

БЕТОНДУН МЕЙКИНДИКТИК СТРУКТУРАЛАРЫНЫН КАЛЫПТАНЫШЫ ЖАНА ӨНҮГҮҮС

EngHutak Sh.¹, Бердикул Н.¹, Акмалайулы К.¹

¹магистрант, Satbayev University. г. Алматы, Республика Казахстан Shafihutak786@gmail.com;

²докторант, Satbayev University. г. Алматы, Республика Казахстан Berdikul.n@mail.ru;

³профессор Satbayev University. г. Алматы, Республика Казахстан kakmalaev@mail.ru

Аннотация. Ар кандай маанидеги беттик активдүү заттардын эффективдүүлүгү алар гидратталган цементтин суюк фазасы менен өз ара аракеттенгенде, анын түрүнө, минералогиялык жана материалдык курамына, майдалоонун майдалыгына, агрегаттын түрүнө, щелочтордун болушуна ж.б. жараша олуттуу өзгөрүшү мүмкүн. Суюк фазанын курамы негизинен гидраттык шишиктердин пайда болуу шарттарын, алардын фазасын жана морфологиялык мүнөздөмөлөрүн аныктагандыктан, тиешелүү типтеги беттик активдүү заттарды киргизүү суюк фаза аркылуу кинетикага түздөн-түз таасир этүүгө мүмкүндүк берет деп болжолдоого болот. катуулануучу бетон аралашмасынын структурасын түзүү, катууланган цемент тааштын жана бетондун структурасын жана касиеттерин түзүү.

Ачык сөздөр: беттик активдүү заттар; өзгөртүүчү; химиялык процесстер; адсорбция; флокуляция; олигомер; илешкектүүлүк.

ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУР БЕТОНА

EngHutak Sh.¹, Бердикул Н.¹, Акмалайулы К.¹

¹магистрант, Satbayev University. г. Алматы, Республика Казахстан Shafihutak786@gmail.com;

²докторант, Satbayev University. г. Алматы, Республика Казахстан Berdikul.n@mail.ru;

³профессор Satbayev University. г. Алматы, Республика Казахстан kakmalaev@mail.ru

Аннотация. Эффективность поверхностно-активных веществ с разными значениями может существенно изменяться при их взаимодействия с жидкой фазой гидратирующегося цемента в зависимости от его типа, минералогического и вещественного состава, тонкости помола, вида заполнителя, наличия щелочей и т.д. Так как состав жидкой фазы в значительной степени определяет условия формирования гидратных новообразований, их фазовые и морфологические характеристики, то можно полагать, что введением поверхностно-активных веществ соответствующих типов окажется возможным через жидкую фазу направленно влиять на кинетику структурообразования твердеющей бетонной смеси, формирование структуры и свойства затвердевшего цементного камня и бетона.

Ключевые слова: поверхностно-активных веществ; модификатор; химические процессы; адсорбция; флокуляция; олигомер; вязкость.

FORMATION AND DEVELOPMENT OF SPATIAL STRUCTURES OF CONCRETE

EngHutak Sh.¹, Berdikul N.², Akmalaiuly K.³

¹ magistrate, Satbayev University. г. Алматы, Республика Казахстан Shafihutak786@gmail.com;

² doctorand, Satbayev University. г. Алматы, Республика Казахстан Berdikul.n@mail.ru;

³ professor Satbayev University. г. Алматы, Республика Казахстан kakmalaev@mail.ru

***Annotation.** The effectiveness of surfactants with different values can change significantly when they interact with the liquid phase of hydrated cement, depending on its type, mineralogical and material composition, fineness of grinding, type of aggregate, presence of alkalis, etc. Since the composition of the liquid phase largely determines the conditions for the formation of hydrate neoplasms, their phase and morphological characteristics, it can be assumed that the introduction of surfactants of the appropriate types will make it possible through the liquid phase to directly influence the kinetics of structure formation of the hardening concrete mixture, the formation of the structure and properties hardened cement stone and concrete.*

***Key words:** surfactants; modifier; chemical processes; adsorption; flocculation; oligomer; viscosity.*

Введение.

Высококачественные бетоны обеспечивают высокие гарантированные параметры эксплуатационной надежности зданий и сооружений в условиях сложных воздействий окружающей среды и нагрузок, значительно сокращают сроки строительства и уменьшают инвестиционные риски. Широкая номенклатура созданных учеными и специалистами эффективных материалов и выявленных технологических приемов позволили с использованием опытных, опытно-промышленных установок и стендов, а также в условиях промышленного производства отработать принципиально новые эффективные технологические схемы получения новых видов бетонов с широким диапазоном эксплуатационных характеристик за счет варьирования в широких пределах вида сырьевых материалов (вяжущих и заполнителей), разновидностей, способа и стадии введения химических модификаторов и активных минеральных добавок, оптимизации состава многокомпонентного бетона и целенаправленного управления технологией [1,2].

Следует подчеркнуть, что разработанная технология позволяет быстро осуществить диверсификацию производства и перейти на выпуск социально значимой продукции, что позволит обеспечить безопасность зданий и сооружений, повысить их архитектурную выразительность.

Широкое использование в строительстве бетонных и железобетонных конструкций и большой накопленный опыт эксплуатации зданий и сооружений показывают, что очень важно не только обеспечить заданные свойства бетона, но и сохранить их в течение всего периода эксплуатации. Развитие науки о бетоне и технологии сборного и монолитного железобетона позволило существенно повысить долговечность бетона, улучшить его качество, прогнозировать поведение бетона в конструкциях при воздействии различных факторов. Появилась реальная возможность обеспечения длительной стабильности свойств материала в процессе эксплуатации [3,4,5].

Внедрение высокопрочных быстротвердеющих бетонов позволяет разработать новые конструктивные элементы и технологии, значительно расширить номенклатуру

строительных материалов, но создает трудности для проектировщиков и строителей в правильном выборе этих материалов. В нормативно-технической документации на строительные материалы, как правило, отсутствуют показатели, характеризующие их долговечность, а показатели исходных физико-технических свойств, включенные в нормативно-технической документации, не всегда являются гарантом надежности их работы в течение длительного времени, что может приводить к отказам и авариям. [6,7,8].

Цель исследования – пути улучшения качества бетона, повышения его прочности, связанные с разработкой высокоэффективных способов уплотнения, в соответствии с законом водо-цементного отношения.

Формулировка проблемы – проведение экспериментальных исследований для получения бетонов с заданными строительно-техническими свойствами, необходимо установление закономерностей в регулировании параметров цементных систем на стадии взаимодействия цемента с водой. Химические процессы, определяющие эти свойства обусловлены, в основном, молекулярными силами, действующими на границе раздела фаз. Указанные взаимодействия формируют такие свойства дисперсных систем как вязкость, пептизация, граничное смазочное действия, коагуляция, структурообразование и др [9,10].

Рассматриваемая проблема имеет много различных аспектов; связанных с модифицированием цементных систем поверхностно-активными веществами, в основном, адсорбционно-активными олигомерами, сорбирующимися на поверхности твердого тела, электролитами и комплексными модификаторами полифункционального действия на их основе. Составы и техническая характеристика бетона приведены в таблицы 1.

Таблица 1. Состав и техническая характеристика бетона

№	Наименование продукции	Класс (марка)бетона	Плотность бетонной смеси, кг/м ³	Морозостойкость, F	Водонепроницаемость, W	Удобукладываемость, П	Расход материала на 1 куб/м материала, кг					
							цемент	щебень	песок	вода	Master Rheobuil d 1000 K	MasterAi r 200
1	БСГ	B22,5 (300)	2400	300	8	П2	340	1080	835	155	5,9	6,8
2	БСГ	B22,5 (300)	2350	300	8	П4	380	1060	800	155	6,2	7,6
3	БСГ	B25 (350)	2420	300	8	П3	400	1040	790	165	6,6	8,0
4	БСГ	B30(400)	2440	300	10	П2	420	1080	780	155	6,9	8,4
5	БСГ	B30(400)	2420	300	10	П4	470	1020	770	175	7,5	9,0

Известно, что основным фактором, определяющим водонепроницаемость бетона, является состав смеси, в частности водоцементное отношение и расхода цемента. Возможность снижения В/Ц при введении MasterAir 200 в состав бетонной смеси позволяет сократить водоотделение и седиментационные процессы, уплотнить капиллярно-пористую структуру цементного камня и повысить водонепроницаемость бетона (табл. 2). При увеличении подвижности смеси и неизменном составе бетона его водонепроницаемость не увеличивается.

Таблица 2. Результаты испытаний бетонов на водонепроницаемость

В/Ц	MasterAir 200, %	ОК, см	Марка по водонепроницаемости	
			через 28 сут нормального твердения	после пропаривания
0,515	-	1	W4	W4
0,515	1,0	20	W4	W12
0,415	1,0	1,5	W12	W18

Выбор олигомеров в качестве объектов исследования обусловлен тем, что поверхностная активность мономеров, характеризующихся небольшой молекулярной массой, недостаточно и степень адсорбции крайне низко. С увеличением молекулярной массы растет адсорбционная активность соединений, но снижается их растворимость, что приводит к уменьшению концентрации соединений в жидкой фазе и, соответственно, к снижению степени адсорбции. Кроме того, для полимеров с длиной цепью возможно закрепление молекул на нескольких частицах цемента, что может

привести к явлению флокуляции (так называемый «мостиковый» эффект). Соединениями, характеризующимися оптимальной адсорбционной активностью, являются олигомеры [11].

При этом силы взаимодействия между молекулами твердого тела и растворенного вещества быстро ослабевают по мере удаления от граничной поверхности. Модель предполагает, что адсорбцией обладает довольно мощный полимолекулярными межфазный слой, находящийся в медленно спадающем потенциальном поле поверхности твердого вещества. С этой точки зрения адсорбция из раствора представляет собой перераспределение вещества между объемной и поверхностной фазами.

Образование адсорбционных слоев на поверхности зерен агрегата является важнейшей стадией процесса модификации. Это слои, препятствуя дальнейшему росту кристаллов, играют такую же роль, как и защитные коллоиды. Действие модификаторов сводится к уменьшению числа зародышей, замедлению их роста и образованию на зернах агрегата адсорбционной (молекулярной) пленки [12].

Вводимые в незначительных количествах добавок таких веществ оказывают действие на реологические свойства незатвердевших цементных систем, параметры кристаллизации, влияя на морфологию новообразований (внешний вид фаз, их форму, размер, удельную поверхность), изменяя структуру материала за счет микровоздухо (газо) вовлечение (выделения), природу поверхности затвердевшего цементного камня и, тем самым, свойства цементного камня и бетона – их прочность, пористость, водонепроницаемости, усадку, трещиностойкость, прочность сцепления с заполнителем [13].

Основными целями введения модификаторов в цементные системы являются: снижение вязкости цементно-водных суспензий для улучшения технологических свойств бетонных смесей; изменение структуры сформированного цементного камня и бетона с целью увеличения их прочности и стойкости к многократным физическим воздействиям; регулирование скорости процессов гидратации цементов и твердения бетона.

Предлагаемое решение: Образование и развитие пространственных структур – это наиболее характерные явления, наблюдаемые в дисперсных системах. В основе их лежит термодинамическая неустойчивость микрогетерогенных дисперсных систем – следствие избыточной свободной энергии развития межфазных поверхностей раздела. Взаимодействие микрообъектов в значительной степени определяет протекание процессов пептизации, коагуляции, структурообразования и т.д.

Возможности управления этими процессами лежит в основе направленного изменения вязкости цементно-водных систем, регулирования таких важных

технологических свойств бетонной (растворной) смеси, как разжижение и сохранение ее подвижности во времени, расслаиваемость и водоотделение.

Особое место среди них занимает разработка проблемы устойчивости коллоидов, коагуляции, а также поиск путей регулирования этих явлений, так как характер взаимодействия частиц в конечном итоге обуславливает поведение коллоидно-химических дисперсных систем и формирование физико-механических свойств образующихся структур.

Эффект газовыделения, создаваемый Master Rheobuild 1000 К, может быть с успехом использован также для пластификации жестких бетонных смесей, в которых действие традиционных микропенообразователей малоэффективно (табл. 3).

Таблица 3. Газовыделение (воздухововлечение) в жестких бетонных смесях

Расход воды на 1 м ³ бетона, л	Воздухо, (газо) вовлечение, %	
	Master Rheobuild 1000 К	С-3
180	2,4	2
140	1,6	2,4
120	0,5	2,4
100	0	3,6

Следует отметить, что теория устойчивости лиофобные коллоидов создана исходя из представлений об идеальной однородности границы раздела фаз. Однако, в реальных кристаллических и поликристаллических микробъектов распространение потенциала в двойном слое может быть значительно осложнено вследствие их дефектной структуры. Так, образование заряженных дефектов при сохранении электронейтральности системы в целом вызывает предпочтительную адсорбцию на них либо анионов, либо катионов, следовательно, обуславливает различие локальных значений потенциала. Другой причиной неоднородности граничной поверхности твердого тела являются, видимо, петли дислокаций, на которых обычно происходит концентрирование микросмесей, приводящее иногда к возникновению новой фазы.

Очевидно, что неравномерное распределение заряда на границе раздела фаз определяет изменение штерновского потенциала и оказывает определенное влияние на ионно-электростатическое взаимодействие микробъектов, что объясняет особенности коагуляции дисперсных систем.

Развитие коагуляционной структуры, пронизывающей весь объем системы, происходит при потере ею агрегативно устойчивости в результате благоприятных броуновских соударений частиц наиболее высокодисперсной коллоидной фракции и вызывает тиксотропное отверждение объема.

Практические исследование и выводы: При исследовании процессов твердения в суспензиях минеральных вяжущих выделено одно из характерных свойств, присущих фазовым контактам. кристаллизационные контакты в силу того, что они связывают кристаллы с совершенно произвольной ориентацией, имеют существенно неравновесную структуру. Этим объясняется развивающееся во времени уменьшение механической прочности кристаллизационных структур, обусловленное перекристаллизацией – растворением неравновесных и малых по размерам новообразований, и прежде всего, контактных мостиков с одновременным укреплением совершенных, значительных по размерам кристаллов.

Анализ экспериментальных данных дает основание для установления функциональной зависимости вероятности срастания кристаллов в процессе выделения новой фазы от таких основных физико-химических параметров, как степень пересыщения, время контактирования и др., которые, в свою очередь, определяют весь процесс формирования кристаллизационных структур.

Рост отдельных сросшихся между собой кристаллов сопровождается возникновением кристаллизационного давления и внутренних напряжений в структуре. За счет частичного слома структуры внутреннее напряжение релаксирует. Таким образом, нарастание прочности в системе при гидратации вяжущего есть результат двух процессов – создания и разрушения структуры. При перемешивании цемента с водой смачивается поверхность цементных частиц, на которой протекают процессы гидролиза и гидратации с образованием двойных электрических слоев за счет появления в растворе иона Ca^{++} и усилением явлений дефлокуляции. Эти явления усиливаются при вибрации, благодаря чему возрастает подвижность цементного теста и ускоряются процессы гидратации.

В системе «цемент-вода» оболочки воды создают стерическое препятствие, которое растет за счет адсорбции молекул поверхностно-активных веществ. Это, свою очередь, ведет к экранированию зерен цемента и замедлению его гидратации.

Модифицирование цементных систем обусловлено наличием в молекуле поверхностно-активных веществ реакционноспособной группы и гидрофобного радикала. При этом возникает энергетически наиболее выгодное состояние системы: гидрофильные группы хемосорбционно связываются с гидратирующей поверхностью цемента, а гидрофобные углеводородные радикалы (цепи), обращенные к воде, вследствие взаимного отталкивания влияют на формирование структуры цементного камня в бетоне.

Заключение: Основным в теоретическом и практическом плане вопросом модифицирования цементных систем представляется установления взаимосвязи между составами и строением поверхностно-активных веществ и их ролью в процессах

гидратации и формирования структуры мономинеральных вяжущих и портландцементов различного минералогического и вещественного состава. Из анализа позволяет утверждать, что природа поверхностно-активных веществ имеет существенное влияние на изменение условий и кинетики выделения гидратных новообразований, а контактные взаимодействия частиц дисперсной фазы определяют морфологию и прочность возникающей структуры.

Экономический эффект разработки определяется снижением материалоемкости, уменьшением энерго- и трудозатрат и применением техногенных отходов, значительным увеличением долговечности, и, как следствие, увеличением срока межремонтной эксплуатации и снижением эксплуатационных расходов, связанных с функционированием зданий и сооружений и с проведением ремонтных работ, что стало возможным благодаря обеспечению высоких, ранее недостижимых показателей эксплуатационной надежности бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баженов Ю.М.** *Технология бетона* / Ю.М. Баженов. – М.: Высшая школа, 1987. – 415 с.
2. **Дворкин Л.И.** *Оптимальное проектирование составов бетона* / Л.И. Дворкин. – Львов: Вища школа, 1981. – 159 с.
3. **Ахвердов И.Н.** *Основы физики бетона* / И.Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
4. **De Larrard F.** *Concrete mixture proportioning. A scientific approach* / F. De Larrard // *London and New York*, 1998. – P. 448.
5. **Kwan A.K.H.** *Combined effect of water film thickness and paste film thickness on rheology of mortar* / A.K.H. Kwan, L.G. Li // *Materials and Structures*. – 2012. – Vol. 45. – No 1. – P. 1359-1374.
6. **Baule A.** *Edwards statistical mechanics for jammed granular matter* / A. Baule, F. Morone, H.J. Herrmann, H.A. Makse // *Reviews of modern physics*. – 2018. – Vol. 90. – No 1. – P. 015006-015064.
7. **Белов В.В.** *Компьютерное моделирование и оптимизирование составов строительных композитов: монография* / В.В. Белов, И.В. Образцов. – Тверь: ТвГТУ, 2014. – 124 с.
8. **Белов В.В.** *Теоретическое обоснование оптимальных зерновых составов композиционных материалов с минеральными наполнителями* / В.В. Белов, П.В. Куляев // *Строительство и реконструкция*. – 2017. – № 5(73). – С. 94-101.
9. **Roquier G.** *The 4-parameter Compressible Packing Model (CPM) including a new theory about wall effect and loosening effect for spheres* / G. Roquier // *Powder Technology*. – 2016. – Vol. 302. – No 1. – P. 247-253.
10. **Stovall T.** *Linear packing density model of grain mixtures* / T. Stovall, F. De Larrard, M. Buil // *Powder Technology*, 1986. – Vol. 48. – No 1. – P. 1-12.
11. **Cundall P.** *A discrete numerical model for granular assemblies* / P. Cundall // *Geotechnique*. – 1979. – Vol. 29. – No 1. – P.47-65.
12. **Львович К.И.** *Песчаный бетон и его применение в строительстве* / К.И. Львович // Спб: Строй-Бетон, 2007. – С. 320.
13. *Программное обеспечение для проектирования состава бетона.* – Электрон. данные. – URL: <https://t-sim.ru> (дата обращения: 05.11.19).