

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНОВ¹

Номенклатура бетонов, применяемых в современном строительстве, чрезвычайно обширна и постоянно расширяется. Предложены технологии получения суперлегких теплоизоляционных бетонов (с плотностью менее 100 кг/м^3) и высокопрочных конструкционных бетонов (с прочностью на сжатие свыше 200 МПа). Основными разновидностями бетонов становятся высококачественные, высокотехнологичные бетоны (High Performance Concrete – НРС). Бетоны этой группы имеют высокую прочность и долговечность, надежные защитные свойства по отношению к стальной арматуре, бактерицидность. Они изготавливаются из высокоподвижных смесей с ограниченным водосодержанием, имеют прочность на сжатие в возрасте 28 сут. 60...150 МПа, морозостойкость F600 и выше, водонепроницаемость не менее W12, водопоглощение до 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.

Наиболее универсальным и эффективным способом моделирования структуры и регулирования свойств бетона является введение в бетонную смесь дополнительных компонентов – добавок.

В настоящее время весь выпускаемый бетон изготавливается с применением разнообразных добавок. Они, как правило, оказывают полифункциональное воздействие на бетонные смеси и затвердевший бетон. Номенклатура известных добавок чрезвычайно разнообразна.

В последние годы термин «добавки» все чаще заменяется или отождествляется с термином «модификаторы». Под модификаторами также понимаются вещества, улучшающие (модифицирующие) и регулирующие технологические свойства бетонных смесей и технические свойства бетона [1].

Анализ зарубежных и отечественных исследований показывает, что начинают развиваться технологии, в которых добавки полифункционального действия должны иметь оптимальные размеры частиц от 10 нм до 10 мкм. В связи с этим значительный интерес для модифицирования бетона представляет использование в качестве веществ-наполнителей фуллерена, шунгита, углеродных нанотрубок.

Нанотехнология является одним из основных направлений совершенствования строительного материаловедения.

Механизм модифицирования структуры цементного камня как условно гидросиликатной системы микронаполнителями различной природы достаточно хорошо изучен, в то же время вопрос о механизме, мере и характере влияния на такие сложные системы наноразмерных частиц (размером 1...10 нм) остается открытым [2].

В данной работе в качестве модификатора для смеси мелкозернистого бетона использовался углеродный наноматериал (УНМ) «Таунит» производства ООО «НаноТехЦентр» и ТГТУ. Этот материал представляет собой смесь нановолокон и нанотрубок диаметром 40...60 нм и длиной до 2 мкм.

УНМ имеют свободные химические связи, вследствие этого они могут обеспечивать лучшее сцепление бетонной смеси и заполнителя и, как следствие, повышать прочность материала. Также нановолокна и нанотрубки могут играть роль армирующего материала из-за их высокой прочности и большого модуля упругости.

Однако вследствие малого размера частиц УНМ при комнатной температуре и атмосферном давлении он начинает самоорганизовываться в микроскопические гранулы. Процесс образования гранул обусловлен наличием сил связи Ван-дер-Ваальса, которые действуют между отдельными углеродными нановолокнами (нанотрубками) [3]. Это свойство УНМ оказывает негативное влияние на характеристики бетона. Таким образом, одной из ключевых проблем получения бетона с высокими характеристиками является равномерное распределение УНМ в объеме бетонной смеси.

Для решения этой проблемы использовались следующие методы:

- диспергирование добавки УНМ в воде в среде переменного электромагнитного поля;
- диспергирование добавки УНМ в воде в среде ультразвука;
- диспергирование добавки УНМ с помощью ультразвука в присутствии поверхностно-активных веществ.

Выбор методов диспергирования не случаен, так как каждый из них позволяет получать устойчивые высокодисперсные суспензии.

Эксперименты проводились как на смесях мелкозернистого бетона, так и бетоне марки М 300. Оценка качества распределения модификатора проводилась по показателям пределов прочности экспериментальных образцов на изгиб и сжатие ($R_{сж}$, $R_{изг}$).

Для образцов мелкозернистого бетона установлено, что оптимальное время диспергирования модификатора УНМ с использованием ультразвука составляет 3...5 мин (дисперсность углеродного наноматериала составляла приблизительно 5,5 мкм). При этом прирост прочности на изгиб составил 21 %, а на сжатие – 15 % по сравнению с контрольным образцом, свободным от всех модификаций (рис. 1).

¹ Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, проф. А.Г. Ткачева, канд. техн. наук, доц. З.А. Михалевой.

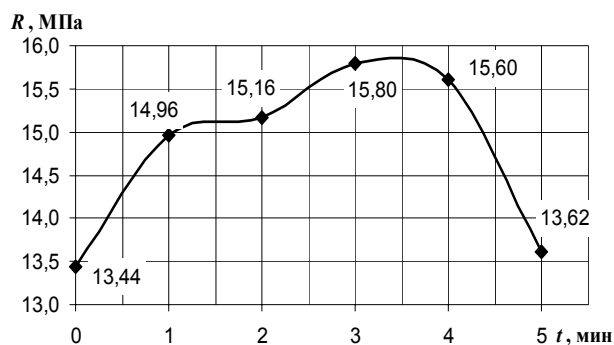


Рис. 1. Зависимость предела прочности на сжатие от времени диспергирования добавки УНМ в ультразвуке

Эксперименты, проводимые на бетоне марки М 300 в лаборатории завода ЖБИ «Водстрой» (г. Тамбов), выявили увеличение скорости набора прочности экспериментальных образцов в семидневном сроке на 50...70 %. В 28-дневном возрасте образцы, диспергирование модификатора в которых проводилось в среде ультразвука, имели прочность на 20 % выше прочности контрольных образцов.

Обработка модификатора в магнитном поле не выявила определенной зависимости прочности бетона от времени диспергирования.

Для стабилизации водной суспензии модификатора, прошедшего обработку в среде ультразвука, использовали поверхностно-активное вещество НФ (группа нафталин-формальдегидного типа). Для определения оптимальных режимов диспергирования были проведены эксперименты, данные которых представлены на рис. 2, 3.

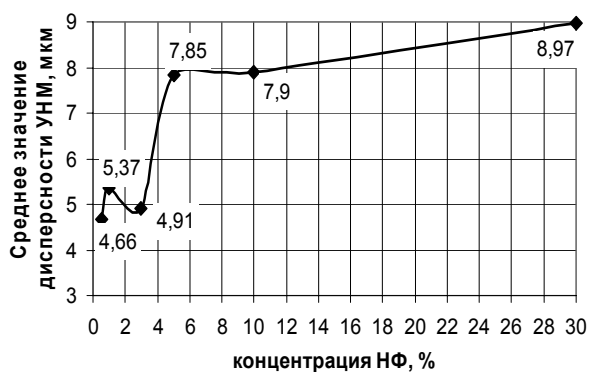


Рис. 2. Зависимость дисперсности УНМ от концентрации НФ

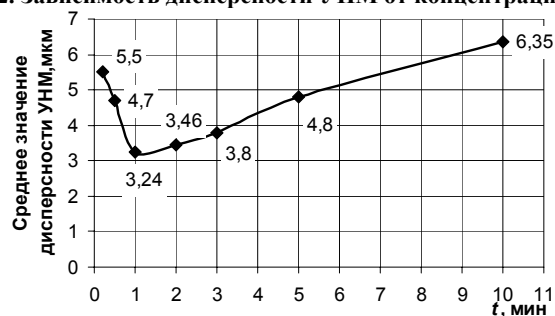


Рис. 3. Зависимость дисперсности УНМ от времени диспергирования

Установлены режимы диспергирования УНМ: время обработки ультразвуком составляет 1 мин; объемная концентрация НФ – 0,5 %. Использование НФ в качестве стабилизатора предположительно приводит к капсулированию частиц модификатора полимером, в результате чего нанотрубки перестают «работать» как армирующая добавка. Влияние вышеупомянутого метода распределения на прочность экспериментальных образцов несущественно. В некоторых случаях даже отмечалось снижение прочности по сравнению с контрольными образцами.

Таким образом, можно отметить положительные результаты, полученные при диспергировании модификатора в среде ультразвука для образцов мелкозернистого и обычного бетона.

В целом, наноразмерные частицы могут являться наиболее перспективными модификаторами структуры цементного камня и бетонов на его основе, так как являются зародышами центров кристаллизации новой фазы, проявляют высокую химическую активность и обеспечивают снижение внутренних напряжений в системе, тем самым повышая прочность и долговечность материала [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворкин, Л.И. Основы бетоноведения / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – СПб. : ООО «Строй-Бетон», 2006. – 692 с.
2. Артамонова, О.В. Сравнительный анализ эффективности модифицирования структуры высокопрочных бетонов / О.В. Артамонова, Д.Н. Коротких, Е.М. Чернышов // Химия твердого тела и современные микро- и нанотехнологии : сб. материалов VI Междунар. науч. конф. – Кисловодск, 2006. – С. 22 – 24.
3. Некоторые свойства твердотельных фрактальных структур углеродных нановолокон / И.В. Золотухин, И.М. Голев, А.Е. Маркова, Ю.В. Панин, Ю.В. Соколов, А.Г. Ткачев, В.Л. Негров // Письма в ЖТФ. – 2006. – Т. 32, Вып. 5. – С. 28 – 32.

Кафедра «Техника и технологии машиностроительных производств»