

УДК 621.762; 691.002(032)
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В
СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

П.В. РЯБЧИКОВ, А.Ю. КОЗЕЛ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

В современных условиях все большую значимость приобретает знание, способность и умение управлять процессами структурообразования при получении различных (в т.ч. и строительных) материалов на уровне размеров элементарных частиц. Результаты первых исследований углеродных наноматериалов, проводящиеся во многих странах мира, указывают на их необычные свойства, которые трудно ожидать от объектов нанометровых размеров. Так, нанотрубки с открытым концом проявляют капиллярный эффект и способны втягивать в себя расплавленные металлы и другие жидкие вещества. Реализация этого свойства нанотрубок открывает перспективу создания проводящих нитей диаметром порядка нанометра, которые могут стать основой электронных устройств нанометровых размеров. Значительные перспективы имеет применение наноматериалов в химической технологии. Оно основано на высокой удельной поверхности и химической инертности углеродных нанотрубок и связано с использованием их в гетерогенном катализе в качестве подложки, а также для получения разнообразных полимерных нанокомпозитов, используемых в приборо- и машиностроении, электронике, электротехнике и других отраслях народного хозяйства.

Отдельным направлением эффективного использования углеродных наноматериалов может стать строительная отрасль с ее огромным разнообразием применяемых в строительном производстве материалов. Технологии получения настолько разнообразны по химико-физическим процессам, диапазону температурных и временных режимов производственных процессов, что нет возможности, на данном этапе, точно определить наиболее эффективные направления использования уникальных свойств углеродных наноматериалов, способные обеспечить положительный результат в кратчайшие сроки.

С 2006 г. ведутся системные исследования о возможном улучшении физико-механических свойств цементных бетонов, модифицированных углеродными наноматериалами. Для бетонов на цементном вяжущем из множества факторов, влияющих на процессы становления их свойств, определяющими являются образование, накопление и системное взаиморасположение гидрокристаллов силикатной, алюминатной и ферритной составляющих портландцементного клинкера. Прочностные и упруго-деформируемые характеристики цементного камня и бетона



определяются уровнем энергии их взаимосвязей, которые образуются между соседствующими гидрокристаллами. Учитывая наноразмеры гидрокристаллов ($\sim 8-15 \times 10^9$ м), специфику их образования и последующего формирования гидрокристаллической структуры цементного камня, можно предположить эффективность введения в такую систему твердофазных частиц углеродного наноматериала. При этом возможно проявление эффективности двоякого рода: во-первых, ультрамикродисперсный углеродный наноматериал, характеризующийся огромным, концентрированным в нанобъеме потенциалом поверхности может послужить катализатором процесса образования гидрокристаллов как более интенсивно во времени, так и в значительно большем количестве; во-вторых, введение углеродных наноматериалов в виде волокон (нитей) может способствовать проявлению армирующего эффекта на наноуровне, т.е. в формирующейся системе гидрокристаллических новообразований в объеме твердеющего цементного камня. В обоих случаях возможно повышение прочностных характеристик цементного камня, а на этой основе – бетона.

В результате проведенных исследований, установлена общая тенденция благоприятного воздействия минимальных дозировок углеродного нановещества (0,00–0,015 % от массы цемента) на физико-технические свойства цементного камня и бетона. Выявлено, что углеродные нанодобавки не оказывают отрицательного влияния на нормируемые физико-технические свойства цемента (активность, равномерность изменения объема, сроки схватывания, нормальную густоту) и могут до 20 % повысить активность цемента.

В процессе выполнения экспериментов был апробирован широкий спектр веществ углеродных наноматериалов, различающихся видом исходного сырья и особенностями технологии получения, с целью снижения стоимости конечного продукта и повышения его качественных характеристик.

Отработаны технологические приемы введения малых количеств углеродных наноматериалов в цемент, выполнены начальные исследования структурно-морфологических изменений в продуктах гидратации клинкерных минералов цемента и особенностей формирования их структуры под влиянием углеродного нановещества.

Необходимо отметить, что круг возможных направлений использования углеродных наноматериалов и требующих решения задач постоянно расширяется. Планируемые исследования будут сосредоточены на наиболее важных из них, в том числе на тех, которые в ближайшей перспективе могут быть реализованы в строительном производстве.