых микротрещин длиной до 36...480 Å.

3. При углах $\theta \leq 3^\circ$ границы деформационного происхождения имеют ярко выраженную структуру. Многие границы обрываются внутри кристалла, вызывая вдоль линии обрыва источники упругих напряжений дислокационного типа.

Изложенные выше результаты, обобщённые в выводах, думается, имеют научную новизну.

Список библиографических ссылок

1. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
2. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. – М.: Стройиздат, 1979. – 344 с.
3. Кузнецова Т.В., Кудряшов М.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с.
4. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1975. – 455 с.
5. Красильников К.Г., Никитин Л.В., Скоблинская Н.Н. Физико-химия собственных деформаций цементного камня – М.: Стройиздат, 1980. – 254 с.
6. Горчаков Г.И. Строительные материалы. – М.: Высшая школа, 1981. – 412 с.
7. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Прошин А.П., Соломагов В.Н., Соколова Ю.А. Структура, деформативность, прочность и критерии разрушения цементных бетонов – Саратов: Издательство Саратовского университета, 2001. – 208 с.
8. Ахметзянов Ф.Х. Особенности физической структуры цементного камня и микроструктурная повреждаемость // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сб. статей по материалам 3-й международной науч.-техн. конф. – Пенза, 2002. – С. 21-30.
9. Орлов А.Н. Введение в теорию дефектов в кристаллах. – М.: Высшая школа, 1983. – 122 с.
10. Григорьев С.Н., Гладких А.Н., Ветчинкина З.К. Структуры межфазных границ с винтовой разориентацией в PbTe-PbSe // Вестник АН СССР. Поверхность. Физика, химия, механика, 1988, Вып. 3. – С. 85-90.
11. Woolmann W. Crystal Defects and Crystallite Interfaces. – Berlin: Sprimser-Verlag, 1970. – 244 p.
12. Свод правил СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Введ. 2004–03–01. – М.: ГУП «НИИЖБ», ФГУП ЦПП, 2004. – 214 с.
13. Хусу А.П., Ветенберг Ю.Р., Пальмов В.А. Шероховатость поверхностей. – М.: Наука, 1975. – 130 с.
14. Мешеряков Ю.Н. Статистическая модель формирования поверхности откола и критерий разрушения // Вестник АН СССР. Поверхность. Физика, химия, механика, 1988, Вып. 3. – С. 101-111.
15. Трощенко, В.Т. Усталость и неупругость при неоднородном напряженном состоянии // Международный научно-технический журнал института проблем прочности им. Г.С. Писаренко Национальной академии наук Украины. Проблемы прочности. – Киев, 2010, Вып. 5. – С. 14-30.
16. Пенкаля Т. Очерки кристаллохимии. – Ленанар: Химия, 1974. – 496 с.

17. Лебедев А.А. Развитие теорий прочности в механике // Международный научно-технический журнал института проблем прочности им. Г.С. Писаренко Национальной академии наук Украины. Проблемы прочности. – Киев, 2010, № 5. – С. 127-146.
18. Максимилян Н. под ред. Ишлинского А.Ю. Идеальная прочность материалов // Механика. Новое в зарубежной науке, Вып. 40, Атомистика разрушения. – М.: Мир, 1987. – С. 35-103.
19. Алексеев А.Н., Иванов М.Ф. Коррозия бетона. – М.: Стройиздат, 1981. – 275 с.
20. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести. – М.: СИ, 1973. – 432 с.
21. Хинигман Б. Рост и форма кристаллов. – М.: Химия, 1961. – 95 с.
22. Johnson W. Over estimates of load for some two-dimensional forging operations. Proc. 3rd U.S. Cong. appl. mech., 1958. – P. 297-309.
23. Петров Ю.И. Физика малых частиц. – М.: Наука, 1982. – 122 с.
24. Молотков С.Н., Татарский В.В. Поверхностные состояния на грани (111) в полу металлах V группы // Вестник АН СССР. Поверхность. Физика, химия, механика, 1988, Вып. 5. – С. 17-27.
25. Вещунов М.С. О зарядовых переходах на поверхности полупроводников // Вестник АН СССР. Поверхность. Физика, химия, механика, 1988, Вып. 5. – С. 31-33.
26. Морохов И.Д., Трусов Л.И., Лаповок В.И. Физические явления в ультрадисперсных средах – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 178 с.
27. Матухин В.Л. Введение в квантовую физику кристаллических тел. – Казань: МЭИ, 1997. – 37 с.
28. Новиков В.И., Трусов Л.И., Лаповок В.Н., Гомейшвили Т.П. Физика твердого тела, 1989, т. 25. – С. 36-96.
29. Рыбин В.В., Титовец Ю.Ф., Вергазов А.Н., Козлов А.Л. Малоугловые границы зерен в поликристаллах. – М.: Энергоатомиздат, 1980. – 79 с.
30. Вергазов А.Н., В.В. Рыбин, Н.Ю. Золотаревский, А.С. Рубцов Большеугловые границы деформационного происхождения // Вестник АН СССР. Поверхность. Физика, химия, механика, 1985, Вып. 5. – С. 5-31.
31. Ахметзянов Ф.Х. Особенности физической структуры цементного камня и повреждаемость // Эффективные строительные конструкции: теория и практика Сб. статей 3-й международной научно-практической конф. – Пенза, 2004. – С. 27-30.
32. Зайцев Ю.В. Механика для строителей. – М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.
33. Гарчаков Г.И., Ориентлихер Р.П., Лифанов И.И., Мурадо Э.Г. Повышение трещиностойкости и водостойкости легких бетонов. – М.: Стройиздат, 1977. – 158 с.

Akhmetzianov F.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: olegxxii@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The reasons of occurrence of microdamageability cement stone and concrete in the course of hardening

Resume

Twenty kinds of defects and damages (D&D) of the cement stone (concrete), arising during the hardening period of material of building elements, are placed in article.

In the conditions of influence the D&D can become damages of material structure. The list of D&D collected under references, is established on the basis of researches of many authors with the use of various methods and approaches of physics, physical chemistry, mechanics of deformation of a firm body.

Mechanisms of reorganization of structure of crystalline particles and polycrystals of a cement stone are described at occurrence of defects and the damages, leading to change of local mechanical properties. The reasons of splitting in cement stone are found out at mechanical influences.

Conclusions:

- In the cement stone (concrete) the mechanical properties of crystals and polycrystals depend on the ratio of low-angle ($\theta \leq 10 \dots 150$), and large-angle borders. Due to the relatively small number large-angle borders intergranular and plastic deformation are suppressed, which leads to spalling of the areas having stress concentrators (long capillaries submicrocracks etc.).

- In the cement stone number of dislocations is reached up to $10^{11} \dots 10^{12}$, that is enough to start the slides and the emergence of embryonic microcracks up to $36 \dots 480 \text{ \AA}$.

- At angles $\theta \leq 30$ border deformation origin have a strong structure. Many border broken off inside the crystal, causing a break along the line sources of elastic stresses of dislocation type.

Keywords: a cement stone (concrete), crystals and polycrystals, defects and damages, small and big angular borders of crystals and polycrystals.

Reference list

1. Achverdov I.N. Foundation of the physics concrete. – M.: Stroyizdat, 1981. – 464 p.
2. Shejkin A.E., Chekhovian U.V., Brusser M.I. Structure and properties of cement concrete. – M.: Stroyizdat, 1979. – 364 p.
3. Kuznetsova T.V., Kudryashov M.V., Timashev V.V. Physical chemistry of astringent materials. – M.: The High school, 1989. – 384 p.
4. Bazhenov U.M. Technology of concrete. – M.: The High school, 1975. – 455 p.
5. Krasilnikov K.G., Nikitin L.V., Skoblinsky N.N. Physical chemistry of own deformations of a cement stone. – M.: Stroyizdat, 1980. – 254 p.
6. Gorchakov G.I. Building materials. – M.: The High school, 1981 – 412 p.
7. Makridin N.I., Maksimova I.N., Proshin A.P., Solomatov V.N., Sokolov U.A. Structure, deformation, durability and criteria of destruction of cement concrete. – Saratov: Publishing house of the Saratov University, 2001. – 208 p.
8. Ahmetzjanov F.H. Features of physical structure of a cement stone and microstructural damageability // 3rd international scientific and technical conference «Effective building designs: the theory and practice» Collect. articles – Penza, 2004. – P. 21-30.
9. Orlov A.N. Introduction in the theory of defects in crystals. – M.: The High school, 1983. – 122 p.
10. Grigorev S.N., Gladkih A.N., Vetchinkina Z.K. Structure of interphase borders with screw disorientation in PbTe-PbSe. // A surface. Physics, chemistry, mechanics. Academy of Sciences of the USSR, 1988, № 3. – P. 85-90.
11. Boolmann W. Crystal Defects and Crystallite Interfaces. – Berlin: Sprimser-Verlag, 1970. – 244 p.
12. Code of rules CR 52-101-2003. Concrete and reinforced concrete constructions designs without preliminary pressure of armature. – M.: GUP «NIIJB», FGUP CPP, 2004. – 214 p.
13. Husu A.P., Vntenberg J.R., Palmov V.A. A roughness of surfaces. – M.: the Science, 1975. – 130 p.
14. Metscherekov U.N. Statistical model of formation of a surface of a splitting off and criterion of destruction // The Surface. Physics, chemistry, mechanics. Academy of Sciences of the USSR, 1988, vol. № 3. – P. 101-111.
15. Troshchenko V.T. Firebess and unelasticity at a non-uniform tension. // Durability Problems. The international scientific and technical magazine of institute of problems of durability of G.S. Pisarenko of national academy of Sciences of Ukraine. – Kiev, 2010, vol. № 5. – P. 14-30.
16. Pentaklja T. Essey chemistry of crystal. – Lenanar: Chemistry, 1974. – 496 p.
17. Lebedev A.A. Development of durability theories in the mechanic // Durability Problems. The international scientific and technical magazine of institute of problems of durability of G.S. Pisarenko of national academy of Sciences of Ukraine. – Kiev, 2010, vol. № 5. – P. 127-146.
18. Maksillian H. Ideal durability of materials. // Mechanics. New in a foreign science. Fol. 40 Atomistika of destruction. – M.: The World, under the editorship of A.J. Ishlinsky, 1987. – P. 35-103.

19. Alekseev A.N., Ivanov M.F. Corrosion of concrete. – M.: Stroyizdat, 1981. – 275 p.
20. Aleksandrovsky S.V. Calculation of concrete and reinforced concrete designs on changes of temperature and humidity taking into account creep. – M.: SI, 1973. – 432 p.
21. Hiningman B. Growth and form of crystals. – M.: Chemistry, 1961. – 95 p.
22. Johnson W. Over estimates of load for some two-dimensional forging operations. Proc. 3rd U.S. Cong. appl. mech., 1958. – P. 297-309.
23. Petrov U.I. Physics of small fractions. – M.: The Science, 1982. – 122 p.
24. Molotkov S.N., Tatarskiy W.W. Superficial conditions on the verge of (111) in a floor metals of V group. // The Surface. Physics, chemistry, mechanics. Academy of Sciences of the USSR, 1988, vol. № 5. – P. 17-27.
25. Veshchunov M.S. About charging transitions to surfaces of semiconductors. // The Surface. Physics, chemistry, mechanics. Academy of Sciences of the USSR, 1988, vol. № 5. – P. 31-33.
26. Morohov I.D., Trusov L.I., Lapovok V.N. The physical phenomena in ultradisperse environments. – M.: Energoatomizdat, 1984. – 178 p.
27. Matuhin V.L. Introduction in the quantum physics of crystal solids. – Kazan: MEI, 1997. – 37 p.
28. Novikov V.I., Trusov L.I., Lapovok V.N., Gomeishwilly T.P. Physics of a solid, 1989, vol. 25. – P. 36-96.
29. Ribin W.W., Titovets U.F., Vergazov A.N., Kozlov A.L. Little corners boundary of grains in polycrystals // The Surface: Physics, chemistry, mechanics. Academy of Sciences of the USSR, 1985. – M.: Energoatomizdat, 1980. – 79 p.
30. Vergazov A.N., Ribin W.W., Zolytarveskij N.J., Rubtsov A.C. Big corners boundary origin of deformation // The Surface: Physics, chemistry, mechanics. Academy of Sciences of the USSR, 1985, vol. № 5. – P. 5-31.
31. Ahmetzjanov F.H. Features of physical structure of a cement stone and microstructural damageability. 3-rd international scientific and technical conference «Effective building designs: the theory and practice» Collect. articles – Penza, 2004. – P. 27-30.
32. Zaitsev U.V. Mechanics for builders. – M.: The High school, 1991. – 288 p.
33. Gorchakov G.I., Orientliher R.P., Lifanov I.I., Murado E.G. Increase crack resistance and water resistance of light concrete. – M.: Stroyizdat, 1977. – 158 p.