

УДК 669.982.017

РЕСТАВРАЦИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВО: ПОТЕНЦИАЛ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Пухаренко Ю. В.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4), e-mail: tsik@spbgasu.ru

Выполнен критический анализ современного состояния проблемы изготовления изделий из армированных бетонов повышенной прочности, трещиностойкости, ударостойкости. Определены рациональные области использования низко- и высоко модульных армирующих волокон. Систематизированы требования, предъявляемые к различным видам фибры, позволяющие сформулировать основные закономерности для получения изделий и конструкций различного назначения на их основе. Приведены примеры успешного использования сталефибробетонов, позволяющие в одних случаях сократить стоимость изделий, а в других – снизить трудозатраты, что в целом отражает технико-экономическую целесообразность использования дисперсного армирования. Перечислены основные физико-механические параметры, положительно отличающие фибробетоны. Предложена технология изготовления фибробетонов. Показано, что использование дисперсно-армированных бетонов позволяет повысить качество и снизить ресурсопотребление при строительстве, реконструкции и реставрации объектов различного назначения.

Ключевые слова: фибробетон, сталефибробетон, дисперсное армирование, цементная матрица, тонкостенные изделия.

RESTORATION AND BUILDING: POTENTIAL FIBROARMIROVANNYH MATERIALS AND PRODUCTS

Puharenko Y. V.

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia (190005, Saint-Petersburg, 2-d Krasnoarmeyskaya, 4), e-mail: tsik@spbgasu.ru

The current state of the problem of manufacturing products made of reinforced concrete of high strength, fracture toughness, impact resistance was critically analyzed. Efficient fields of application of low- and highmoduled armoring fibers were defined. Requirements applied to different types of fibers, allowing to determine the basic laws for products and constructions aimed at different purposes were systematized. Examples of successful use of steelfibrobetona, allowing in some cases reduce the cost of production, while in others - to reduce labor costs, which generally reflects the technical and economic feasibility of particulate reinforcement usage were given. The basic physical and mechanical properties, which positively distinguish fiber-reinforced concrete were listed. The technology of manufacturing of fiber-reinforced concrete was suggested. It is shown that the use of dispersion-reinforced concrete can improve properties and reduce resource use during construction, reconstruction and restoration of different objects.

Keywords: fiber concrete, steelfibrobeton, dispersed reinforcement, the cement matrix, thin-walled products.

Введение

Существенным недостатком традиционных видов бетона является их склонность к трещинообразованию, что приводит к снижению долговечности изделий и конструкций. Особенно ярко данный недостаток проявляется при изготовлении элементов сложных геометрических форм, которые находят применение в реставрационных работах. Очевидно, что одним из условий обеспечения качества возводимых и реставрируемых зданий и сооружений является применение эффективных строительных материалов, в том числе дисперсно-армированных бетонов (фибробетонов) – композитов, в которых воедино собраны лучшие качества исходных составляющих.

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 [1, 2].

Цель исследования

Цель исследований заключалась в оценке эффективности фибробетонов для изготовления широкого диапазона элементов декора, длительно эксплуатируемых при знакопеременных температурах в условиях крупных городов с агрессивной воздушной средой.

Материал и методы исследования

В настоящее время для получения дисперсной арматуры применяют стальные, минеральные, полимерные волокна. В наших исследованиях основное внимание уделено стальной и полимерной фибре. При этом в работе применялись как стандартные (метрологически апробированные), так и оригинальные методы исследований [5].

Результаты исследований

Исследования, проводимые на протяжении последних десятилетий, убедительно показывают, что дисперсное армирование улучшает механические характеристики бетонов: повышает трещиностойкость, ударостойкость, прочность на растяжение и изгиб; способствует стойкости бетона к воздействию агрессивной среды; позволяет сократить рабочие сечения конструкций и в ряде случаев отказаться от использования стержневой арматуры или уменьшить ее расход. Таким образом, создаются условия для снижения материалоемкости и трудоемкости строительной продукции, увеличения ее номенклатуры, повышения архитектурно-художественной выразительности новых и реставрируемых объектов [2, 4, 6].

При этом масса полученной информации позволила определить эффективные области использования различных видов волокон в качестве дисперсной арматуры (рис.1) и выделить некоторые закономерности, которые могут считаться общепризнанными [3, 4]:

1) свойства фибробетона определяются видом применяемых волокон и бетона, их количественным соотношением и во многом зависят от состояния контактов на границе раздела фаз;

2) существенное повышение прочностных характеристик композита по сравнению с исходным бетоном с сохранением достигнутого уровня во времени обеспечивается использованием высокотехнологичных волокон, химически устойчивых по отношению к матрице и с большим, чем у нее, модулем упругости;

3) вид волокон, их относительная длина (l/d) и процентное содержание в смеси (μ) должны назначаться, исходя из требований к изделиям и конструкциям с учетом принятой

технологии. Отступление от оптимальных значений указанных параметров в большую или меньшую сторону снижает эффективность дисперсного армирования;

4) при оптимальных параметрах армирования введение волокон способствует улучшению структуры и свойств исходного бетона, повышению его стойкости и долговечности.

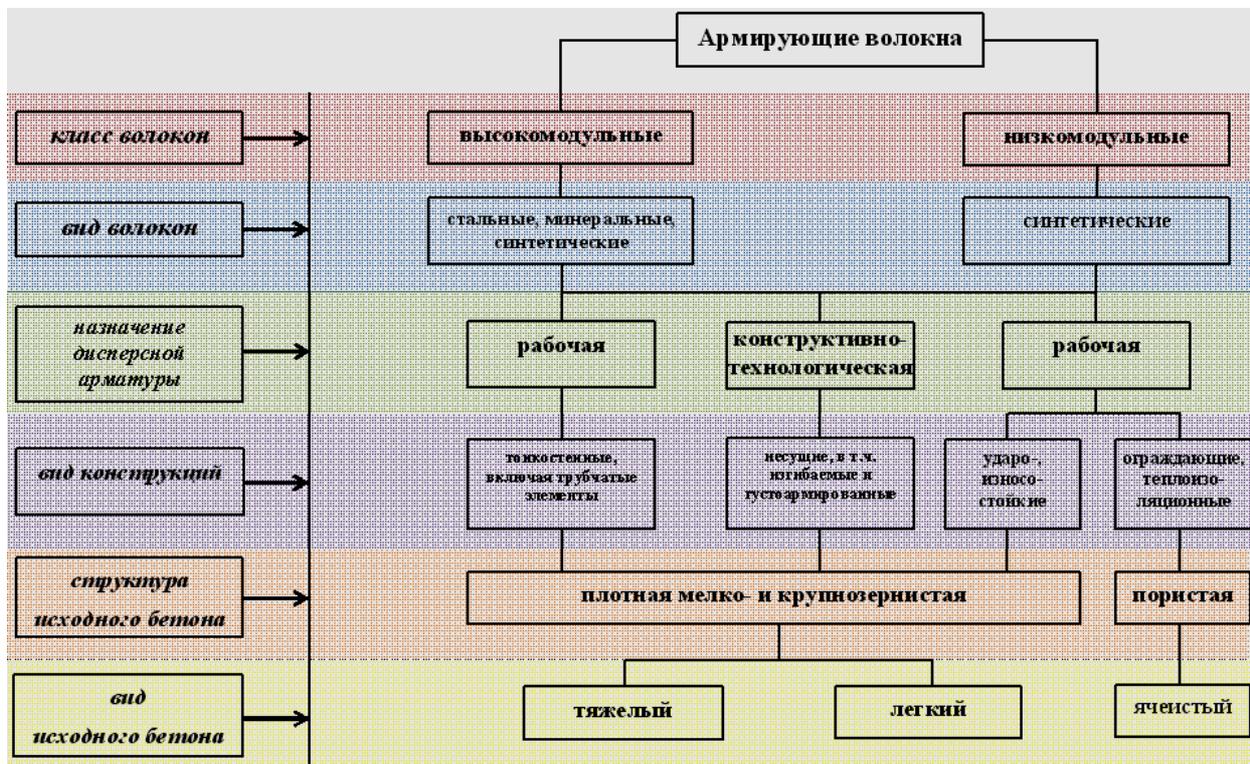


Рисунок 1. Области эффективного использования армирующих волокон

В настоящее время достаточно изучены и прошли определенную производственную проверку следующие разновидности фибробетонов: бетон, армированный стальными волокнами различной длины и поперечного сечения (сталефибробетон); легкий бетон на пористых заполнителях, армированный стальными или синтетическими волокнами; плотный или поризованный цементно-песчаный бетон, армированный синтетическими высоко- или низкомо- дульными волокнами; ячеистый фибробетон, армированный низкомо- дульными синтетическими волокнами.

Проведенные исследования позволили определить области рационального использо- вания указанных разновидностей фибробетонов. Так, применение сталефибробетона наибо- лее эффективно в тонкостенных плоских и криволинейных конструкциях, безнапорных и низконапорных трубах, а также при изготовлении ударостойких и изгибаемых конструкций с целью исключения дополнительной арматуры и связанных с ней работ. При этом стальную фибру получают резанием низкоуглеродистой проволоки, фольги или листовой стали, фор- мованием из расплава, фрезерованием полос и слябов, а также прерывистым вибрационным

резанием в ходе токарного процесса. Прочность сталефибробетона, армированного фрезерной и токарной фиброй, может достигать при изгибе 30...35 МПа, а при сжатии 80...100 МПа.

В качестве примера успешного использования сталефибробетона можно привести данные, согласно которым на объектах строительства Санкт-Петербурга и Ленинградской области забито более 30000 свай различной конструкции с применением этого материала, что обеспечило экономию средств в размере 30 %.

Более 15 лет Волховский КСК в рамках опытно-промышленного производства осуществлял выпуск сталефибробетонных колец колодцев способом роликового прессования. Технологическая линия оснащена высокопроизводительным оборудованием, в том числе позволяющем изготавливать и саму стальную фибру из проволоки различного диаметра.

Положительно зарекомендовал себя сталефибробетон в конструкциях подземных сооружений, о чем свидетельствует как зарубежный, так и отечественный опыт. В частности, на протяжении ряда лет успешно эксплуатируется один из участков тоннеля Петербургского метрополитена, выполненный в сталефибробетонном варианте. При этом в качестве дисперсной арматуры для изготовления тубингов и лотковых блоков использовалась фибра, полученная прерывистым вибрационным резанием, которая, по мнению специалистов, может составить серьезную конкуренцию традиционной фибре из проволоки.

Легкий сталефибробетон на мелких пористых заполнителях средней плотностью 1600...1800 кг/м³ и прочностью при изгибе до 25 МПа, разработанный в СПбГАСУ, нашел применение в производстве плит фальшпола и элементов временной шахтной кровли. В данном случае некоторое удорожание изделий из-за повышенного расхода фрезерной и токарной фибры компенсируется облегчением ручного труда и безопасностью проведения работ в условиях подземного строительства.

В числе перспективных неметаллических волокон следует отметить фибру из щелочестойкого стекловолокнистого ровинга и полимерных природных и синтетических волокон.

Эффективным материалом для ограждающих конструкций и теплоизоляционных изделий является ячеистый фибробетон неавтоклавно твердения. В этом случае для армирования 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. Введение таких волокон в пено- или газобетонные 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.

Разработки СПбГАСУ нашли применение в производстве строительных материалов ООО «Красное» (С.-Петербург) и ЗАО «Фиброн» (г. Гатчина, Лен. обл.), освоивших серийный выпуск изделий из бетонов, армированных синтетическими волокнами. В настоящее время фибропенобетонные плиты (рис. 2), обладающие повышенной прочностью, ударостойкостью, необходимыми тепло- и звукоизоляционными свойствами, успешно применяются для возведения межкомнатных и межквартирных перегородок, а также в многослойных конструкциях наружных стен зданий и сооружений. Из плотного бетона, в котором синтетическая фибра служит для увеличения ударо- и морозостойкости, устранения усадочных трещин, изготавливаются сборные декоративные элементы (рис. 3) и изделия малых архитектурных форм с применением немедленной распалубки (рис. 4). Армирование легкого бетона синтетической фиброй приводит к существенному улучшению структуры и физико-механических свойств материала, которые в результате превышают показатели лучших мировых аналогов. Так, при средней плотности 1300...1400 кг/м³ легкий фибробетон характеризуется пределом прочности при сжатии до 35...40 МПа, маркой по морозостойкости до F300...F400 и маркой по водонепроницаемости до W10...W16. Композит с указанными характеристиками успешно применяется для производства легких, прочных и долговечных облицовочной плитки и декоративного камня, а также может быть использован в монолитном варианте при выполнении реставрационных работ.

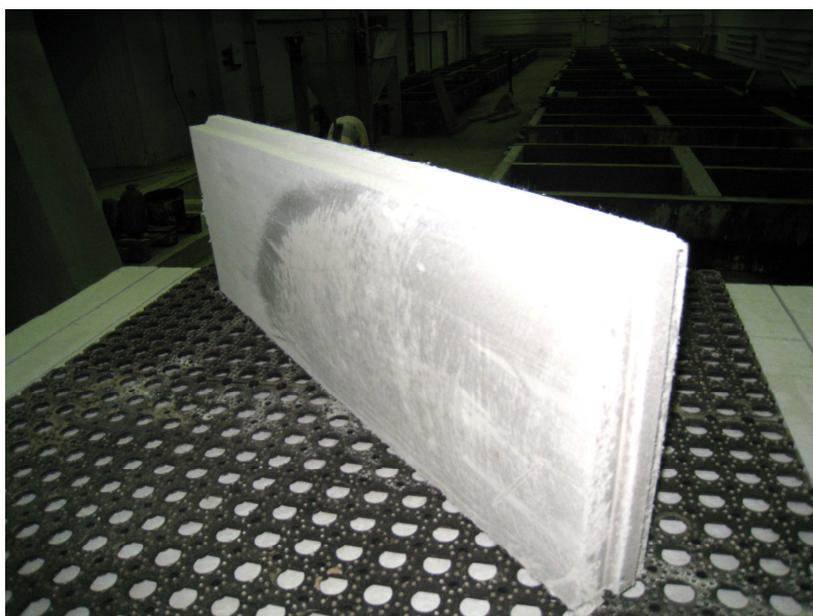


Рисунок 2. Фибропенобетонная плита



а)

б)

а) фибробетонные «кронштейны» перед монтажом

б) вид фасада с элементами фибробетонных конструкций

Рисунок 3. Реставрация фасада Смольного собора



Рисунок 4. Элементы благоустройства в Красном Селе (Санкт-Петербург)

В числе последних отечественных разработок в области фибробетонов можно назвать сырьевую смесь для производства крупноразмерных фиброцементных плит толщиной 8–10 мм, в которой вместо природного асбеста в качестве армирующего материала используются целлюлозные волокна. Плиты предназначены для наружной и внутренней отделки ограждающих конструкций зданий и сооружений и могут быть использованы при устройстве вентилируемых фасадов и внутренних перегородок, а также при изготовлении многослойных плоских и объемных конструктивных элементов (сэндвич-панелей, сантехкабин, шахт лифтов и др.). Данный материал незаменим в условиях открытой стройплощадки, его приме-

ние гарантирует удобство и круглогодичность работ, простоту раскроя и обработки, отсутствие мокрых процессов и высокую скорость монтажа. Ровная и гладкая поверхность плиты хорошо окрашивается, а также допускает нанесение каменной крошки и других отделочных покрытий. Выпуск данной продукции освоен ЗАО «НПО «Фибрит» на действующих технологических линиях комбината «Мостермостекло» (Московская обл.).

Следует отметить, что наряду с указанными конструкциями получили апробацию и способы изготовления фибробетонов, которые позволяют применять, кроме традиционного виброформования, такие эффективные приемы, как раздельную укладку, торкретирование, погип свежесформованных плоских заготовок, вакуум-прессование, пневмонабрызг, роликовую обкатку и другие.

Вывод

Анализ приведенных данных и накопленный практический опыт показывает, что использование дисперсно-армированных бетонов различной плотности и прочности позволяет интенсифицировать процессы, повысить качество и снизить ресурсопотребление при возведении новых, а также реконструкции и реставрации существующих строительных объектов.

Список литературы

1. Магдеев У. Х., Морозов В. И., Пухаренко Ю. В. Трещинообразование дисперсно-армированных бетонов с позиций механики разрушения // Известия КГАСУ. – 2012. – № 1 (19). – С. 110-117.
2. Пухаренко Ю. В. Принципы формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов // Строительные материалы. – 2004. – № 10. – С. 47-50.
3. Пухаренко Ю. В. Эффективные области использования различных армирующих волокон в бетонах и растворах // Стройпрофиль. – 2003. – № 6. – С. 95-96.
4. Пухаренко Ю. В., Аубакирова И. У. Полидисперсное армирование строительных композитов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2011. – № 2 (145). – С. 2-3.
5. Пухаренко Ю. В., Голубев В. Ю., Хегай А. О. Об оценке трещиностойкости сталефибробетона ультразвуковым методом // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 9. – С. 50-51.
6. Пухаренко Ю. В., Голубев В. Ю. О вязкости разрушения фибробетона // Вестник гражданских инженеров. – 2008. – № 3 (16). – С. 80-83.

Рецензенты:

Морозов В. И., д.т.н., проф., советник РААСН, зав. кафедрой железобетонных конструкций ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, г. Санкт-Петербург.

Харитонов А. М., д.т.н., профессор кафедры строительных материалов и технологий ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.