

Перспективы применения отечественных углеродных наноматериалов в цементных бетонах

Демидович К.Н.

Научный руководитель – Рябчиков П.ВИ.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В современных условиях все большую значимость приобретает знание, способность и умение управлять процессами структурообразования при получении различных (в том числе и строительных) материалов на уровне размеров элементарных частиц, из которых «строится» данный материал. Открытие в начале 90-х г.г. XX века углеродных наноматериалов (УНМ), развитие технологии их получения в институте тепло- и массообмена НАН Беларуси позволило разработать новый способ их получения в плазме высоковольтного разряда и создать соответствующее оборудование для реализации технологии производства УНМ. Дальнейшее ее совершенствование позволило запатентовать способ получения углеродного наноматериала в плазме высоковольтного разряда атмосферного давления, что обеспечило существенное повышение выхода УНМ, снижение содержания аморфного углерода в итоговом материале и стоимости получаемого УНМ. На повестку дня стал вопрос практического использования углеродных наноматериалов, в том числе и в строительной отрасли, в частности, в технологии получения базового конструкционного строительного материала – бетона.

Для решения этого вопроса были начаты системные исследования применения УНМ в технологии получения бетона, которые осуществляются совместно с институтом тепло- и массообмена НАН Беларуси и Белорусским национальным техническим университетом на базе кафедры «Технология бетона и строительные материалы» и ее научно-исследовательской лаборатории.

Особенность и уникальность применения вещества УНМ, характеризующегося огромным потенциалом поверхности ультрадисперсных частиц, заключается в достижении положительного результата, выраженного ростом прочности цементного камня, при дозировках в сотых и даже тысячных долях процента от массы цемента.

С позиций эффективного воздействия УНМ на процессы структурообразования, твердения и на прочность цемента особую значимость имеют высочайшая потенциальная энергия ультрадисперсных УНМ и их свойство в определенных условиях получения формировать тончайшие волокна значительной (до десятков микрон) длины. Их особенностью является значительная длина при малых размерах поперечного сечения, которое может быть в диаметре менее 1 нм. Такой волокнообразный материал, характеризующийся значительной прочностью на растяжение, может оказать огромное влияние на прочностные характеристики цементного камня и бетона. Присутствие таких тончайших волокон в твердеющем цементном камне создает условия для эффекта «наноармирования» структуры новообразований в виде спонтанно формирующейся системы гидроокислов клинкерных минералов. Малые поперечные размеры нановолокон при длине, значительно превышающей размеры собственно гидрокристаллов силикатов, алюминатов и ферритов кальция, соответствующих ~ 8,0 – 15,0 нм, обеспечивают необходимые предпосылки для «защемления» волокон в межплоскостных пространствах соседствующих поверхностей множества гидрокристаллов, что и обеспечивает эффект армирования нано- и микроструктуры объема новообразований затвердевшего цементного камня. Следствием этого является рост его прочности на растяжение и сжатие, что отражается в приведенных далее результатах экспериментов.

На рис. 1 приведены фактические данные по оценке прочности на сжатие и тенденции ее изменений для образцов цементного камня в зависимости от времени твердения (рис. 1а) и количества (дозировки) вещества УНМ в процентах от массы цемента (рис. 1б).

На основании полученных данных по прочности можно обоснованно утверждать о наличии общей положительной тенденции влияния ряда веществ УНМ на рост прочности цементного камня в стандартном проектном возрасте (28 сут.) и более существенного влияния их на кинетику ее роста в начальный период, что позволяет одновременно рассчитывать на эффект снижения энергетических затрат при ускорении твердения бетона сборных и монолитных строительных конструкций с соответствующим сокращением времени оборота форм и опалубок и связанной с этим экономической эффективностью.

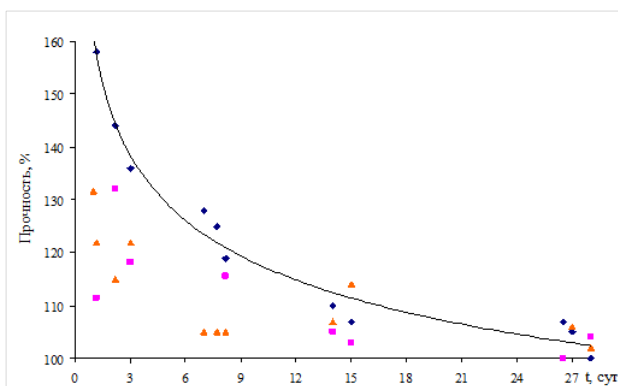


Рис. 1а

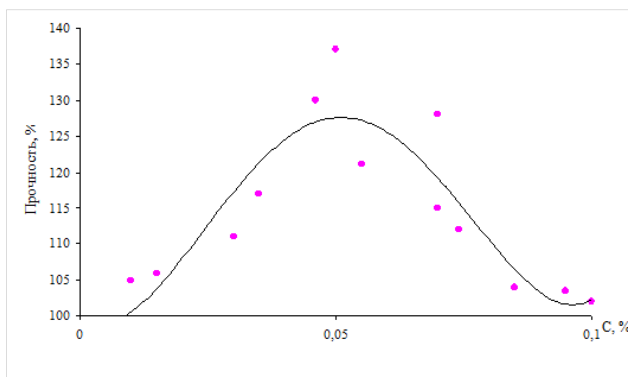


Рис. 1б

Рис. 1. Тенденция изменений прочности цементного камня с УНМ: нормально-влажностное твердение; дозировка 0,05% от МЦ – (а); в зависимости от величины ее дозировки – (б)

В технологический процесс производства высококачественных поризованных бетонов входит диспергация (помол) песка. Учитывая выявленный эффект роста прочности цементного камня с введением в цемент УНМ, было исследовано возможное влияние их на процесс диспергации одного из компонентов кремнеземистого вяжущего для ячеистых силикатных бетонов (рис. 2).

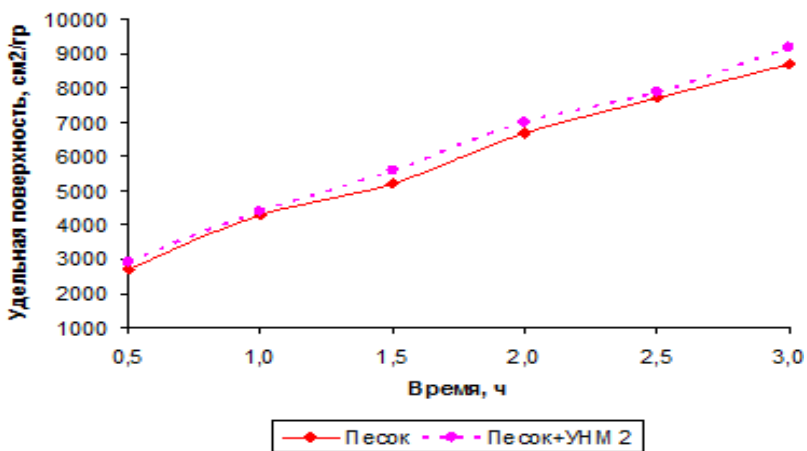


Рис. 2. Кинетика изменений удельной поверхности (песок; песок +УНМ)

Из приведенных данных виден стабильный рост удельной поверхности, по сравнению с контрольными значениями, на протяжении всего времени помола, при этом максимальные величины прироста отмечаются к 0,5 ч (7,4 %) и 1,5 ч (7,7 %) работы мельницы. Эти данные свидетельствуют о принципиальной возможности применения УНМ в качестве добавок для интенсификации (одновременно - снижения энергозатрат) помола различных материалов.

В рамках выполнения комплекса исследований была осуществлена проверка стандартизированных свойств цемента и бетонных смесей на вяжущем, модифицированном веществом УНМ. Установлено, что исследованные вещества УНМ, произведенные в институте тепло- и массообмена НАН Беларуси для обеспечения работ из разных исходных материалов и по различающимся технологиям, не оказывают негативного влияния на водопотребность (нормальную густоту), сроки схватывания и равномерность изменения объема цемента, а также на технологические характеристики бетонных смесей: сохраняемость удобоукладываемости (формуемости), водоотделение и расслоение, что в целом свидетельствует о допустимости их применения в цементных бетонах.

Также установлен рост активности цемента, определенный по стандартизированной методике, что согласуется с приведенными данными о росте прочности цементного камня, модифицированного УНМ, и составляет основу для повышения прочностных характеристик цементных бетонов.

Выявленные закономерности роста активности цемента и цементного камня традиционного уровня прочности (в экспериментах до 70...80 МПа) с рядом веществ УНМ ставит на повестку дня осуществление соответствующих исследований для высокопрочного цементного камня и бетона (прочностью на сжатие более 100 МПа). Особую значимость в этой связи может иметь аспект применения ультрадисперсноволокнистых УНМ, так как неразрешенной проблемой для современных высокопрочных бетонов является их хрупкость (низкая деформативность) и предрасположенность к практически мгновенному разрушению при предельных нагрузках. По существу дальнейшее повышение прочности конструкционных бетонов на сжатие не целесообразно, т. к. не реализуется из-за отстающего при этом роста его прочности на растяжение и, соответственно, способности воспринимать поперечные деформации от нагрузок при сжатии. Решение этой проблемы за счет применения волоконных УНМ явилось бы существенным вкладом нанотехнологий в совершенствование перспективных строительных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Артамонова, О.В. Формирование структуры и управление прочностными свойствами гидросиликатных систем модифицированных ультра- и наноразмерными частицами / О.В. Артамонова, Д.Н. Коротких, Е.М. Чернышев // Первая международная конференция: Деформация и разрушение материалов, Москва, 13-16 ноября 2006, тез. докл. Москва, 2006, с. 514-516.

2 Королев, Е.В. Модифицирование строительных материалов нанокремнекислотными трубками и фуллеренами / Е.В. Королев, Ю.М. Баженов, В.А. Береговой // Строительные материалы - Наука. – 2006. – № 8. Приложение к научно-техническому журналу «Строительные материалы», 2006, №9, с. 2-4.

3 Лотов, В.А. Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов и изделий. / Строительные материалы. – 2006, №8. - с. 10-12.