

ДИСПЕРГИРОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БАЗАЛЬТОВОЙ МИКРОФИБРЫ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ

Белова Т.К., Гурьева В.А., Сулейманов Р.Д.
ФГБОУ ВПО ОГУ, г. Оренбург

Дисперсно армированные бетоны и растворы являются перспективным композиционным материалом в строительном материаловедении [1]. В связи с развитием нанотехнологий в последнее время нашли применение армирующие микроволокна, модифицированные углеродным наномодификатором. Такие микроволокна, попадая в цементную матрицу, являются центрами новообразований цементного камня, упрочняющих его структуру [2].

Исходя из анализа литературных данных [3] и проведенных предварительных исследований [4] установлено, что модифицированное армирующее микроволокно неравномерно распределяется в цементно-песчаной смеси, образуя трудноразделимые комки-гранулы, размер которых составляет 4 - 5 мм. Проведенные исследования указали на то, для дезинтеграции скоплений микроволокон и равномерного их распределения в растворной смеси требуются специальные технологии диспергирования. Это обеспечит наибольшую однородность распределения такой микрофибры в растворной смеси и значительно повысит физико-механические показатели затвердевшего цементного раствора.

Наиболее оптимальными способами диспергирования твердых веществ в жидкой среде являются методы ультразвукового воздействия на обрабатываемую жидкость и методы механического измельчения системы. Поэтому в дальнейших исследованиях рассматривалось влияние указанных методов на эффективность диспергирования микроволокон в водной среде.

Для этой цели был проведен эксперимент, в котором исследовались различные методы диспергирования модифицированных армирующих микроволокон в суспензии воды и суперпластификатора. В последующем полученная суспензия применялась для приготовления дисперсно армированных цементных растворов.

В качестве материалов для приготовления дисперсно армированных растворов применялись: портландцемент ПЦ 500-Д0 производства г. Новотроицк, «Южно-уральская Горно-перерабатывающая Компания», песок Архиповского месторождения Оренбургской области, истинная плотность $\rho_{и.п.} = 2,69 \text{ г/см}^3$; насыпная плотность $\rho_{н.п.} = 1,26 \text{ г/см}^3$, модуль крупности $M_k = 2,2$. Для уменьшения водоцементного отношения и увеличения подвижности растворной смеси применялся суперпластификатор на поликарбоксилатной основе «Штайнберг GROS-63МС» по ТУ 5745-008-69867132-2011 компании ООО «Штайнберг Хеми-Челябинск». В роли модифицированного микроволокна использована модифицированная базальтовая микрофибра (МБМ) производства ООО «НТЦ прикладных нанотехнологий» длиной 100-500 мкм и диаметром 8-10 мкм. Указанная микрофибра модифицирована

углеродным наномодификатором фуллероидного типа по ТУ 2166-001-13800624-2003.

Для исследования метода ультразвукового диспергирования модифицированной микрофибры в жидкой среде применялся ультразвуковой диспергатор УЗД2-0,1/22 производства ООО «Ультразвуковые ванны и диспергаторы»

г. Санкт-Петербург с выходной мощностью 100 Вт и рабочей частотой 22 кГц (рисунок 1).



Рисунок 1 – лабораторный ультразвуковой диспергатор УЗД 2-0.1/22

Лабораторная установка для ультразвукового диспергирования состоит из ультразвукового генератора УЗГ13-0,1/22 и ультразвуковой стержневой пьезокерамической колебательной системы ПП1-0,063/22. Ультразвуковой генератор преобразует электрическую энергию в энергию ультразвуковой частоты. Колебательная система преобразует энергию ультразвука в механическую, излучающий волновод, в свою очередь, передает ее в жидкость, вызывая в ней кавитационный процесс.

Диспергирование системы методом механического измельчения выполнялось с помощью роторного диспергатора погружного типа ИКА Т 65 D ULTRA-TURRAX производства ООО «ФАРМКОНТРАКТ» г. Истра (рисунок 2).



Рисунок 2 – роторный диспергатор ИКА Т 65 D ULTRA-TURRAX

Технология перемешивания данным типом диспергатора обусловлена тем, что смешиваемые материалы проходят через рабочую головку диспергирующего элемента. Лезвия ротора вращаются на высокой скорости, тем самым поднимая со дна емкости жидкость и мироволокна, и засасывая их в центр головки. После чего волокна расщепляются в зазоре между концами лезвий ротора и стенкой статора. Затем материал проходит дополнительное измельчение через отверстия в статоре и направляется с большой скоростью к стенкам емкости. В то же время необработанный материал со дна емкости беспрерывно засасывается в головку. Таким образом обеспечивается постоянный цикл смешивания.

Диспергирование модифицированной базальтовой микрофибры указанными методами осуществлялось в суспензии воды затворения и суперпластификатора. Объем обрабатываемой суспензии в обоих случаях составил 1 л. Содержание МБМ в обрабатываемой суспензии составило 4 % при обработке ее ультразвуковым диспергатором и 10 % в случае обработки ее ротором высокоскоростного диспергатора. Это связано с тем, что эффективность кавитационного процесса в жидкости напрямую зависит от вязкости системы, поэтому ультразвуковая обработка эффективна в системах с малым объемным содержанием твердых веществ [5]. При механическом же воздействии ротора погружного диспергатора, твердые частицы должны взаимодействовать между собой для наиболее эффективного процесса измельчения, поэтому концентрация микроволокон в данном случае увеличена.

Содержание МБМ в растворной смеси увеличивали постепенно с шагом 0,2 % по массе цемента (таблица 1). Соотношение цемента к песку и водоцементное отношение во всех составах принято постоянным.

Исходные материалы (вода затворения, суперпластификатор, МБМ) помещались в мерную емкость, после чего приступали к диспергированию указанных материалов рассматриваемыми методами. В процессе диспергирования вели наблюдения за наличием в обрабатываемой жидкости скоплений микроволокон. Для этого в интервале 5 минут брали пробу материала и на просвет через предметное стекло оценивали наличие нераспавшихся пучков волокон. Обработку жидкости прекращали в тот момент, когда визуально отсутствовали скопления армирующих микроволокон. Полученные данные наблюдений фиксировали в журнале.

Далее полученную суспензию вводили к перемешанным сухим компонентам растворной смеси (цемент и песок), и перемешивание продолжалось механическим методом в течении 1 мин. Из полученной растворной смеси изготавливали по 3 серии образцов (3 образца в серии) призматического сечения размером 40x40x160 мм. Косвенным методом оценки степени диспергирования и равномерности распределения армирующих микроволокон в смеси послужила оценка величины прочности при изгибе полученных образцов в возрасте 28 суток (рисунок 3).

Время обработки суспензии ультразвуковым диспергатором составило 30 минут, по истечении данного периода времени визуально не наблюдалось скопления микроволокон. Время диспергирования системы ротором

высокоскоростного диспергатора составило 10 минут при скорости вращения ротора 10 000 об/мин.

Таблица 1 – Составы растворных смесей

№ состава	Ц, части	П, части	В/Ц	Суперпластификатор, % от массы вяжущего	МБМ, % от массы вяжущего
1	1	3	0,42	1	0
2	1	3	0,42	1	0,2
3	1	3	0,42	1	0,4
4	1	3	0,42	1	0,6
5	1	3	0,42	1	0,8
6	1	3	0,42	1	1
7	1	3	0,42	1	1,2

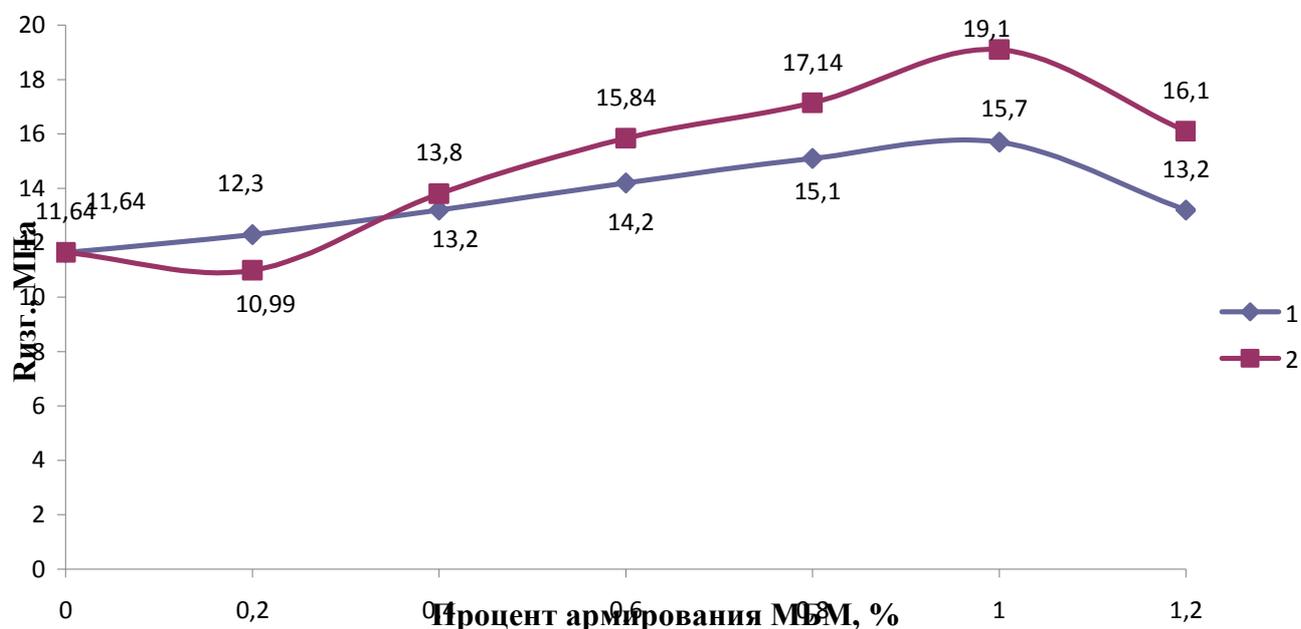


Рисунок 3 – Результаты испытаний по определению предела прочности на изгиб цементных растворов, приготовленных различными способами
1 – метод ультразвукового диспергирования; 2 – метод механического «измельчения»

Анализируя результаты испытаний цементных образцов на прочность при изгибе (рисунок 3), а также время, затраченное на обработку суспензии, можно сделать вывод о том, что диспергирование МБМ роторным диспергатором является наиболее эффективным методом по сравнению с ультразвуковым. Максимальное увеличение прочности составило 64,1 % в составах с содержанием волокон 1 % по массе цемента по сравнению с контрольными образцами без содержания армирующих микроволокон. Максимальный прирост прочности образцов, приготовленных с применением суспензий, обработанных ультразвуком, составил 34,9 % по сравнению с контрольными

образцами. В обоих случаях при вводе МБМ в количестве 1,2 % по массе цемента в смесь наблюдается снижение прочностных характеристик затвердевшего камня. Это может быть вызвано недостаточной дезинтеграцией скоплений волокон в растворной смеси и как следствие негативным влиянием излишних примесей в структуре композита.

Таким образом, наиболее эффективным методом диспергирования модифицированной базальтовой микрофибры в жидкой среде является метод диспергирования системы высокоскоростным роторным диспергатором погружного типа. Применение суспензий, полученных данным способом обработки, в приготовлении цементных растворов позволило получить образцы с повышенной прочностью при изгибе.

Список литературы

- 1. Рабинович, Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф.Н. Рабинович. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 642 с. – ISBN 978-5-93093-854-8.*
- 2. Пономарев, А.Н. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов нанотехнологии / А.Н. Пономарев // Инженерно-строительный журнал. – 2009. - № 6. – С. 25-33.*
- 3. Сарайкина К.А. Наноструктурирование цементного камня при дисперсном армировании базальтовым волокном / К.А. Сарайкина, В.А. Голубев, Г.И. Яковлев, С.А. Сеньков, А.И. Политаева // Строительные материалы. - 2015. № 2. - С. 34-38.*
- 4. Белова, Т.К., Гурьева, В.А., Турчанинов, В.И. Исследование влияния дисперсного армирования модифицированным базальтовым микроволокном на прочностные свойства цементного раствора / Т.К. Белова, В.А. Гурьева, В.И. Турчанинов // Инженерный вестник Дона. – 2015. - № 2. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2015/2883>. - 28.11.2015.*
- 5. Пудов, И.А. Наномодификация портландцемента водными дисперсиями углеродных нанотрубок.: дис. канд. техн. наук / И.А. Пудов – Казань: 2013 – 185 с.*