



It is shown that the sphere of using of steel wire fiber – material, capable to replace the metal fittings in reinforced concrete, at RUP «BMZ» is widened.

И. Н. РАДЬКОВА, С. А. ПАВЛЕНКО, РУП «БМЗ»

УДК 669

ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ФИБРЫ В УСЛОВИЯХ РУП «БМЗ»

В настоящее время реализация безотходного производства практически неосуществима для некоторых отраслей промышленности. Так, на РУП «БМЗ» отходы метизного производства, представленного тремя сталепроволочными цехами, состоят из некондиционных отрезков металлокорда, тонкой латунированной проволоки, проволоки РМЛ, бортовой проволоки. До 2008 г. эти отходы использовали исключительно в качестве шихты в электросталеплавильных цехах, где степень угара достаточно высокая, что и явилось основным толчком к поиску иных способов переработки металлоотходов. Приоритетным для себя РУП «БМЗ» выбрало переработку отходов в фибру.

Фибра представляет собой материал в виде небольших волокон или узких полос и применяется для армирования бетона. Фибра может быть стальной, стеклянной, базальтовой и полимерной. При смешивании ее с бетоном получается фибробетон, который в отличие от железобетона имеет гораздо меньшую усадку, более устойчив к образованию трещин и достаточно хорошо держит вибронгрузку. Поэтому фибробетон широко применяется в строительстве дорог, мостов, промышленных полов, железнодорожных тоннелей, аэродромов.

Идея усиления хрупкого бетона стальным волокном – фиброй, не новая. Впервые получение сталефибробетона было осуществлено в 1962 г. Ромальди, которому удалось повысить прочность бетона за счет добавления и перемешивания стальных волокон (проволоки). Введение фибр в бетон и их дисперсное расположение в объеме материала позволило сформулировать понятие композиционного материала на основе бетонной (цементной) матрицы. Сталефибробетон целесообразно применять в жестких условиях при воз-

действии сочетания неблагоприятных факторов. При этом проявляется большая эффективность сталефибробетона по сравнению с традиционным бетоном и железобетоном.

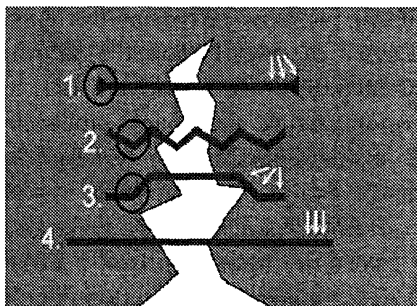
Фибра – современный материал, способный заменить металлическую арматуру в железобетоне.

В отличие от проволочной сетки или арматуры, которая устанавливается в одной плоскости, стальная фибра одинаково распространяется по всей бетонной матрице (диспергирует). Стальная фибра выполняет множество функций в зависимости от пропорций, которые могут варьировать в пределах 15–120 кг/м³. Одна из первоначальных функций – уменьшение микро- и макротрещин. Стальная фибра препятствует распространению трещин на начальной стадии их появления, а традиционная классическая арматура, или проволочная сетка, предназначена для того, чтобы предохранить бетон от образования усадочных трещин, и не может предотвратить их распространение. Влияние различных форм проволочной фибры на сопротивление трещинообразованию показано на рисунке.

Также экономическая эффективность сталефибробетонных конструкций по сравнению с железобетонными обуславливается за счет большого снижения трудоемкости; снижения материалоемкости; повышения долговечности; увеличения межремонтного ресурса; исключения недостатков, присущих стержневому армированию.

Сталефибробетон целесообразно использовать в тех конструкциях, в которых наиболее полно реализуются его технические преимущества по сравнению с обычным бетоном:

- повышенная прочность на растяжение и изгиб, предельная сжимаемость, трещиностойкость, водонепроницаемость, коррозионная стойкость,



Влияние различных форм проволочной фибры на сопротивление трещинообразованию: 1 – фибра с конусовидными концами; 2 – волновая фибра; 3 – фибра с загнутыми концами; 4 – прямая фибра: кружки – механизмы анкеровки фибры; стрелки – поверхности сцепления

долговечность; пониженные деформации ползучести и усадки; высокая термостойкость и огнестойкость, высокая удельная энергия разрушения и сопротивления истираемости;

- снижение затрат на арматурные работы, повышение степени механизации производства, возможность применения высокопроизводительных приемов формования армированных конструкций;
- возможность использования более эффективных конструктивных решений.

В 2008 г. РУП «Белорусский металлургический завод» начал промышленное освоение производства проволочной фибры.

В результате реализации инвестиционного проекта по производству фибры приобретены два волочильных стана для переработки передельных диаметров проволоки до готового размера диаметром 1 мм. Непосредственно для производства фибры в июле 2009 г. установлены и запущены в работу 20 станков фирмы «Lamatassina/Italy» с возможностью производства анкерной, волновой фибры и микрофибры из тонкой проволоки диаметром 0,2–0,7 мм и отдельно четыре станка под анкерную фибру из проволоки диаметром 0,8–1,1 мм.

Стальная фибра производства РУП «БМЗ» классифицируется по марке стали: низкоуглеродистая сталь – Н; высокоуглеродистая сталь – В; по профилю: анкерная – А; волновая – В; прямая (микрофибра) – М.

Условное обозначение – марка фибры состоит из обозначения вида стальной проволоки, вида используемого профиля, а также диаметра и длины.

Примеры условного обозначения.

Фибра из стальной низкоуглеродистой проволоки (ФСН) анкерного профиля (А) диаметром от 0,96 до 1,05 мм, длиной 60 мм: ФСН – А-1,0/60.

Характеристики фибры производства РУП «БМЗ» приведены в табл. 1–3.

Фибра производства РУП «БМЗ» производится из высокоуглеродистой проволоки (отходов

Таблица 1. Анкерная фибра

Параметр	Показатель и его отклонение		
Длина L , мм	30 ± 2	50 ± 3	60 ± 3
Номинальный диаметр D , мм	$0,30 \pm 0,02$	$0,80 \pm 0,05$	
	$0,35 + 0,03/-0,02$	$0,90 + 0,05/-0,04$	
	$0,40 + 0,04/-0,03$	$1,0 + 0,05/-0,04$	
	$0,50 + 0,05/-0,04$	$1,1 + 0,05/-0,04$	
	$0,60 + 0,05/-0,04$		
Высота отклонения анкера h , мм	3 ± 2		
Длина среднего участка l , мм	19 ± 2	38 ± 4	48 ± 4
Индекс фибры L/D	$30/0,30 = 100$	$50/0,80 = 63$	
	$30/0,35 = 86$	$50/0,90 = 56$	
	$30/0,40 = 75$	$50/1,0 = 50$	
	$30/0,50 = 60$	$50/1,1 = 45$	
	$30/0,60 = 50$	$60/0,8 = 75$	
	$30/0,70 = 43$	$60/0,9 = 67$	
Масса 1000 шт. фибр в зависимости от диаметра, кг	$0,017 (\varnothing 0,30)$	$0,201 (\varnothing 0,80, L50)$	
	$0,023 (\varnothing 0,35)$	$0,255 (\varnothing 0,90, L50)$	
	$0,031 (\varnothing 0,40)$	$0,314 (\varnothing 1,0, L50)$	
	$0,048 (\varnothing 0,50)$	$0,380 (\varnothing 1,1), L50$	
	$0,069 (\varnothing 0,60)$	$0,241 (\varnothing 0,80, L60)$	
	$0,094 (\varnothing 0,70)$	$0,304 (\varnothing 0,90, L60)$	
		$0,376 (\varnothing 1,0, L60)$	
		$0,455 (\varnothing 1,1), L60$	

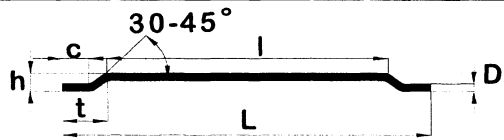


Таблица 2. Микрофибра

Параметр	Показатель и его отклонение
Длина L , мм	12 ± 1 (для диаметра 0,20 мм)
	13 ± 1 (для диаметров 0,25; 0,30; 0,35 мм)
Номинальный диаметр D , мм	$0,20 \pm 0,01$
	$0,25 + 0,02/-0,01$
	$0,30 \pm 0,02$
Индекс фибры L/D	$0,35 + 0,03/-0,02$
	$12/0,20 = 60$
	$13/0,25 = 52$
	$13/0,30 = 43$
Масса 1000 шт. фибр в зависимости от диаметра, кг	$13/0,35 = 37$
	$0,003 (\varnothing 0,20)$
	$0,005 (\varnothing 0,25)$
	$0,007 (\varnothing 0,30)$
	$0,010 (\varnothing 0,35)$



проволочного производства) и специально изготовляемой низкоуглеродистой проволоки.

Использование проволочной фибры экономически обосновано, так как ее стоимость примерно

Таблица 3. Волновая фибра

Параметр	Показатель и его отклонение
Длина L , мм	15 ± 1,0 (для диаметров 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40 мм) 18,0 ± 1,0 (для диаметров 0,50; 0,60 мм) 22,0 ± 1,0 (для диаметра 0,70 мм)
Номинальный диаметр D , мм	0,20 + 0,02/-0,01 0,25 + 0,02/-0,01 0,30 ± 0,02 0,35 + 0,03/-0,02 0,40 + 0,05/-0,03 0,50 + 0,05/-0,04 0,60 + 0,05/-0,04 0,70 + 0,05/-0,04
Высота волны B , мм	1,1 ± 0,6
Длина волны T , мм	4,5 ± 1,0 (для диаметров 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40 мм) 5,0 ± 1,0 (для диаметров 0,50; 0,60 мм) 5,5 ± 1,0 (для диаметра 0,70 мм)
Индекс фибры L/D	15/0,20 = 75 15/0,25 = 60 15/0,30 = 50 15/0,35 = 43 15/0,40 = 38 18/0,50 = 36 18/0,60 = 30 22/0,70 = 31
Масса 1000 шт. фибр в зависимости от диаметра, кг	0,004 (Ø 0,20) 0,006 (Ø 0,25) 0,009 (Ø 0,30) 0,012 (Ø 0,35) 0,016 (Ø 0,40) 0,029 (Ø 0,50) 0,042 (Ø 0,60) 0,069 (Ø 0,70)

в 3–5 раз ниже стоимости рубленой и фрезерованной фибры. При этом получаемая фибра характеризуется достаточно высокими прочностными параметрами и соотношением диаметр–длина (L/D), обеспечивающим стабильные и прогнозируемые свойства сталефибробетона.

В настоящее время РУП «БМЗ» производит проволочную фибру в промышленных объемах. Проектная мощность производства фибры составляет 600 т/мес. Фибра производства РУП «БМЗ» поставляется в картонных коробках из многослойного картона по ГОСТ 7376 с габаритными размерами 247×247×270, 135×350×510 мм номинальной массой не более 25 кг и отклонением от номинальной массы не более 0,1%. Коробки устанавливаются на деревянные поддоны и оборачиваются стрейч-пленкой.

Основным рынком потребления фибры являются развитые страны Европы, Америки и Российская Федерация. В Беларуси использование фибробетонов только начинает зарождаться. Несмотря на значительный рост объемов потребления стальной фибры российским строительным рынком, он по-прежнему недостаточно оценен. В Европе ежегодно производится и потребляется около 300 тыс. т фибры, тогда как в России – всего около 10 тыс. т.

Эффективность применения сталефибробетона доказывает зарубежный опыт. Это широкий ассортимент стальной фибры и большое количество (более 25) фирм и корпораций, производящих фибру на постоянной основе. Необходимо отметить, что это мощные производители обычной стержневой и проволочной арматуры или металлоизделий.

Лидером является Япония, где семь крупных фирм выпускают стальную фибру, рубленую из листа или проволоки, фрезерованную из сляба или вытянутую из расплава. Уже в 1981 г. Япония применила порядка 3 тыс. т стальной фибры, из которых 500 т – из нержавеющей стали.

Для внедрения стальной фибры производства РУП «БМЗ» в России и Беларуси совместно с НИИЖБ им. А. А. Гвоздева и БелНИИС выполнен комплекс работ по исследованию технологических и физико-механических свойств бетонов, изготовленных с применением фибры РУП «БМЗ».

В результате проведенных исследований установлено.

Соблюдение технологии приготовления сталефибробетонной смеси позволяет:

- повысить прочностные характеристики бетона (при сжатии – до 25%; при осевом растяжении – до 65%; при изгибе – до 2,5 раз); увеличение предела прочности при сжатии достигает 140–150% при 2–3%-ном армировании;
- существенно сократить или полностью исключить арматурные работы, что снимает затраты на изготовление пола до 40%; фибра может быть добавлена на бетонном заводе или непосредственно в миксер на месте проведения строительных работ;
- увеличить вибрационную стойкость бетона, так как вибрации, распространяясь по арматурной сетке, способствуют разрушению бетона;
- значительно уменьшить толщину бетонной стяжки при сохранении несущей способности бетонной плиты.

Первые испытания волновой фибры обнаружили проблемы при ее переработке у потребителей, не имеющих специальных устройств для рав-

номерной подачи фибры. При перемешивании фибры с бетоном происходило образование комков, что не позволяло использовать его по назначению.

Для решения данной проблемы совместно с БелНИИС были проведены дополнительные исследования, в результате которых изменены длина и высота волны волновой фибры без ухудшения ее армирующей способности. Опытные партии фибры с измененными геометрическими размерами переработались у потребителя без замечаний.

В целях обеспечения равномерного распределения фибр в объеме замеса, минимизации неоднородности (образования комков и ежей из фибр) необходимо:

- увеличение подвижности бетона матрицы смеси путем введения пластифицирующих добавок первой группы эффективности;
- равномерная подача фибры в смеситель с помощью специальных устройств.

Введение в смесь металлической фибры рекомендуется осуществлять в один, два или три приема в зависимости от абсолютного количества вводимой фибры:

- в один прием при содержании фибры 0,5% от объема;
- в два приема при содержании фибры 1,0–1,5% от объема;
- в три приема при содержании фибры более 1,5% от объема.

Нормативными документами для изготовления и использования фибры являются ТУ 14-1-5564-2008 «Фибра из стальной проволоки для дисперсного армирования бетона»; ТУ ВУ 400074854.628-09 «Фибра из стальной проволоки для армирования бетона»; рекомендации по проектированию и изготовлению строительных сталефибробетонных конструкций и технологии производства сталефибробетона с применением стальной фибры БМЗ № Р5.03.054.09 (РБ, БелНИИС); рекомендации по проектированию и применению сталефибробетонных конструкций на фибре из стальной проволоки производства РУП «БМЗ» № Р5.03.054.09 (РФ, НИИЖБ).

Фибра РУП «БМЗ» прошла сертификацию в «Системе ГОСТ Р», «Системе Мосстройсертификации» и «Национальной системе сертификации РБ».

Рекомендации по проектированию регламентируют применение стальной фибры производства БМЗ при изготовлении сборных или моно-

литных сталефибробетонных изделий и конструкций.

1. Монолитные конструкции и сооружения (автомобильные дороги, перекладка покрытия, промышленные полы, выравнивающие полы, мостовые настилы, ирригационные каналы, взрыво- и взломоустойчивые сооружения, водоотбойные дамбы, огнезащитная штукатурка, емкости для воды и других жидкостей, отделка тоннелей, пространственные покрытия и сооружения, ремонт монолитных конструкций, оборонные сооружения).

2. Сборные элементы и конструкции (железнодорожные шпалы, трубопроводы, балки, ступени, стеновые панели, кровельные панели, модули плавающих доков, морские сооружения, взрыво- и взломоустойчивые конструкции, карнизные элементы мостов, сваи, шпунт, элементы пространственных покрытий и сооружений).

3. Изготовление декоративных тонкостенных элементов при реконструкции и реставрации фасадов зданий и сооружений.

Европа является одним из крупнейших потребителей фибры. Для реализации стальной фибры в страны Европы в настоящее время проводится работа по ее испытанию и сертификации по стандарту EN 14889-1.

К сожалению, на нашем строительном рынке применение фибры традиционно ограничено. Так, если в европейских странах, например Финляндии, данный материал используется в разнообразных областях (в гражданском, дорожном строительстве, строительстве гидросооружений, тоннелей, аэропортов), то основная сфера применения фибры (90%) в России – это укладка полов. Дальше чем для использования при устройстве горизонтальных плоскостей фибра не применяется. Причиной узкого использования данного вида армирования в России и Беларуси является отсутствие достаточно четких рекомендаций, расчетов по применению тех или иных видов фибры и, как следствие, невозможность применения данного материала в более широких областях армирования бетонных конструкций.

Применение стальной проволочной фибры очень выгодное для строительной индустрии.

В настоящее время РУП «БМЗ» совместно с БелНИИС запланировало ряд работ, направленных на исследование свойств сталефибробетонов, разработку чертежей и их согласование в установленном порядке, что позволит расширить сферу использования стальной проволочной фибры.