

Павленко Н. В., канд. техн. наук,
Капуста М. Н., аспирант,
Мирошников Е. В., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ АРМИРОВАНИЯ ЯЧЕСТЫХ БЕТОНОВ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВЯЖУЩЕГО*

mariana_nk@rambler.ru

Установлено, что при получении микроармированных ячеистых композитов на основе наноструктурированного вяжущего кремнеземсодержащего состава целесообразно применять полипропиленовую фибру с длиной волокна 6 мм. В результате армирования значительно снижаются усадочные деформации, наблюдается интенсификация процесса структурообразования.

Ключевые слова: микроармированные ячеистые композиты, наноструктурированное вяжущее, базальтовая фибра, полипропиленовая фибра, усадка, структурообразование.

В современных условиях интенсивного развития малоэтажного и коттеджного строительства ячеистые композиты являются одним из наиболее широко применяемых строительных материалов, в большинстве случаев, основу которых составляет цемент. В связи с высокой энергоемкостью, постоянным ростом цен, негативным влиянием производства цемента на экологию и ужесточением требований к физико-техническим свойствам строительных материалов актуальным является разработка эффективных теплоизоляционных композитов на основе новых безклинкерных вяжущих. К таким материалам можно отнести армированные ячеистые композиты, отличительной особенностью которых является замена цемента на наноструктурированное вяжущее (НВ) негидратационного типа твердения [1–3]. Технология производства вяжущего является экологически чистой, менее энергоёмкой в сравнении с цементной (примерно на 20%) и экономически эффективной (на 40%).

Ранее установлена возможность получения ячеистых бетонов неавтоклавно твердения на основе НВ путём пенообразования с улучшенными технико-экономическими характеристиками при сопоставлении с композитами на цементном вяжущем [4].

При апробации и масштабировании технологии получения пенобетона на основе НВ в условиях Инновационного опытно-промышленного центра наноструктурированных композиционных материалов (ИОПЦ НКМ) установлены некоторые технологические нюансы: при получении крупногабаритных изделий наблюдается увеличение времени набора расклевочной прочности, нарушение четкости геометрических размеров пенобетонных блоков на основе НВ. Ранее при получении ячеистых композитов на основе цементного вяжущего была

установлена возможность улучшения характеристик ячеистого бетона при его армировании волокнистыми добавками [5]. Поэтому актуальным является применение микроармирования ячеистых композитов на основе НВ, что позволяет интенсифицировать процессы структурообразования при масштабировании технологии.

Микроармирование пенобетона реализовано за счет использования минерального и органического волокна. В зависимости от диаметра различают следующие виды волокна, состоящие из коротких отрезков одиночных волокон, мкм: микроволокно – 0,5; ультратонкое – 0,05–1,0; супертонкое – 1–3; тонкое – 3–11; утолщенное – 11–20; грубое волокно – 20 [6].

Дисперсные волокна являются важным структурообразующим компонентом в пенобетонных смесях. Основными параметрами фиброволокна являются вещественная природа, поперечное сечение и длина, удлинение при разрыве и др. Характеристики фибры, её концентрация в ячеистых системах определяют следующие свойства композитов:

- стойкость минерализованной пены и соответственно плотность ячеистых композитов;
- меру дефектности межпоровых перегородок и, как следствие, прочностные свойства пенобетона [7].

При выборе фибры нужно руководствоваться не только её свойствами, но и видом матричной системы, их взаимодействием, длиной и диаметром волокон.

Для получения микроармированных ячеистых композитов на основе НВ были использованы два вида фиброволокон: базальтовые и полипропиленовые с различной длиной волокна (6 и 12 мм). Наиболее равномерное распределение фиброволокна в системе пеномассы достигается при его введении на стадии активации водных растворов пенообразователей.

Базальтовое волокно – это волокно, исходным материалом для получения которого служат горные породы – базальты, представляющие собой мелкозернистые эффузивные породы вулканического происхождения. При выполнении работы использовали базальтовую фибру, полученную центральным диспергированием, с содержанием SiO_2 49 %, диаметр волокна 3–5 мкм. Полипропиленовая фибра, полученная путем экструзии, представляет собой синтетический полимер, обладающий водостойкостью, теплоустойкостью, высокой стойкостью к химическому воздействию, имеет диаметр 5–10 мкм.

Фибра выполняет роль микроармирующего компонента, модифицирующего структуру ячеистых строительных композитов на микроуровне. За счет химического и физико-механического взаимодействий фибра быстро и гомогенно распределяется по всему объему смеси. Благодаря этому создается объемно-пространственное армирование, препятствующее образованию и развитию внутренних дефектов бетона.

Эффект микроармирования при введении фиброволокна объясним тем, что гибкие волокна, длина которых значительно превышает размеры их поперечного сечения, а также мельчайших частиц вяжущего, способны искривляться под действием поверхностных сил, развивающихся в пенобетонных смесях при перемешивании компонентов. Микроармированные пенобетонные смеси характеризуются повышенной агрегативной устойчивостью и кинетической пластической прочностью. Эти качества предопределяют существенное уменьшение числа дефектов, возникающих в смеси под действием гравитационных сил и коалесценции пенных пленок в период перехода от вязких связей к упругопластическим. На поверхности микроармирующих волокон закономерно формируется структура бетонной смеси, способность которой к накоплению дефектов в виде трещин ограничивается геометрическими параметрами и количеством фибры, соответственно снижается возможность усадки при структурообразовании ячеистых композитов [8].

Изучение микроструктурных особенностей подтверждает выдвинутую гипотезу о положительном влиянии микроармирования на процессы структурообразования ячеистых композитов с применением наноструктурированного вяжущего.

Микроармированные пенобетоны на основе НВ характеризуются ярко выраженной ячеистой структурой (рис. 1) с четкими границами между порами и гладкими стенками пор. Основная масса микроармированного пенобетона сложена

полидисперсным обломочным материалом с высокой степенью плотности упаковки.

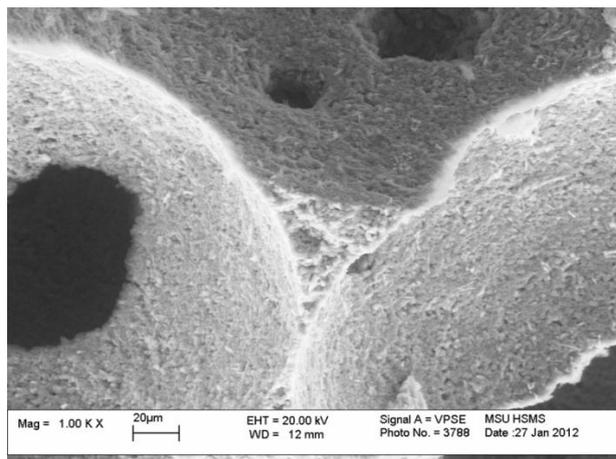


Рис. 1. Микроструктура фибропенобетона

Фиброволокно игольчатого строения выступает в качестве армирующего компонента и позволяет стабилизировать ячеистую структуру, препятствует слиянию пор в горизонтальном направлении, образованию трещин. Четкие границы раздела фиброволокна и общей пеномассы свидетельствуют об отсутствии взаимодействия полипропиленовой фибры с НВ кремнеземсодержащего состава (рис. 2, а, б). За счет использования полипропиленовых волокон достигается уменьшение плотности межпоровой перегородки, при этом снижается давление межпоровой перегородки на внутриспоровое пространство и целостность поры не нарушается (рис. 2, в).

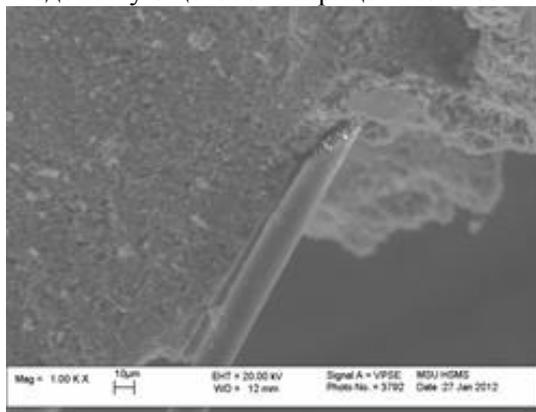
Применение полипропиленового фиброволокна способствует интенсификации процесса структурообразования ячеистых композитов. Полипропиленовая фибра, обладающая эффектом воздухововлечения, приводит к образованию дополнительных каналов в структуре композита, что ускоряет процесс сушки.

Микроармированные пенобетоны на НВ с базальтовым волокном также сложены полидисперсной массой, обладают ячеистой структурой. При анализе микроструктуры прослеживаются отличия структуры композитов с применением базальтового и полипропиленового фиброволокна. На снимках видно, что базальтовая фибра взаимодействует с системой вяжущего в отличие от полипропиленовой (рис. 3).

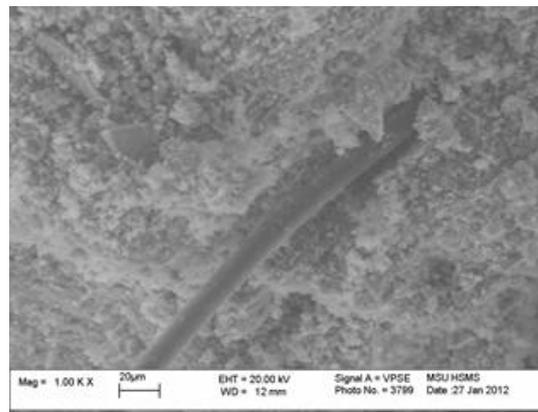
Базальтовая фибра характеризуется большей адгезионной способностью к вяжущему компоненту, тем самым частицы твердой фазы концентрируются на поверхности волокна, при этом толщина межпоровой перегородки уменьшается, и ее прочность ослабевает. На прочностные характеристики ячеистых бетонов наибольшее значение оказывает дефектность межпоровой перегородки, являющейся несущим

компонентом в структуре пенобетона. Соответственно при получении теплоизоляционных микроармированных композитов целесообразным является применение фиброволокна, не взаимодействующего с матрицей композита, а

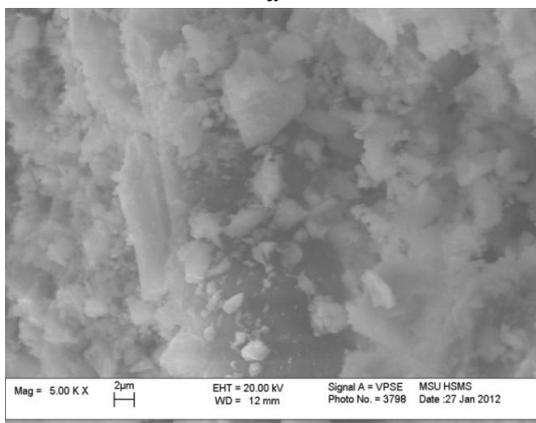
выступающего в качестве направляющих при структурообразовании, что позволит снизить усадочные деформации, интенсифицировать процесс сушки и расформовки композитов.



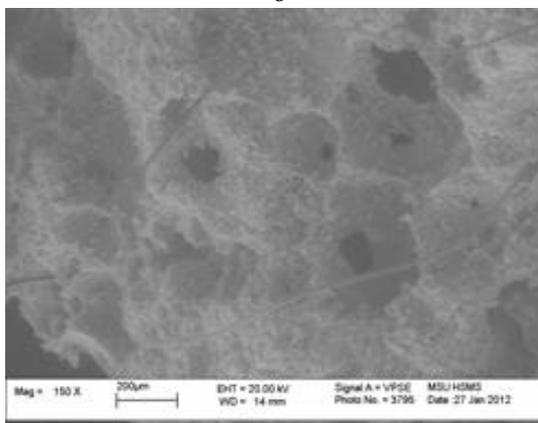
а



б

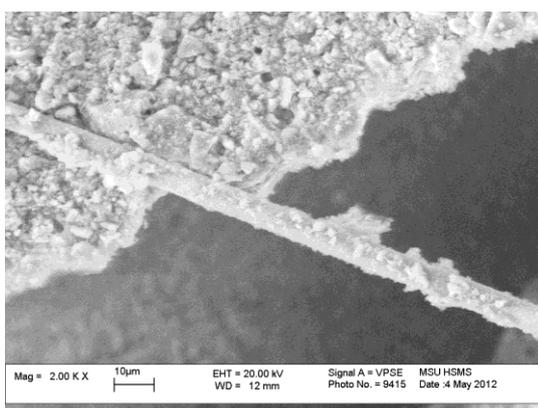


в

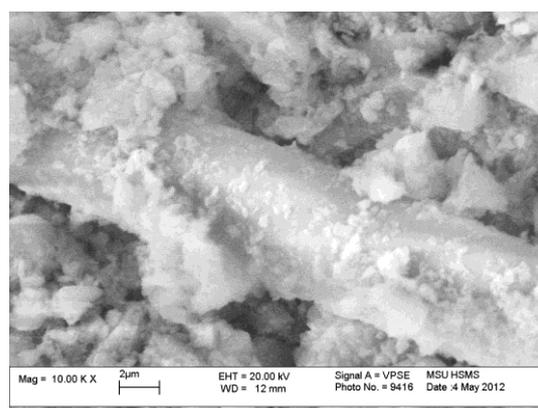


г

Рис. 2. Микроструктура пенобетона на НВ с полипропиленовой фиброй



а



б

Рис. 3. Микроструктура пенобетона на НВ с базальтовой фиброй

Микроармирование ячеистых композитов на основе НВ за счет введения фиброволокон позволяет снизить усадочные деформации, интенсифицировать процесс сушки, облегчить процесс расформовки изделий, за счет этого повышается качество поверхности изделий.

**Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: государственный контракт 16.740.11.0770; соглашение 14.B37.21.0930; государственное задание 3.4601.2011; РФФИ; договор № 12-08-87603.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаповалов, Н.А. Оптимизация структуры наносистем на примере ВКВС [Текст] / Н.А. Шаповалов, В.В. Строкова, А.В. Череватова // Строительные материалы, 2006, № 9. – С. 16 – 18.
2. Череватова, А.В. Минеральные наноструктурированные вяжущие. Природа, технология и перспективы применения: монография [Текст] / А.В. Череватова, В.В. Строкова, И.В. Жерновский. – Белгород: РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. – 161 с.
3. Строкова, В.В. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего при получении легковесных ячеистых композитов [Текст] / В.В. Строкова, А.В. Череватова, Н.В. Павленко, Е.В. Мирошников, Н.А. Шаповалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 4. – С. 48–51.
4. Павленко, Н.В. Пенобетон на основе наноструктурированного вяжущего [Текст] / Н.В. Павленко, А.В. Череватова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – № 3. – С. 115–119.
5. Меркин, А.П. Новые технологические решения в производстве ячеистых бетонов / А.П. Меркин, М.И. Зейфман. – М: ВНИИЭСМ, 1982.
6. Хархардин, А.Н. Структурная топология дисперсных материалов [Текст] / А. Н. Хархардин. – Белгород: РИЦ БГТУ, 2011. – 288 с.
7. Моргун, Л. В. Эффективность применения фибропенобетона в современном строительстве [Текст] / Л. В. Моргун // Строительные материалы: избранные статьи. – 2002. – С. 16–17.
8. Фадеева, В.С. Формирование структуры пластичных паст строительных материалов при машинной переработке [Текст] / В.С.Фадеева. – М.: Стройиздат, 1972. – 222 с.
9. Моргун, Л.В. Влияние дисперсного армирования на агрегативную устойчивость пенобетонных смесей [Текст] / Л. В. Моргун, В.Н. Моргун // Строительные материалы, 2003, №1. – С.33–35.