

УДК 691.553.2

Крюков А.Ю., Шумянцев А.В., Потапова К.А., Морозов А.Н., Десятов А.В.

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОЧНОСТЬ КОМПОЗИТА «ГИПС+УНТ»

Крюков Александр Юрьевич, к.х.н., доцент кафедры физической химии РХТУ им. Д.И. Менделеева
e-mail: akryukov@muctr.ru

Шумянцев Алексей Викторович, к.х.н., научный сотрудник кафедры физической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Потапова Ксения Алексеевна, аспирант кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов РХТУ им. Менделеева, Россия

Морозов Александр Николаевич, к.х.н., старший преподаватель кафедры ТНВиЭП РХТУ им. Д.И. Менделеева

Десятов Андрей Викторович, д.т.н., профессор кафедры промышленной экологии РХТУ им. Д.И. Менделеева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», Россия, Москва
125047, г. Москва, Миусская площадь, д.9

В данной статье рассматривается влияние методов диспергирования углеродных нанотрубок на прочность на сжатие композитов «гипс – углеродные нанотрубки». Показано, что окислительная функционализация является более предпочтительным методом диспергирования, по сравнению с диспергированием в присутствии ПАВ.

Ключевые слова: гипс, углеродные нанотрубки, прочность на сжатие.

THE INFLUENCE OF CARBON NANOTUBES DISPERGATION METHOD ON THE STRENGTH OF THE COMPOSITE «GYPSUM - CNT»

Kryukov A.Yu., Shumyantsev A.V.*, Potapova K.A., Morozov A.N., Desyatov A.V.

D. Medeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

*Moscow State University, Moscow, Russia.

Influence of carbon nanotubes dispergation method on the strength of “gypsum - carbon nanotubes” composites is studied. It has been shown that oxidative functionalization is the preferred method of dispersing, compared to dispersing in the presence of PAVs.

Keywords: gypsum castings, carbon nanotubes, compressive strength.

Производство эффективных строительных материалов и качественное выполнение ряда строительных работ с их использованием является важной задачей промышленности строительных материалов и строительного комплекса страны.

Гипсовые материалы и изделия из него характеризуются высокими показателями свойств – легкость, малые тепло- и звукопроводность, огнестойкость, декоративность и эстетичность [1, 2].

Однако они имеют ряд недостатков, сдерживающих их развитие – невысокие физико-механические характеристики и малая долговечность, проявляющаяся в ползучести конструкций при их увлажнении. Широкое применение гипсовых материалов и изделий сдерживается, в том числе, из-за недостаточной изученности свойств и потенциальных возможностей улучшения гипсовых и особенно ангидритовых вяжущих, а также промышленных технологий и оборудования для изготовления эффективных материалов и изделий [3].

Решение проблемы повышения физико-технических свойств гипсовых материалов и изделий

может быть осуществлено созданием кристаллогидратных новообразований повышенной плотности и прочности за счет использования различных наномодификаторов. К их числу можно отнести углеродные нанотрубки (УНТ) [4]. Особенно это актуально для низкосортных малопрочных материалов – модифицирующие добавки, пусть даже и не дешёвые, внесённые в незначительном количестве, существенно увеличили бы прочностные свойства строительных изделий [5].

Как известно углеродные нанотрубки представляют собой агломераты, размер которых может достигать сотен микрон. Использование их в таком виде бесполезно и не позволяет использовать армирующие свойства углеродных нанотрубок, связанные с большим соотношением между длиной и диаметром. Существует два основных способа разделения агломератов УНТ (диспергирования) на отдельные составляющие: использование ПАВ и окислительная функционализация.

Цель работы заключалась в сравнении влияния методов диспергирования УНТ в водном растворе на

прочность композита «Гипс – углеродные нанотрубки».

Экспериментальная часть

Углеродные нанотрубки, использованные в качестве наномодификатора, были синтезированы компанией ООО «Глобал СО» из метана на гетерогенном CoMo/MgO катализаторе методом CVD, подробно описанном в [6]. В таблице 1 представлены основные свойства синтезированных УНТ.

Таблица 1. Основные свойства углеродных нанотрубок (ООО «Глобал СО»)

Параметр	Значение
Удельная поверхность (по БЭТ), м ² /г	730
Истинная плотность, г/см ³	2,01
Насыпной вес, г/см ³	0,21
Средняя длина, мкм	5-20
Средний диаметр, нм	5-15
Содержание углерода, мас.%	более 97
Остаточная зольность, мас.%	менее 1

На рисунке 1 представлены микрофотографии СЭМ использованных углеродных нанотрубок.

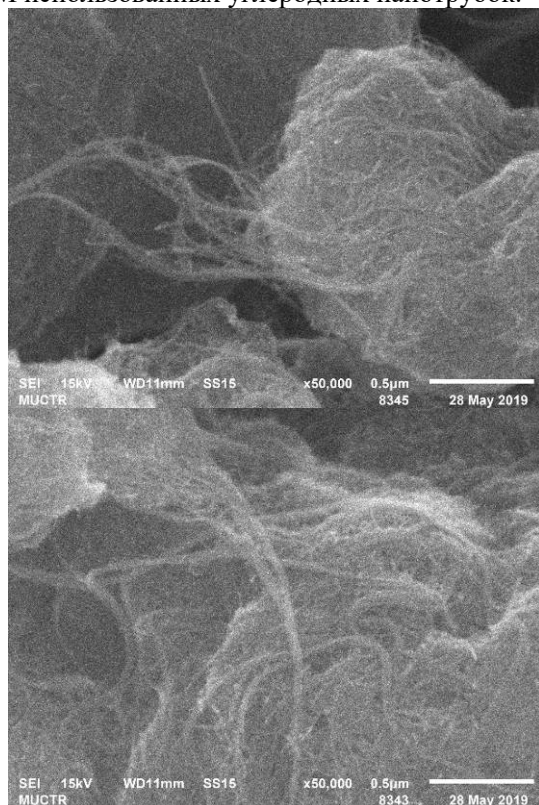


Рисунок 1. Микрофотографии СЭМ УНТ (ООО «Глобал СО»)

Стабильные водные суспензии УНТ для равномерного распределения наномодификатора в гипсовой матрице получали двумя методами:

1) углеродные нанотрубки функционализировали смесью концентрированных серной и азотной кислот (соотношение кислот 1:1) при температуре 100°C в течение 30 мин. После окисления УНТ отделяли от кислот на вакуумном фильтре и промывали

деионизованной водой до нейтральной реакции фильтрата.

2) углеродные нанотрубки стабилизировали с помощью ПАВ. В качестве ПАВ использовали Тритон Х100. Конечная концентрация УНТ в дисперсии – 20 г/л, ПАВ – 20 г/л. После смешения компонентов дисперсию подвергали ультразвуковой обработке в течение 1 часа. Перед использованием дисперсии для изготовления гипсовых образцов ее разбавляли до нужной концентрации.

За основу методики изготовления и испытания образцов был взят ГОСТ 125-79 (2018) «Вяжущие гипсовые Технические условия» и ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний».

Изготовление гипсовых образцов.

1. В пластмассовой ёмкости с помощью проволочной мешалки путём интенсивного перемешивания в течение 60 сек готовили суспензию порошка гипса (130 г) и определённого в предварительных опытах количества воды (80 мл).

2. Полученной суспензией заполнялись формочки с внутренним диаметром 27 мм и высотой 50 мм, установленные на гладкую стеклянную пластину.

3. По истечении приблизительно 1 часа отверждения выступающие излишки гипсовой массы удалялись острым ножом. Особое внимание уделялось обеспечению параллельности торцевых поверхностей цилиндрического образца.

4. Определение прочности на сжатие гипсовых образцов (рисунок 2) проводилось на испытательной машине ТТМ-5 («Trilogica GmbH», Германия) спустя 2 часа после затворения гипса при скорости перемещения сжимающей пластины испытательной машины – 1 мм/мин.



Рисунок 2. Общий вид образцов для испытания на сжатие.

Результаты исследований и их обсуждение

В таблице 2 приведены результаты измерения предела прочности на сжатие цилиндрических гипсовых образцов различного состава.

Таблица 2. Результаты измерения предела прочности на сжатие гипсовых образцов различного состава.

№ п.п.	Состав образца	Предел прочности на сжатие (ППС), МПа
1.	«Гипс-5 Б П»	5,4
	«Гипс-5 Б П» + сухие УНТ 0,01%	4,6
2.	«Гипс-5 Б П» + ПАВ 0,005%	4,0
3.	«Гипс-5 Б П» + ПАВ 0,01%	4,9
4.	Гипс-5 Б П» + ПАВ 0,005% + УНТ 0,005%	5,3
5.	Гипс-5 Б П» + ПАВ 0,01% + УНТ 0,01%	3,4
7.	«Гипс-5 Б П» + ф-УНТ 0,01 %	6,7

Как следует из данных, представленных в таблице 2 введение в гипсовую матрицу сухих агломерированных углеродных нанотрубок привело к небольшому снижению прочности за счет появления дополнительных центров разрушения. Аналогичных результат был получен при добавлении чистого ПАВ к гипсу, причем, при увеличении количества ПАВ наблюдалось увеличение прочности. Возможно это связано с некоторой задержкой в удалении излишней воды из массы твердеющей гипсовой отливки при добавлении ПАВ.

В том случае, когда в растворе затворения присутствуют углеродные нанотрубки, при большей концентрации ПАВ наблюдается существенное уменьшение прочности гипсового образца, обусловленное образованием менее прочной пористой структуры, так как при изготовлении этих

образцов наблюдалось дополнительное пенообразование. Дополнительным негативным фактором может быть абсорбция ПАВ углеродными нанотрубками, в результате чего они теряют способность становиться дополнительными центрами кристаллизации, упрочняющими твердеющую гипсовую массу. При введении в структуру гипсовой матрицы функционализированных углеродных нанотрубок привело к увеличению прочности на 25%, что свидетельствует о том, что использование этого метода диспергирования углеродных нанотрубок является предпочтительным, по сравнению с методом диспергирования с применением ПАВ, для увеличения прочности гипса.

Список литературы

1. Петропавловская В.Б., Бурьянов А.Ф., Новиченкова. Т.Б. Малоэнергоёмкие гипсовые материалы и изделия на основе отходов промышленности // Строительные материалы. – 2006. – №7. – С. 8-9.
2. Бурьянов А.Ф. Гипс, его исследование и применение от П.П. Будникова до наших дней // Строительные материалы. – 2005. – №9. – С. 40-43.
3. Яковлев Г.И. и др. Магнезиальное вяжущее, модифицированное ангидритом // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2006. – №3. – С. 34-35.
4. Яковлев Г.И. и др. Модификация ангидритовых композиций многослойными углеродными нанотрубками // Строительные материалы. – 2010. – №7. – С. 25-27.
5. Яковлев Г.И. и др. Газобетон на основе фторангидрита, модифицированный углеродными наноструктурами // Строительные материалы. – 2008. – №3. – С. 70-72
6. Davydov S.Yu., Kryukov A.Yu., Izvolskii I.M., Rakov E.G. Preparation of carbon nanomaterials through CH₄ pyrolysis on (Co + Mo)/MgO catalysts with different metal contents. Inorganic Materials. – 2013. – V.49. – P. 252-256.