

УДК 691

Хозяйкина Н.В., к.т.н., доц., Белизной А.П., студ. гр. ГРБ-12-1, Лозовой Д.Ю., студ. гр. ГРБ-12-1

Государственное ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепропетровск, Украина

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В последнее десятилетие резко возрос интерес к исследованиям в области применения нанотехнологий в строительных материалах, поскольку результат таких исследований может стать основой внедрения в практику принципиально новых материалов, обладающих уникальными физико-механическими и химическими характеристиками.

Для получения новых, улучшенных характеристик строительных материалов, а так же способов более эффективного влияния на эти свойства, таких как: улучшение показателей факторов материалов за счет структурообразования на атомарном уровне, возможность изменения минералогического состава, получение композитов со специальными свойствами и др., используют нанотехнологии и наноматериалы. Процентное содержание разработок наноструктурированных строительных материалов в зависимости от их вида [1, 2] представлены на рис. 1.

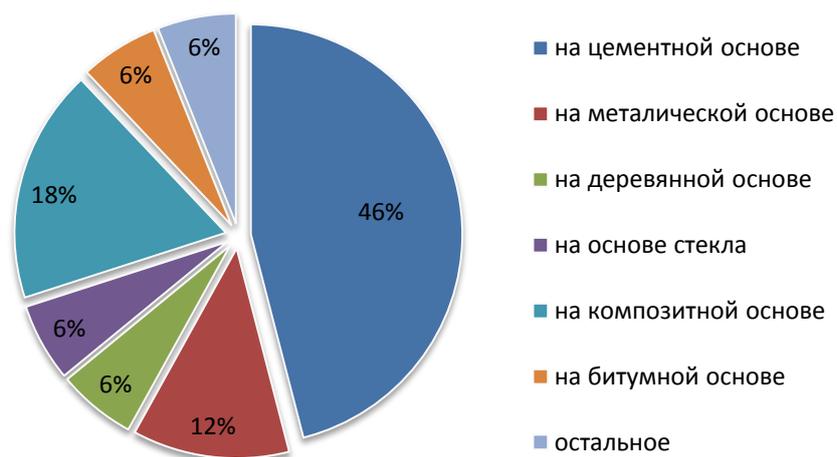


Рис.1 Объемы разработки строительных материалов с использованием нанотехнологий

Присутствие в строительном сегменте наноматериалов и нанотехнологий становится все более заметным. Сегодня в совокупном мировом рынке

нанопродукции, и по объемам, и в денежном выражении, строительство «потребляет» до 3 % общего рынка наноматериалов, а в отдельных сегментах, например, нанокompозитах – до 11 %, что, с учетом «добавленной стоимости» в изделиях, конструкциях, зданиях и сооружениях, приводит к возможному объему продаж нанотоваров и наноуслуг на уровне примерно в 95–100 млрд долларов [2].

На данный момент использования нанотехнологий в строительстве является довольно ограниченным, так как инновационные идеи в большинстве своём ориентированы на поверхностные эффекты, а не на формирование новых структур строительных материалов. Но всё же достижения фундаментальных исследований в области нанотехнологий постепенно находят свой путь в строительную отрасль.

Уже получены конструкционные композиционные материалы с уникальными прочностными характеристиками, новые виды арматурных сталей, уникальные наноплёнки для покрытия светопрозрачных конструкций, самоочищающиеся и износостойкие покрытия, паропроницаемые и гибкие стёкла.

Модифицирование строительных материалов осуществляется путем введения наномодификаторов. В качестве наномодификаторов применяют следующие добавки: углеродные астралены (C), углеродные фуллерены (C), углеродные нанотрубки (C), серебро (Ag), медь (Cu), диоксид титана (TiO₂), диоксид кремния (SiO₂) из отходов, диоксид кремния (SiO₂) синтезированный, оксид железа III (Fe₂O₃), оксиды других металлов, оксид кальция (CaO), полимерные наночастицы, нанопленки, нановолокна. При производстве цемента значительная часть энергии уходит на помол клинкера (сырьё для получения цемента). Небольшая добавка углеродных наномодификаторов существенно уменьшает время помола [3].

Наномодификаторы в не больших концентрациях способствуют улучшению физико-механических характеристик бетона: повышению водонепроницаемости и прочности бетона, повышению величины модуля упругости и морозостойкости, уменьшению значений предельной деформации усадки. Использование нанотехнологий дает возможность получения заданных свойств цементных бетонов и других строительных материалов.

Исследования по модифицированию бетонов и растворов ведутся уже несколько десятилетий. Направлений и методов воздействия на физико-механические, технологические и эксплуатационные свойства бетонной смеси, бетона и строительного раствора очень много. Это химические добавки, физические воздействия (магнитные и электромагнитные поля, электрические разряды, ультразвуковые волны), механические воздействия (вибрирование, набрызг, центрифугирование, прессование и их различные сочетания). В последнее время в отдельное направление выделены нанотехнологии.

По данным Института Химии Силикатов РАН (Россия) углеродсодержащие наномодификаторы ускоряют процесс гидратации

портландцемента, повышают прочность цементного камня и другие эксплуатационные характеристики.

Наноразмерные частицы могут являться наиболее перспективным модификаторами структуры цементного камня и бетонов на его основе, так как являются центром кристаллизации новой фазы, проявляют высокую химическую активность и обеспечивают снижение внутренних напряжений в системе, тем самым повышая прочность и долговечность материала [4].

Углеродные наноматериалы имеют свободные химические связи, вследствие чего они могут обеспечить улучшение сцепления бетонной смеси и заполнителя и, как следствие, повышение прочности материала. Нановолокна и наноматериалы могут играть роль армирующего материала благодаря высокой прочности и повышенного модуля упругости.

Значительный интерес для конструкторов представляют углеродные нанотрубки. Связи между атомами углерода в графитовом листе являются самыми сильными среди известных, поэтому бездефектные углеродные трубки на два порядка прочнее стали и приблизительно в четыре раза легче [5].

Углеродные материалы вследствие малого размера частиц при комнатной температуре и атмосферном давлении начинают самоорганизовываться в микрокристаллические гранулы. Это свойство углеродного наноматериала оказывает негативное влияние на характеристики бетона, поэтому одной из насущных проблем получения бетона с высокими характеристиками является равномерное распределение углеродных наноматериалов в объеме бетонной смеси.

Наиболее перспективным направлением получения высокопрочной, коррозионно и термостойкой арматуры для бетона является создание высокомодульной полимерной композиционной арматуры. В международной строительной практике композитная арматура применяется, преимущественно, в виде бандажей и усиливающих лент. Бетоны, армированные ламинированными композитными арматурными стержнями, в меньшей степени подвергаются кислотной и биологической коррозии.

Разработана нанокompозитная арматура, получаемая из композитного стержня с намотанной углеродной лентой – препрегом, пропитанной связующим. Поверхность углеродных волокон и сама полимерная матрица внешней оболочки легированы углеродными наночастицами фуллероидного типа. Регулируя число слоев конструкционного углепластика и углы намотки, можно управлять физико-механическими показателями нанокompозитной арматуры и коэффициентами термического расширения, получая их характеристики в задаваемых диапазонах значений [2].

Особо следует выделить перспективы совместного использования нескольких нанотехнологий, например: использование эффективных наномодификаторов + активирование воды; применение высокодисперсных исходных материалов + применение дисперсной арматуры.

Следует отметить перспективы внедрения цементных бетонов, изготовленных с использованием наночастиц и нанотехнологий.

В России разработан и широко применяется в мостостроении бетон легкий наноструктурированный (БЛН) параметры которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры бетона легкого наноструктурированного

№ п/п	Свойства	Числовые значения
1	Прочность на сжатие	не менее 45-55МПа
2	Прочность на растяжение при изгибе	не менее 6-8 МПа
3	Водонепроницаемость	W20
4	Морозостойкость	F350
5	Удобоукладываемость	П4-П5
6	Плотность	1500-1600 кг/м ³

При использовании БЛН достигается ряд преимуществ:

- снижает вес и повышается несущая способность отдельных конструкций, вследствие чего уменьшается сечение стальных армирующих элементов и объемы укладки бетона не менее, чем на 30%.

- изменяется система армирования и уменьшается количество потребляемой арматуры.

- уменьшается нагрузка на грунт от сооружения в целом, вследствие чего упрощается конструкции фундаментов и более, чем вдвое, снижается объемы работ нулевого цикла.

- из конструкции сооружения исключается специальная и общая гидроизоляция.

- не менее чем на 30% удешевляются и ускоряются работы по строительству высотных монолитных железобетонных конструкций.

- повышается пожарная безопасность зданий и сооружений.

- снижаются затраты на элементы опалубки за счет уменьшения ее толщины и веса и увеличения эксплуатационного ресурса [5].

Выводы. Будущее строительного материаловедения во многом связано с применением нанотехнологических подходов. Учитывая вышеизложенное, приобретают особое значение работы, связанные с разработкой новых и усовершенствованием известных нанотехнологий в сфере строительства. Разработанные, на данное время, инновационные нанотехнологии в производстве строительных материалов, позволяют объективно оценить целесообразность их использования для повышения функциональных свойств как строительных материалов так и изделий из них.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mann S. Nanotechnology and Construction // Nanoforum.org. European Nanotechnology Gateway. 2006.
2. Электронный ресурс. - Режим доступа: <http://nanobuild.ru>
3. Электронный ресурс. - Режим доступа: <https://stroi.mos.ru/nanobeton-v-dorozhnoe-stroitelstvo> России / Беккер А.Т., Макарова Н.В. // Вестник Дальневосточного государственного технического университета. - 2010. - № 1 (3). - С. 30-44
4. Электронный ресурс. - Режим доступа: <http://www.ntsrl.info/nanoworld>
5. Пономарев А.Н. Нанобетон – концепция и проблемы // Строительные материалы, №7, 2007. С.2-4.