

О структуре фибропенобетонов

В.Н. Моргун (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону)

О.В. Пушенко (Ростовский государственный строительный университет, Ростов-на-Дону)

Структура и вещественный состав затвердевшего минерального вяжущего в составе любого бетона определяют его практическую прочность и долговечность. В современном строительстве широко применяют пенобетоны неавтоклавного твердения в качестве стеновых и теплоизоляционных материалов. Известно, что на их структуру и прочность весьма существенное влияние оказывают поверхностно-активные вещества (ПАВ), обеспечивающие воздухововлечение в период смешивания сырьевых компонентов. Важно учитывать, что ПАВ практически не вступают в химическое взаимодействие с минералами цементного камня [1]. По массе молекулы ПАВ в тысячи раз больше молекул гидратных новообразований цементного камня [2] и физически способны связывать значительное количество воды, которая после завершения периода химического взаимодействия с цементом формирует в структуре межпоровых перегородок дополнительную пористость. Кроме ПАВ на формирование макроструктуры пенобетонов активно влияет дисперсная арматура [3].

Поскольку в настоящее время для повышения прочности и трещиностойкости таких бетонов чаще всего применяют стеклянную и синтетическую фибру [4], то нами выполнен петрографический анализ макроструктуры таких разновидностей фибропенобетонов.

Для исследований были отобраны фибропенобетонные изделия двух предприятий г. Ростова-на-Дону. Предприятие №1 армирует пенобетон стеклянными волокнами, №2 – синтетическими. Из блоков были отобраны пробы в виде выпиленных образцов для механических испытаний и кусков бетона с целью установления состава материалов. Куски бетона выбирались из середины блоков, их масса составляла от 190 до 280 граммов, то есть была представительной. Визуально установлено, что в составе материалов присутствуют: гидратированный цемент, песок, прозрачные волокна. С целью установления соотношений между компонентами, полученными в ходе отвердевания бетонов, образцы №1 и №2 были промаркированы. В лаборатории геологии Южного Федерального университета были изготовлены шлифы, отобранные из изделий параллельно и перпендикулярно слоям формования для исследований в проходящем и поляризованном свете. Шлифы фотографировались специализированным цифровым фотоаппаратом «Nicon-420» с помощью микроскопа в прямых и скрещенных николях при увеличении в 40 раз.

На фотографиях, полученных в скрещенных николях, поры и пустоты имеют черный цвет. Серый цвет принадлежит зернам кварца. Синий - слюде. Стекло – прозрачно, а полимерные компоненты представлены скоплением разноцветных вкраплений.

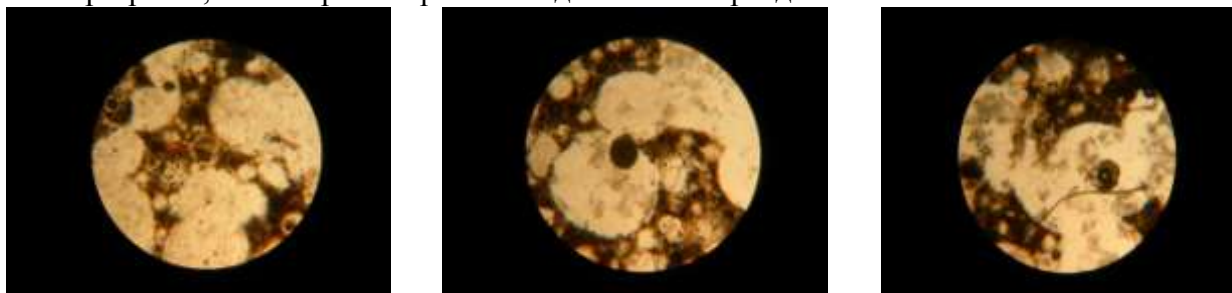
На фото в параллельных николях поры и пустоты имеют белый цвет, зерна слюды – прозрачны. Зерна кварца – прозрачны и обладают положительным рельефом. Цементный камень – серого цвета и характеризуется скрытокристаллической структурой. Полимерные компоненты выглядят червеобразными включениями темно-серого цвета.

На фото 1 представлены микрофотографии пенобетона, дисперсно армированного стеклянными волокнами. Видно, что компоненты затвердевшего бетона представлены в следующих пропорциях:

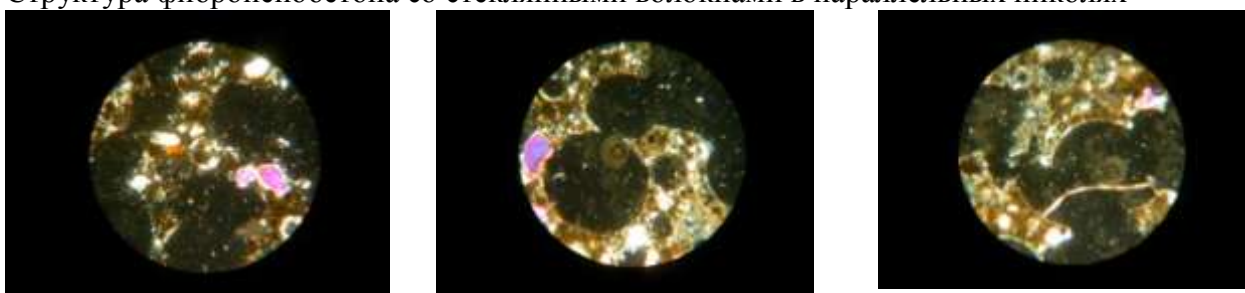
- **кварц** - обломочные частицы размером 0,05...0,10 мм в количестве 10...25 % от площади снимка;
- **слюда** - обломочные частицы размером 0,2...0,3 мм в количестве до 10% от площади снимка;
- **цементному камню** принадлежит 30...40% площади снимков;
- **поры** составляют 30...35% от площади снимков;

- **фибра** - менее 1%.

Макроструктурные особенности пенобетона дисперсно армированного стеклянными волокнами заключаются в том, воздушные поры имеют размер 0,8...1,0 мм и сгруппированы в гроздья, размер которых достигает 3 мм. Внутренняя поверхность пор характеризуется выраженной шероховатостью. Большая часть межпоровых перегородок имеет разрывы, по которым поры и объединяются в гроздья.



Структура фибропенобетона со стеклянными волокнами в параллельных николях



Структура фибропенобетона со стеклянными волокнами в скрещенных николях
Фото 1.

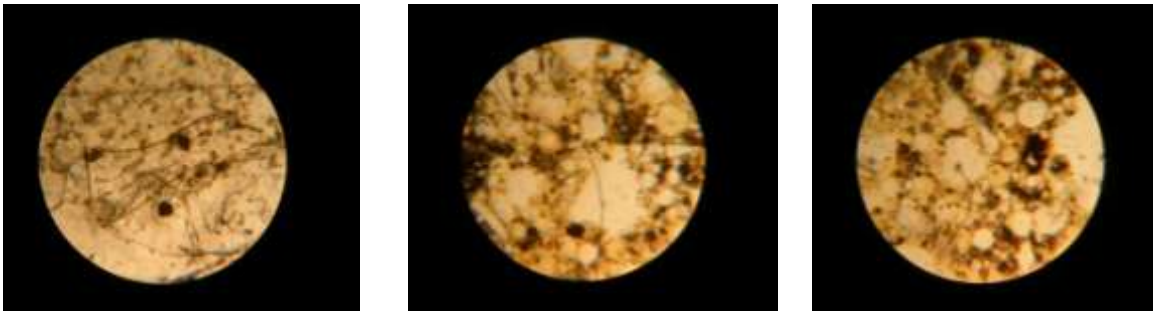
Кварц и слюда заключены в новообразования цементного камня и отдельные частицы заполнителя не соприкасаются друг с другом. Видно, что песок обладает шероховатостью, что свидетельствует о его помоле до применения в качестве заполнителя при изготовлении этого вида пенобетона.

Фибра представлена в виде отдельных волокон, пересекающих поры. Диаметр фибры примерно 0,01 мм (100 мкм) и длинна 2,5...3,0 мм. Концы фибр контактируют с цементным камнем в межпоровых перегородках.

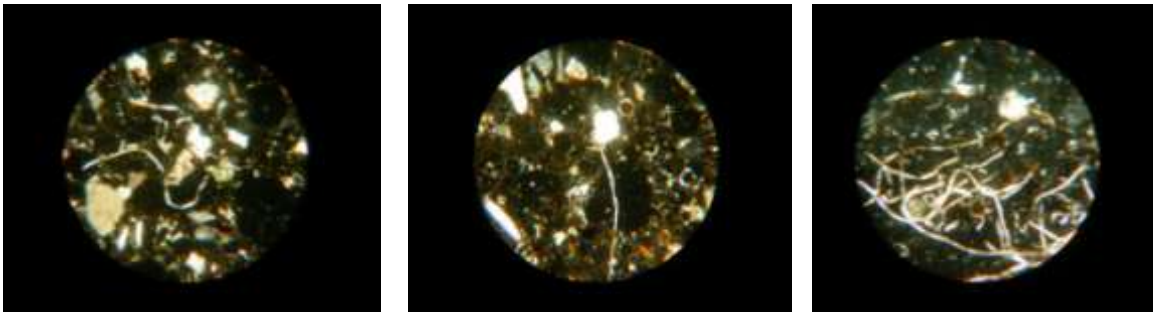
Такая макроструктура формируется в фибропенобетонах в том случае, если фибра не обладает свойством гибкости. Кроме того, в плоскости шлифов имеются следы химического взаимодействия фибры с минералами цементного камня, которые представлены каналами более темной окраски. Эти каналы по размеру и форме близки к фибре, сохранившей свои свойства в том пенобетоне, где не было контакта со щелочью, выделяемой цементным вяжущим при его твердении.

На фото 2 сгруппированы микрофотографии пенобетона, дисперсно армированного синтетическими волокнами. Анализ составляющих материала, показывает, что они представлены в следующих пропорциях:

- **кварц** в виде обломочных частиц неправильной формы размером 0,1...0,25 мм в количестве 20...35 % от площади снимка;
- **слюда** в виде обломочных частиц размером 0,05...0,1 мм в количестве до 2% от площади снимка. Слюда в скрещенных николях полихромна;
- **цементный камень** занимает 25...40% от площади снимков;
- **поры** - 25...35% от площади снимков. Диаметр пор от 0,05 до 0,25 мм. Стенки пор четкие, поры закрытые (индивидуализированные). Форма пор округлая, с гладкой внутренней поверхностью;
- **фибра** представлена спутано-волокнистыми агрегатами криволинейной формы, распределенными по массе цементирующего вещества. Диаметр фибр от 0,01 до 0,015 мм.



Структура фибропенобетона с синтетическими волокнами в параллельных николях



Структура фибропенобетона с синтетическими волокнами в скрещенных николях
Фото 2.

Некоторые фибры огибают поры таким образом, как будто фиксация её расположения в пространстве произошла в период формирования структуры материала. Отмеченная особенность позволяет утверждать, что силы сцепления, развивающиеся в пенобетонных смесях, оказываются достаточными для того, чтобы придать фибре форму, необходимую для армирования межпоровых перегородок.

Макроструктурные особенности фибропенобетона №2 представлены мелкими и преимущественно изолированными друг от друга воздушными порами. Их внутренняя поверхность обладает незначительной шероховатостью. Большинство межпоровых перегородок не имеет разрывов.

Кварц и слюда располагаются внутри цементного камня. Все частицы заполнителя окружены цементными новообразованиями и не соприкасаются друг с другом. Волокна фибры находятся только внутри межпоровых перегородок. В плоскости порового пространства материала фибры не наблюдаются.

Таким образом, экспериментально установлено, что на снимках структуры фибропенобетонов присутствуют все компоненты новообразований, получаемые из исходных сырьевых смесей. Форма и размеры новообразований позволяют утверждать, что:

- стекловолокна не гибки, поэтому в ходе изготовления смесей они разрушают стенки пленок ПАВ, что приводит к объединению отдельных газовых пор в гроздь;
- стеклянная фибра взаимодействует со щелочами цемента, добавляя в структуру межпоровых перегородок каналы капиллярной формы, образующиеся в результате деструкции стекла;
- размеры стеклянной фибры после отвердевания смесей (длина 2,5...3,0 мм) в разы меньше её исходных размеров (длина 20...40 мм). Она при перемешивании компонентов ломается. Армирующие компоненты такой длины не могут существенно улучшать [5] механические свойства пенобетонов;
- синтетическая фибра обладает гибкостью, устойчива к щелочам гидратирующего цементного вяжущего, следовательно, сохраняет исходные свойства в результате приготовления пенобетонной смеси и не способствует разрушению пленок ПАВ, удерживающих газовую фазу внутри неё;

- после отвердевания смеси синтетическая фибра сохраняет форму и размеры, что позволяет предположить улучшение механических свойств пенобетона при воздействии на него растягивающих и изгибающих нагрузок.

Как следует из результатов физико-механических испытаний, представленных в табл. 1, по показателям средней плотности материалы весьма близки друг другу. Однако фибропенобетон с синтетическими волокнами прочнее аналога со стеклянными волокнами:

- по прочности при сжатии на 29 %;
- по прочности на растяжение при изгибе более чем в 2 раза;
- по уровню изменчивости свойств (величин коэффициентов вариации) фибропенобетон с синтетическими волокнами более стабилен.

Результаты прочностных испытаний исследованных бетонов №1 и №2 приведены в табл. 1.

Таблица 1.

№ серии образцов	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность (МПа) коэффициент вариации (%)		Вид материала
		сжатие	растяжение при изгибе	
1-1	583	0,90/14,6	0,30/21,0	Пенобетон дисперсно армированный стекло-волокном
1-2	592	0,98/14,1	0,35/20,6	
1-3	601	1,01/12,8	0,32/19,7	
2-1	549	1,14/9,4	0,66/10,4	Пенобетон дисперсно армированный синтетическим волокном
2-2	544	1,12/8,8	0,73/11,0	
2-3	556	1,18/9,2	0,80/10,3	

Обобщая изложенное, можно заключить, что различия в прочности предопределены различиями в структуре исследованных материалов и обусловлены влиянием вещественной природы армирующих волокон.

Литература:

1. Управление процессами технологии, структурой и свойствами бетонов/Под ред. Е.М.Чернышева, Е.И.Шмитько: Воронеж ГАСУ, 2002.- 344 с.
2. Шахова Л.Д., Балясников В.В. Пенообразователи для ячеистых бетонов. Белгород, 2002.- 147 с.
3. Моргун Л.В. К вопросу о закономерностях формирования структуры бетонов при дисперсном армировании их волокнами//Известия ВУЗов. Строительство, 2003, №8. – С.56...59.
4. Фибробетон – перспективный строительный материал XXI века. - www.stoborud.ru
5. Моргун Л.В. Стереология фибропенобетона/ Известия РГСУ, 1999, №4,с.97...101.