

*Ю.Н. Толчков**

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА МУНТ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Основные научно-исследовательские работы в области строительных наноматериалов и нанотехнологий проводятся по следующим направлениям:

- создание высокотехнологичных конструкционных материалов и их наноструктурная модификация;
- исследование новых методов наномодифицирования и проявление их в отношении макросвойств объектов;
- функциональные тонкие пленочные покрытия, многократно повышающие качество материалов;
- новые многофункциональные материалы и компоненты [1].

Предварительные экспериментальные исследования проводились на образцах мелкозернистого бетона с использованием многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) «Таунит» (производства ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов). МУНТ «Таунит» представляет собой фуллереноподобные тубулированные связи и пучки углеродного наноструктурного материала. Многослойные трубки имеют в среднем наружный диаметр – 40 нм, внутренний – 5 нм, плотность 560 кг/м^3 , средняя длина одиночных нанотрубок составляет 2 мкм.

Добавка углеродного наноматериала как модификатора бетона, по данным отечественных и зарубежных исследований, будет влиять на следующие физико-механические свойства: прочность, износостойкость, пластичность, электропроводность, теплопроводность, ускоренный набор прочности, специальные свойства.

На этом пути сохраняются, как минимум, две проблемы – повышенная склонность углеродных материалов к агломерации и, как следствие, трудности равномерного распределения такой «нанофибры» по композиту, а также недостаточно высокое сцепление нанотрубок с матрицей. Это не позволяет полностью использовать их высокий мо-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО ТГТУ З.А. Михалевой в рамках ФЦП «Исследования и разработка по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 – 2012 гг. (ГК 20.523.12.3020 от 2 сентября 2008 г.).

дуть упругости (в 5 раз выше стали) и прочность (в 8 раз выше стали) при очень низкой плотности.

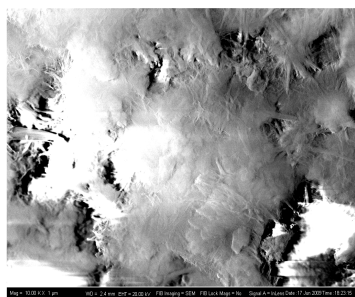
МУНТ «Таунит» – распределялся в воде затворения под воздействием ультразвука. После чего вода, активированная углеродными нанотрубками, совмещалась с тестом минерального вяжущего.

Исследование структуры мелкозернистого бетона, модифицированного МУНТ «Таунит», показывает, что уменьшение размеров структурных элементов ведет к образованию специфических непрерывных нитевидных структур, формирующихся в результате трехмерных контактов между наночастицами разных фаз, и к коренному улучшению их эксплуатационных характеристик (рис. 1).

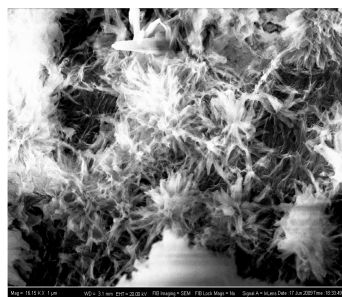
Наличие этих игольчатых наростов может свидетельствовать об увеличении прочностных характеристик материала, так как они выполняют армирующую роль в структуре бетона.

Наличие данных структур дает возможность снизить процесс образования трещин. При затвердевании на воздухе портландцемент дает усадку. Если эта усадка будет больше, чем свойственная бетону деформативность, образуется трещина. Применение углеродных нанотрубок позволяет поддерживать баланс между этими силами, препятствуя образованию трещин в бетоне.

Гирлянды из подобных наноразмерных игольчатых структур выполняют дискретное наноструктурирование цементных систем. Однако, помимо армирующего эффекта, наблюдается агломерация нанонаполнителя из множества наночастичек в виде сфер. Это, скорее всего, характеризует степень активности наночастиц и их поверхностных сил, которые заставляют частички соединяться в такие формы. Такое



a)



б)

Рис. 1. Микрофотографии, полученные методом электронной микроскопии бетона:
a – немодифицированный; *б* – наномодифицированный

агрегатирование происходит из-за недостаточно эффективного перемешивания бетонной смеси, и наночастицы формируются в виде шаров диаметром 2–3 мкм, что свидетельствует о необходимости совмещения во времени режимов перемешивания и формования [2].

Свойства мелкозернистого бетона определяются теми же факторами, что и обычного бетона. Однако мелкозернистый цементно-песчаный бетон имеет некоторые особенности, обусловленные его структурой, для которой характерны большая однородность, мелкозернистость и удельная поверхность твердой фазы и т.д.

В ряде случаев при приготовлении и уплотнении цементно-песчаной смеси вибрированием в нее вовлекается воздух, распределенный в виде мельчайших пузырьков по всему объему смеси. Вовлечение воздуха может достигать 3...6% и более, что повышает пористость бетона и снижает его прочность. Вследствие этого был выбран вид уплотнения – трамбование.

Песок обладает более высокой пустотностью, чем смесь песка и щебня. При невысоком содержании цемента в смесях более, чем 1:3, цементного теста может не хватить для обмазки зерен песка и заполнителя всех пустот. В этом случае возникает дополнительный объем пор, обусловленный нехваткой цементного теста, что вызывает увеличение общей пористости бетона и снижает его прочность[2]. Учитывая вышеизложенные особенности влияния различных факторов на прочность песчаного бетона, был выбран состав мелкозернистого бетона (исходя из существующих закономерностей). Водоцементное отношение, необходимое для получения заданной прочности бетона, составляет 0,5...0,6.

Опыты проводились на смесях мелкозернистого бетона. Эффект от влияния УНМ оценивался по следующим параметрам: прочности на изгиб, сжатие и водопоглощение образцов.

Результаты исследования влияния малых концентраций МУНТ «Таунит» в мелкозернистом бетоне приведены на рис. 2.

Таким образом, в результате исследований определено, что прочность образцов наномодифицированного бетона на сжатие увеличивается в среднем на 20...25%, а прочность на изгиб – 15...20%. Добавка наномодификатора в количестве 0,0006% от массы цемента обеспечивает стабильный рост прочностных характеристик на 20...25%.

В результате экспериментов установлено, что образцы мелкозернистого бетона, модифицированные углеродным наноматериалом «Таунит», в среднем 50% быстрее набирают прочность и в проектном возрасте имеют прочность на 20...25% больше, чем образцы обычного бетона.

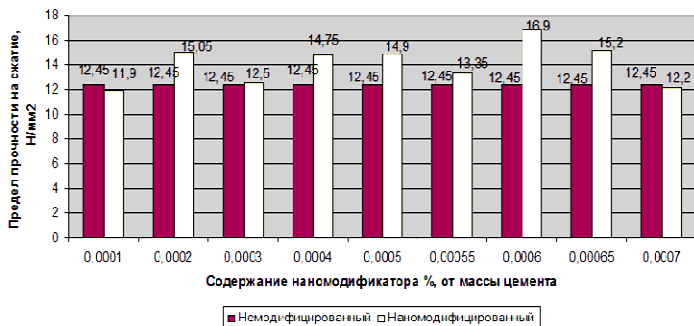


Рис. 2. Влияние наномодификатора на прочностные характеристики мелкозернистого бетона

Обобщение результатов поисковых экспериментов по влиянию модификатора МУНТ на прочностные характеристики строительных композитов свидетельствует о возможности повышения прочности при сжатии бетонов на 20...35% и пенобетонов – на 50% по сравнению с образцами, не модифицированными МУНТ. Экономические аспекты применения нанотехнологий в производстве строительных материалов показывают, что предлагаемые инновации обеспечат снижение масс строящихся домов и нагрузок на фундаменты на 10...20%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – URL : www.nanobuild.ru.
2. Баженов, Ю.М. Технология бетона : учеб. пособие / Ю.М. Баженов. – 2-е изд., перераб.– М. : Высш. шк., 1987. – С. 415.

Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов» ГОУ ВПО ТГТУ