

## **УЛЬТРАЗВУКОВАЯ МЕХАНОАКТИВАЦИЯ ШУНГИТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ**

<sup>1,2</sup>Рубаник В.В., <sup>1,2</sup>Рубаник В.В. мл., <sup>1,2</sup>Шилин А.Д., <sup>3</sup>Белоус Н.Х., <sup>3</sup>Родцевич С.П.,  
<sup>4</sup>Шилина М.В., <sup>5</sup>Волочко А.Т.

<sup>1</sup>ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск, Беларусь

<sup>2</sup>УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск, Беларусь

<sup>3</sup>Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

<sup>4</sup>УО «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова», г. Витебск, Беларусь

<sup>5</sup>ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь

Одним из способов увеличения производства и снижения себестоимости строительных бетонов является использование природных сырьевых материалов в качестве модификаторов. Известно, что потенциальные возможности портландцемента и его разновидностей, оцениваемые по прочности цементного камня при сжатии в пределах 150 - 200 МПа, на практике реализуются на уровне не более 50% [1].

В строительстве в больших объемах используют мелкозернистые бетоны, получение которых вследствие повышенной суммарной удельной поверхности заполнителей увеличивает водопотребность, а, следовательно, и расход цемента для обеспечения нужной консистенции [2]. Это несколько увеличивает усадочные деформации, ползучесть и деформативность [3]. Мелкозернистый бетон имеет пониженную по сравнению с обычным бетоном прочность при сжатии, низкую морозостойкость и худшее сцепление с арматурой [4]. В некоторых случаях [5] при использовании промышленных отходов и нетрадиционного сырья особенно эффективны добавки пластификаторов, что позволяет направленно регулировать основные физико-технические параметры бетона. Так, применение различных добавок пластификаторов позволяет значительно уменьшить объем межзернового пространства, что уменьшает капиллярную пористость, а следовательно, увеличивает прочность, морозо- и коррозионную стойкость бетона [6]. Наиболее рациональным является использование дешевых природных добавок [7], в частности шунгита. В последнее время развиваются технологии, в которых добавки имеют размеры частиц от 10 нм до 10 мкм (фуллерен, шунгит, углеродные нанотрубки). Применение мелкозернистых и наноразмерных наполнителей и пластификаторов является одним из основных направлений совершенствования строительного бетона. Модифицирование структуры цементного камня с применением различных добавок хорошо изучены, но влияние меры и характера на формирования бетонов с применением мелкозернистых и наноразмерных частиц в настоящее время до конца не исследовано [8].

Применение углеродных наноматериалов (УНМ) для получения бетонов связано с наличием в них свободных химических связей, что обеспечивает хорошее сцепление бетонной смеси и заполнителя, а это повышает прочность материала. Кроме того, добавки выступают в качестве армирующего материала высокой прочности и большим модулем упругости. Недостатком применения УНМ является образования микроскопических гранул, обусловленных наличием сил Ван-дер-Ваальса, связывающих отдельные углеродистые структуры [9], что ухудшает характеристики бетона. Для устранения образования микрогранул необходимо распределить равномерно УНМ в объеме бетонной смеси. Однако дополнительное измельчение цемента до микрочастиц является весьма дорогостоящим и экономически невыгодным.

Одним из методов решения данной задачи может являться: диспергирование добавки УНМ в водной среде ультразвуком; диспергирование добавки УНМ с помощью ультразвука в присутствии поверхностно-активных веществ. Это позволяет получать устойчивые высокодисперсные суспензии. Таким образом, можно ожидать положительные результаты при диспергировании модификатора ультразвуком для образцов мелкозернистого бетона. В работе [8] показано, что наночастицы могут являться наиболее перспективными модификаторами структуры цементного камня и

бетонов на его основе, так как проявляют высокую химическую активность и обеспечивают снижение внутренних напряжений, тем самым повышая прочность и долговечность материала.

Наиболее приемлемыми для модифицирования технологии и свойств строительных композитов оказываются наночастицы и нанопорошки, такие как, например: углеродные нанотрубки; природные фуллерены фуллерены шунгит-шунгитизит, шунгитовый углерод, углеродсодержащие минералы. Из них самым доступным и дешевым модификатором для бетонов является природный минерал шунгит.

Шунгит представляет собой природный композит, состоящий из 26-30 % углерода и 56-60% силикатных частиц, основной из которых является  $\text{SiO}_2$ . Шунгитовый углерод структурируется в глобулы, типа фуллероидов, имеющих фуллереноподобные наночастицы [10].

При получении конструктивной керамики с использованием ультразвуковых колебаний авторами установлено [11], что ультразвуковая механоактивация порошков способствует полиморфным превращениям в синтезируемом материале. Подбирая режимы обработки ультразвуком можно получать материал заданной модификации кристаллической структуры и соответственно направленно регулировать свойства. Это дает основания для применения ультразвуковой механоактивации шунгита с целью получения мелкозернистых бетонов с улучшенными физико-механическими свойствами, способными работать в жестких условиях эксплуатации, в частности набирать дополнительную прочность при нагреве.

Основной задачей является выбор оптимального времени диспергирования УНМ в ультразвуковом поле и определение мощности используемых воздействий.

Шунгит Зажогинского месторождения (Карелия) предварительно измельчался механически с последующим помолом в течение 3 часов в вибромельнице закаленными стальными шарами с добавлением воды. Для исследования влияния ультразвуковых колебаний на порошок шунгита он обрабатывался в акустическом поле при нормальном атмосферном давлении с использованием генератора ультразвуковых колебаний мощностью 4кВт. Время обработки составляло до 30 минут. Схема установки для ультразвуковой обработки порошка показана на рисунке 1, микроструктура полученных частиц - на рисунке 2.

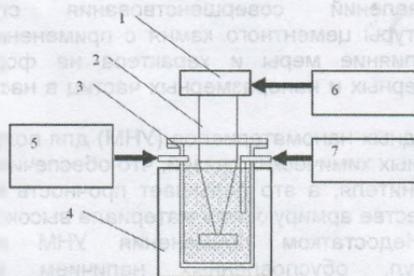


Рисунок 1 – Схема установки для ультразвуковой механоактивации порошка  
1 - магнитострикционный преобразователь; 2 – волновод; 3 - сосуд; 4 - термостат;  
5 – компрессор; 6 – ультразвуковой генератор; 7 – кавитометр

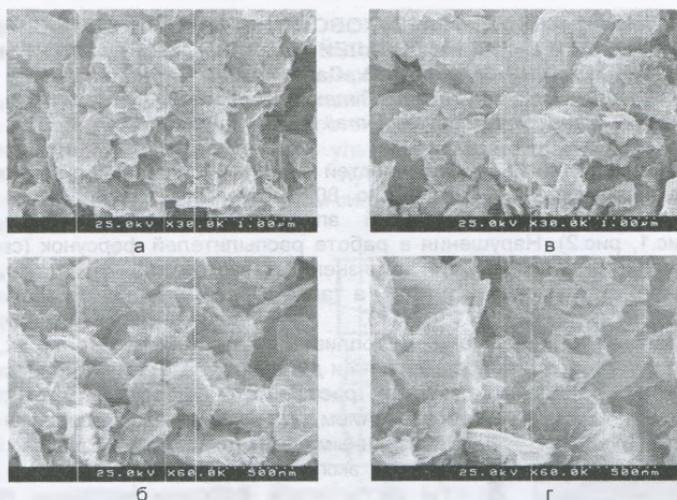


Рисунок 2 – Микроструктура порошка шунгита: а, б – исходный порошок, в, г – порошок после ультразвуковой механоактивации

Таким образом, воздействие ультразвуковых колебаний на порошок шунгита приводит к его измельчению и разрушению агломератов и конгломератов и может быть использовано в качестве модификатора при получении мелкозернистых бетонов.

#### Список литературы:

1. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. – Уфа, ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002. – 376 с.
2. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Наномодифицированный мелкозернистый бетон // Вестник МГСУ. 2009. Спецвып. – № 3. – С. 84–90.
3. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г., Фокин Д.Е. Исследование мелкозернистого бетона, модифицированного наноструктурной добавкой // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 4. – С. 6–11.
4. Чан Минь Дык, Сахаров Г.П. Усадка и ползучесть мелкозернистого бетона из экструдированных смесей // Вестник МГСУ. – 2009. Спецвып. – № 1. – С. 384–390.
5. Баженова С.И., Алимов Л.А. Высококачественные бетоны с использованием отходов промышленности // Вестник МГСУ. – 2010. – № 1. – С. 226–231.
6. Толыпина Н.М., Рахимбаев Ш.М., Карлачёва Е.Н. Об эффективности действия суперпластификаторов в мелкозернистых бетонах в зависимости от вида мелкого заполнителя // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 3. – С. 66–74.
7. Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Костюченко Г.В. К вопросу о повышении свойств мелкозернистого бетона микро- и нанодисперсными добавками на основе шунгита // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 2. – С. 22–27.
8. Артамонова, О.В. Сравнительный анализ эффективности модифицирования структуры высокопрочных бетонов / О.В. Артамонова, Д.Н. Коротких, Е.М. Чернышов // Химия твердого тела и современные микро- и нанотехнологии: сб. материалов VI Междунар. науч. конф. – Кисловодск, 2006. – С. 22–24.
9. Некоторые свойства твердотельных фрактальных структур углеродных нановолокон / И.В. Золотухин, И.М. Голев, А.Е. Маркова и др. // Письма в ЖТФ. – 2006. – Т. 32, Вып. 5. – С. 28–32. Кафедра «Техника и технологии машиностроительных производств»
10. Ю.К. Калинин, А.И. Калинин, Г.А. Скоробогатов. Шунгиты Карелии. СПб, 2008.
11. Близинок Л.А., Петровиченко Т.П., Клима А.А. и др. Влияние процесса механоактивации на фазообразование в диэлектрическом керамическом материале на основе соединения  $VaAl_2Si_2O_8$  / Шестая международная конференция «Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов» посвященная 90-летию со дня рождения проф. Ю.А. Скакова, 26-28 мая 2015 г. – С. 51.