

Аннотация. В статье показана возможность использования высококачественных добавок при формировании модифицированного мелкозернистого бетона высокой прочности.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, прочности, суперпластификаторов, комплексных минеральных добавок, гиперпластификаторы, микрокремнезем, метакаолин, золу, рисовой шелухи.

Современный модифицированный мелкозернистый бетон является очень важным и практически незаменимым строительным материалом. Получаемые с помощью современных технологий мелкозернистые бетоны могут иметь прочность на сжатие от 0,3 до 150 МПа, среднюю плотность в диапазоне 200 – 2800 кг/м³ и обладать рядом специальных свойств, необходимых в соответствии с их назначением. Такие бетоны широко используют при строительстве метро, транспортных тоннелей, высотных зданий, большепролетных мостов, подземных сооружений и многих других строительных объектов.

Одним из основных свойств модифицированного мелкозернистого бетона является высокая прочность на сжатие. Причем, наибольшая прочность бетона достигается путем качественного подбора состава сырьевой композиции и выбором рациональной технологии его получения.

Начиная с середины XX века, среднее значение прочности на сжатие у высокопрочных бетонов последовательно увеличивалось 35 до 50 ÷ 80 МПа и в последние годы до 150 МПа

Для получения бетона высокой прочности нужно создать плотную, однородную и, желательно, тонкозернистую структуру. Этого можно достигнуть при выполнении ряда условий, вытекающих из физических основ структурообразования бетона [1]:

- ❖ применением высококачественных вяжущих и заполнителей с хорошим качеством;
- ❖ предельно низким водо–цементным (В/Ц) отношением;
- ❖ высоким предельно допустимым содержанием портландцемента;
- ❖ применением суперпластификаторов и комплексных минеральных добавок, способствующих получению плотной микроструктуры бетона;
- ❖ особо тщательным перемешиванием и уплотнением бетонной смеси;
- ❖ созданием наиболее благоприятных условий при гидратации цемента в процессе твердения бетонов.

Модифицированная МЗБ–смесь имеет более однородную структуру, а также легче поддается различным технологическим переделам. Это дает возможность получать изделия и конструкции различного назначения с требуемыми эксплуатационными показателями. Для получения мелкозернистых бетонов, обладающих нужными свойствами, широко используют волокнистые микроармирующие наполнители и добавки–модификаторы (супер и гиперпластификаторы, микрокремнезем, метакаолин, топливную золу–уноса и золу, образующуюся при сжигании рисовой шелухи, а также местное сырье и промышленные отходы) [2, 3].

В приведена технологическая схема приготовления МЗБ смесей для последующего получения модифицированных мелкозернистых бетонов с помощью комплексных органоминеральных добавок (рисунок 1).

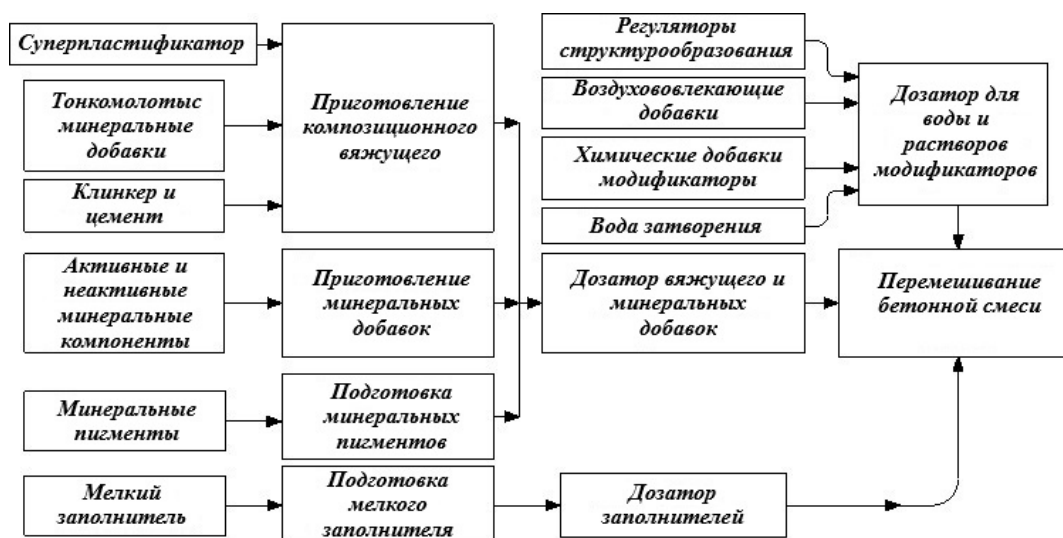


Рисунок 1. – Технологическая схема приготовления мелкозернистых бетонных смесей для получения ММЗБ на основе композиционных цементных систем

В современной технологии вяжущих веществ и бетонов был достигнут прогресс за счет появления и использования различных модифицированных добавок. Наибольшее распространение среди них получили водоредуцирующие поликарбоксилатные суперпластификаторы, а также комплексные органо-минеральные модификаторы, с помощью которых можно модифицировать структуру бетонов.

Введение добавок в бетонную смесь позволяет снизить водоцементное отношение и повысить плотность структуры формирующегося искусственного каменного материала. Кроме того, уплотняя структуру цементного камня, комплексные органо-минеральные модифицирующие добавки одновременно позволяют управлять физико-механическими свойствами бетона с помощью введения в него воздушной фазы с регулируемыми параметрами структуры. Поэтому появилась возможность получать высококачественные бетоны модифицированной структуры [4].

В последнее время появились особо эффективные водоредуцирующие поликарбоксилатные суперпластификаторы в виде эфиров поликарбоксилитов, дизайн макромолекул которых разработан с помощью метода компьютерного моделирования.

Механизмы действия пластифицирующих добавок: Механизмы действия суперпластификаторов в модифицированных бетонах аналогичны механизмам их действия в обычных бетонах и делятся на 3 основные категории [5, 6]:

- ❖ пластикация со снижением поверхностного натяжения;
- ❖ пластикация с адсорбцией на растворимых цементных частицах, сопровождаемая анти-агрегатсионным эффектом (рисунок 2);
- ❖ пластикация с эффектом воздухововлечения (рисунок 3).



Рисунок 2. – Пластикация на растворимых цементных частицах

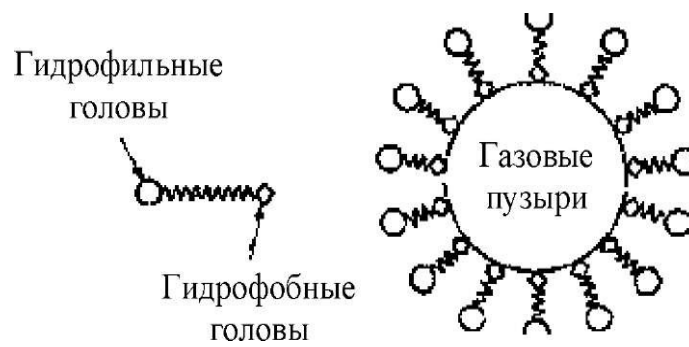
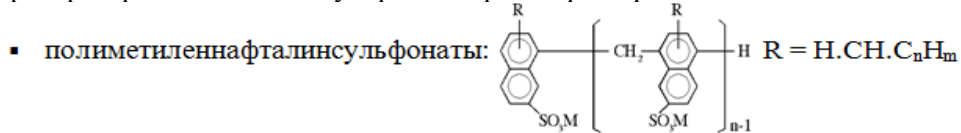


Рисунок 3. – Пластификация с эффектом воздухововлечения

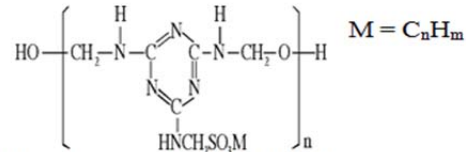
Добавки – пластификаторы делятся на пять типов следующим образом:

- пластифицирующие-водоредуцирующие;
- суперпластифицирующие;
- сильнопластифицирующие;
- пластифицирующие;
- стабилизирующие.

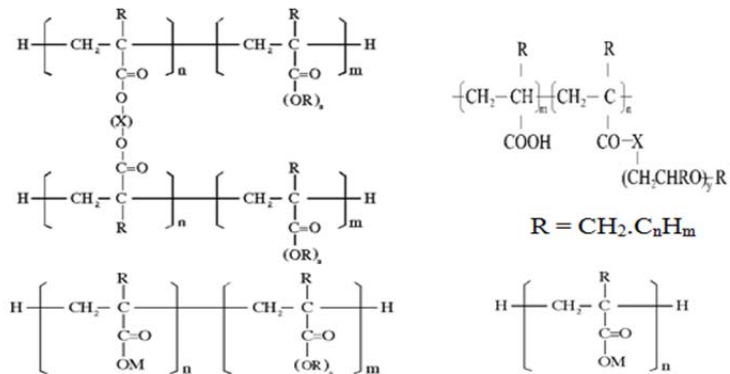
Наиболее распространенные типы суперпластификаторов представляют собой



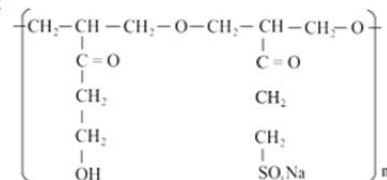
- полиметиленаминасульфонаты:



- полиакрилаты и поликарбоксилаты с макромолекулами различного дизайна

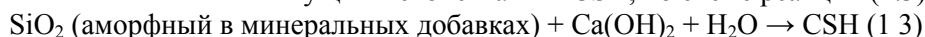


- алифатические суперпластификаторы:

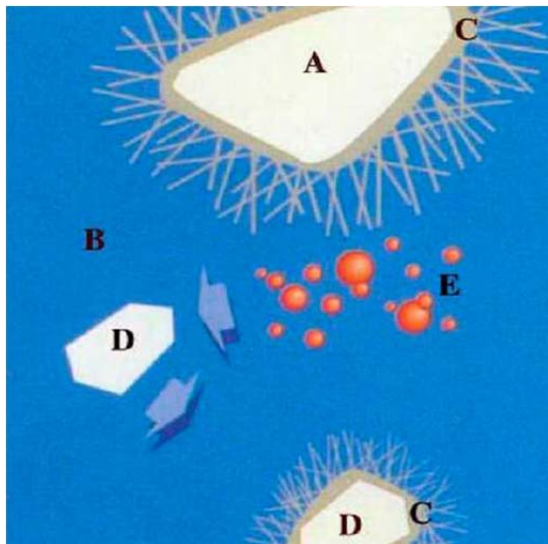


Активные минеральные тонкодисперсные добавки способны в присутствии воды взаимодейство-

вать с портландитом – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в условиях обычных температур, образуя соединения, обладающие вяжущими свойствами – CSH, по схеме реакции (1.3):



Инертные минеральные добавки чаще всего используют для того, чтобы регулировать зерновой состав и заполнение пустот в твердой фазе бетона, а также для повышения водоудерживающих свойств бетонных смесей. К инертным минеральным добавкам относят тонкомолотые кварцевые пески и известняки, газовую сажу, глину и др.



- А – Портландцемент.
- В – Вода.
- С – CSH.
- D – CH.
- Е – Активные минеральные добавки.
- С – CSH.

Рисунок 4. – Схема гидратации портландцемента с активными минеральными добавками

Комплексные органо-минеральные добавки способствуют сильному уплотнению структуры бетона, а также связыванию свободного гидроксида кальция в менее растворимые низкоосновные гидросиликаты и образованию этtringита, что приводит к повышению плотности структуры цементного камня и в сочетании с гидрофобизирующей кремнийорганической жидкостью, вводимой в бетонную смесь, обеспечивает существенный рост прочности и водонепроницаемости бетона [7]. Поэтому их широко используют для управления процессом структурообразования твердеющего бетона.

В последнее время органо-минеральные модифицирующие добавки предлагаются более дешевые, хотя и несколько менее эффективные, чем наноматериал или микрокремнезем тонкодисперсные добавки: метакраин, низкокальциевой золы-уноса, механоактивированной золы рисовой шелухи, специально переработанные промышленные отходы, а также сельскохозяйственные отходы и др. Наилучшие результаты получаются, если модифицирующая минеральная добавка, например, микрокремнезем или смесь микрокремнезема с зольной остатком и золой-уноса, смешивается с водоредуцирующим поликарбоксилатным суперпластификатором заранее. Такие смеси получили название комплексных органо-минеральных добавок и все шире используются для производства строительных материалов, в том числе и бетона [8,9].

На основании анализа добавок в модифицированный мелкозернистый бетон можно сделать следующие выводы: перспективно разработать состав и изучить характеристики модифицированного мелкозернистого бетона, содержащего органические и минеральные модификаторы, на основе местного сырья. Содержит органические и минеральные модификаторы, водоредуцирующий суперпластификатор, а также дисперсно-волоконный микроармирующий полипропиленовый наполнитель, повышающий сцепление мелкозернистой смеси, трещиностойкость бетона, прочность на сжатие при изгибе и уменьшающий его усадку. Используя вышеуказанные модифицирующие добавки в мелкозернистую бетонную смесь в оптимальных количествах, можно получить модифицированный мелкозернистый бетон с высокой прочной плотной структурой, малой усадкой и необходимой водостойкостью, коррозионной стойкостью и эксплуатационной долговечностью.

Список использованных источников

1. А.И. Адилходжаев, И.А. Махаматалиев, В.М. Цой, К.С. Умаров. Комплексно-модифицированные бетоны с органоминеральными добавками. Т.: “Инноватсион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи”, 2020.
2. Танг Ван Лам, Эффективным мелкозернистый бетон с комплексной органоминеральной добавкой. // Москва. Диссертация Д.т.н. 2019, 161 с.
3. Баженов Ю. М., Демьянова В. С., Калашников В. И. Модифицированные высококачественные бетоны. – М.: АСВ, 2006. – 368 с.
4. Баженов Ю.М., Нгуен Динь Чинь, Нгуен Тхе Винь. Высокопрочные бетоны с комплексным применением золы рисовой шелухи, золы-уноса и суперпластификаторов // Вестник МГСУ. 2012. – №1. – С. 77-82.
5. Баженов Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2001. – №10. –С. 24-30.
6. Фаликман В. Р. Новые эффективные высокофункциональные бетоны // Бетон и железобетон. – 2011. – № 2. – С. 78–84.
7. Ушеров–Маршак А. В. Бетоны нового поколения – бетоны с добавками // Бетон и железобетон. – 2011. – № 1. – С. 78–81.
8. Баженов Ю. М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2001. – № 10. – С. 24.
9. Высоцкий С.Б. Бетоны с дисперсными добавками. М.: Сб. НИИЖБ. 1992, 149 с.