

УДК 666.971.24

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА (ФИБРОБЕТОНА).

к.т.н., доцент Мосьян В.И.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

Композиционные материалы – это системы, составляемые из различных материалов с целью получения улучшенных эксплуатационных свойств по сравнению со свойствами отдельных материалов. Общим признаком композиционных материалов является наличие границы раздела между отдельными компонентами.

Небольшие отрезки тонких металлических, синтетических, древесных волокон для армирования бетона получили название «фибра», а дисперсно-армированный такими волокнами бетон – «фибробетон».

В общем случае фибробетоном называют композиционный материал, состоящий из цементной (плотной или поризованной, с заполнителем или без него) матрицы с равномерным или заданным распределением по ее объему ориентированных или хаотично расположенных дискретных волокон (фибр) различного происхождения.

Одним из видов композитов являются материалы, армированные волокнами различной длины. Они состоят из наполнителя (имеющего дисперсную фазу) и связующего (матрицы). Их классифицируют по следующим признакам:

- материалу компонентов;
- типу арматуры;
- ориентации арматуры;
- способу получения композитов;
- назначению.

Можно выделить два вида композитов: композиты с дисперсными частицами и волокнистые композиционные материалы. Волокнистые композиты разделяют в зависимости от ориентации и длины волокон:

- композиты с непрерывными волокнами;
- композиты с дискретными волокнами;
- композиты с однонаправленными волокнами;
- композиты с хаотичным расположением волокон или с волокнами, ориентированными во всех направлениях.

Влияние на прочностные и деформационные свойства дисперсно-армированных композитов оказывают следующие показатели:

- длина и диаметр волокон или соотношение между диаметром и длиной волокон;
- содержание волокон;

- модуль упругости волокон и матрицы и их соотношение;
- технологические свойства, зависящие от длины и содержания волокон;
- способ распределения волокон;
- адгезионная прочность (граница раздела);
- макро- и микроструктура матрицы.

Эффективность волокон в композитах зависит от их длины. Существует понятие критической длины волокна $L_{кр}$. При разрушении композиции, наполненной волокнами с $L < L_{кр}$, наблюдается выдёргивание коротких волокон из матрицы, то есть композиция разрушается на границе раздела волокно-цементный камень.

В другом случае, при разрушении композиции, волокна длиной $L > L_{кр}$ сами рвутся и полностью реализуют свою прочность. Поэтому композиты, армированные такими волокнами намного прочнее. Чем меньше значение $L_{кр}$ волокна, тем эффективнее волокно упрочняет матрицу.

Существенным фактором, влияющим на эффективности волокна, является его относительное удлинение при разрыве. Если эта величина слишком велика, то происходит разрушение цементного камня без разрыва волокон. Это говорит о том, что волокно в такой системе работает максимально эффективно.

Рассматривая работу армированных композиций и характер их разрушения, следует так же отметить, что наиболее эффективным является применение волокон, модуль упругости и прочность которых значительно выше соответствующих характеристик упрочняемой матрицы.

Для армирования ячеистых бетонов могут использоваться волокна различного диаметра от 1 мкм до 100 мкм, однако при разработке и получении ячеистых бетонов с упрочняющим дисперсным армированием, кроме диаметра волокна также необходимо учитывать и длину. Исходя из этого и основываясь на свойства самих волокон, а именно пластичности, длина волокон может составлять от 1,1 мм до 300 мм. Кроме того, на длину волокон влияет радиус пор. При этом, находясь на любом уровне армирования при любой длине волокон, они не пронизывают поры, а проходят по межпоровым перегородкам. Особенно хорошо это наблюдается при поризации пенобетонной смеси, когда происходит раздвижка смеси порами и разделение ее на межпоровые перегородки.

В результате исследования закономерностей армирования изделий из ячеистых бетонов дисперсным волокном можно выделить положительные и отрицательные стороны данного процесса. К положительным сторонам относятся: при небольших значениях предельного напряжения сдвига значительно увеличивается пластическая вязкость пенобетонной смеси, что приводит к уменьшению значений пластичности.

Повышение вязкости смеси способствует увеличению давления газа в порах, что может привести либо к формированию полиэдрических пор с минимальной толщиной межпоровых перегородок, либо к уплотнению частиц в

межпоровых перегородках, то есть создаются предпосылки к появлению стесненного состояния при гидратации цемента.

При получении фибропенобетона с плотностью 300-400 кг/м³ необходимо вводить 0,5 – 6 % (масс.) волокон от массы цемента или твердой фазы

Разрушение обычного пенобетона – хрупкое, присутствие же волокон меняет характер разрушения за счет увеличения доли пластических деформаций, увеличивается прочность на изгиб. Присутствие волокон в пенобетонной смеси стабилизирует (повышает) устойчивость процесса образования ячеистой структуры, устраняет усадочные явления. За счет меньшей истинной плотности волокон по сравнению с цементом, песком и другими минеральными наполнителями, увеличивается содержание объемное твердой фазы. Наряду со значительным положительным эффектом при использовании дисперсного армирования можно отметить некоторые отрицательные стороны данного процесса:

- 1) при получении фибропенобетона с плотностью 300 – 400 кг/м³ необходимо увеличивать содержание жидкой фазы для снижения вязкости смеси и более равномерного распределения волокон по объему.
- 2) введение значительного количества волокон в состав пенобетонной смеси затрудняет процесс поризации вследствие увеличения значений предельного напряжения сдвига и пластической вязкости.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что армирование поризованных бетонов является одним из наиболее эффективных направлений повышения их физико-механических характеристик.

Эффективным материалом для ограждающих конструкций и теплоизоляционных изделий является ячеистый фибробетон неавтоклавного твердения. В этом случае для армирования в основном используются низко модульные синтетические фибры, представляющие собой отрезки моноволокон, комплексных нитей и фибриллированных пленок, для изготовления которых в ряде случаев целесообразно использование промышленных отходов соответствующих производств. Синтетические волокна имеют ряд преимуществ перед металлической арматурой: значительно меньшая плотность волокон обеспечивает сохранение низкой плотности пенобетонов, а гибкая структура не дает материалу растрескиваться, повышая его прочность. Введение таких волокон в пенобетонные смеси позволяет в 2...2,5 раза увеличить прочность при изгибе, до 1,5 раз - прочность при сжатии, в 7...9 раз - ударостойкость исходного ячеистого бетона. Улучшение поровой структуры материала в результате дисперсного армирования способствует снижению водопоглощения и капиллярного подсоса, что обеспечивает повышение эксплуатационных характеристик изделий и конструкций. Так, морозостойкость ячеистого фибробетона достигает 75...100 циклов попеременного замораживания и оттаивания. Фибровое армирование полностью исключает появление и развитие усадочных трещин в процессе твердения и последующей эксплуатации материала.

Для армирования изделий возможно использовать отходы производства ЗАО «Химволокно» - некондиционное полиэтиленовое, поликапроамидное, полипропиленовое, полиамидное, комплексное волокно (содержащее вискозу и капрон). Содержание дисперсной арматуры в фибропенобетоне составляло 1 % от объема твердой фазы. Характеристики синтетических армирующих волокон приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики используемого армирующего материала

Вид волокна	Диаметр волокна, мм	Плотность, г/см ³
Полиэтиленовое	0,25	1,9
Полиэтиленовое	0,6	1,9
Поликапроамидное	0,001	0,85
Комплексное волокно	0,001	1,35
Полипропиленовое	0,25	0,9
Полиамидное	0,001	1,14

Результаты проведенных исследований представлены на гистограммах (рис. 1, 2). Как видно из гистограммы (рис 1), использование перечисленных видов волокон позволило снизить усадку изделий на 1,50 – 8,75%. Наименьшая усадка наблюдалась у образцов, содержащих полипропиленовое волокно диаметром 0,25мм и полиамидное волокно диаметром 0,001мм в виде отрезков длиной 10мм. Образуя связующую основу, волокна фибры, добавляемые в пенобетон, помогают избежать эффекта усадки.

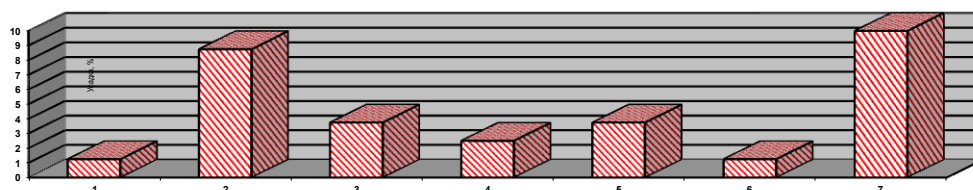


Рис. 1. Зависимость усадки образцов от вида армирующего волокна:

- 1 – полиэтиленовое (d=0,25);
- 2 – полиэтиленовое (d=0,6);
- 3 – поликапроамидное;
- 4 – комплексная нить;
- 5 – полипропиленовое;
- 6 – полиамидное;
- 7- без армирующих волокон.

Незначительная величина усадки позволяла сохранять не только требуемые размеры и форму изделий, но и их плотность. Образцы, армированные волокнами, были, в среднем, на 10-15 % легче, чем контрольный (не содержащий волокон). Диаметр волокон коррелировал с величиной усадки (чем меньше диаметр волокон, тем меньше усадка), вероятно, по причине того, что в этом случае плотность распределения волокон в толще пенобетонной массы возрастала. Армирование пенобетона волокном способствовало упрочнению изделий. Результаты испытаний образцов на прочность на изгиб представлены на рис.2. Как видно из данных гистограммы во всех случаях наблюдалось повышение прочности образцов. При этом прочность образцов с поликапроамидным, полипропиленовым и полиамидным волокнами возрастала в 1,5 и более раз, составив соответственно 2,4, 2,1 и 2,3 МПа против 1,45 МПа в контроле.

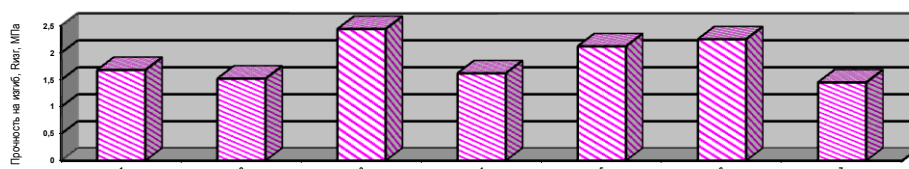


Рис. 2. Зависимость прочности образцов от вида армирующего волокна:

- 1 – полиэтиленовое (d=0,25);
- 2 – полиэтиленовое (d=0,6);
- 3 – поликапроамидное;
- 4 – комплексная нить;
- 5 – полипропиленовое;
- 6 – полиамидное;
- 7- без армирующих волокон.

Таким образом, был получен положительный ответ на возможность создания фибропенобетона при использовании отбракованных синтетических волокон. Бетон с такой средней плотностью и соответствующей прочностью успешно может быть использован для изготовления однослойных наружных стен и отвечает жестким требованиям по теплозащите. Важно заметить, что рассматриваемый вариант получения фибропенобетона позволяет не только производить изделия, соответствующие всем требованиям, предъявляемым к подобным строительным материалам, но и решить ряд экологических проблем, связанных с накоплением отходов на предприятиях пищевой и химической промышленности.

При анализе вышеизложенного материала можно сделать вывод, что наиболее эффективным дисперсно-армирующим волокном при производстве пе-

нобетона является полипропиленовое волокно. Полипропиленовое волокно является эффективной армирующей добавкой для пенобетона и просто бетона. Используется во всех типах цементных растворов, когда необходимо предотвратить образование деформационных трещин возникающих вследствие механического воздействия или усадки (например, при заливке полов, стяжке или при заливке в опалубку). Применение фиброволокон позволяет избежать трудоемких операций по армированию.

Особенности: повышает сопротивление механическим воздействиям; в отличие от металлической сетки армирует раствор по всем направлениям; обладает высокой адгезией к раствору и образует однородную массу. Добавляется в раствор на стадии замешивания или в готовый раствор.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 **Удачкин И.Б.** Ключевые проблемы развития производства пенобетона // Строительные материалы. 2002, № 23. С. 8 – 9.
2. **Лаукайтис А.А.** Прогнозирование некоторых свойств ячеистого бетона низкой плотности // Строительные материалы. 2001, №4. С. 27 – 29.
3. **Сахаров Г.П., Стрельбицкий В.П.** Технология и потенциальные свойства ячеистых бетонов разных видов // Бетон и железобетон, 1994. – №3. – С.5
4. **Гладков Д.И., Сулейманова Л.А., Калашников А.В.** Новая технология ячеистобетонных изделий // Строительные материалы. - 1999. - №7-8. -С. 26.
5. ТУ У 32781078.002-2004. Волокно армирующее полипропиленовое.
6. **Большаков В.И., Мартыненко В.А.** Необходимые свойства пенообразователей для производства пенобетона // Вопросы химии и химической технологии. - 2001. - №3. - С. 35-39.