

В.Г. Зарапин, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);
Н.П. Матвейко, проф., д-р хим. наук (БГЭУ, г. Минск)

ФИБРА С МИКРОРЕЛЬЕФНОЙ ТЕКСТУРОЙ ДЛЯ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ

Дисперсно армированные фиброматериалы, в частности сталефибробетон, применяют в различных областях, и, не смотря на широкое распространение стальных фибр, сложности максимального использования их возможностей продолжают сохраняться, и одной из основных является проблема анкеровки фибр. Опубликовано значительное количество патентных разработок, направленных на улучшение анкеровки фибр, например, фибры с выступами и впадинами в форме трехмерной волны [1], в форме тора с выпусками-анкерами в виде усов [2], в форме объемного винтообразного криволинейного отрезка проволоки [3], в виде нити с анкерами на концах, состоящей из двух ветвей с общим анкером [4], в форме равностороннего треугольника [5] и др. Для улучшения анкеровки предлагается усложнение строения фибр, что усложняет технологию производства, требует наличия специального оборудования, увеличивает расход стали. Такие фибры вследствие развитости формы склонны к комкованию с образованием «ежей», что препятствует их равномерному распределению в строительных смесях.

Задачей данных исследований является улучшение анкеровки стальных фибр в цементных строительных материалах путем формирования на поверхности фибр микрорельефной структуры, позволяющей получить анкеровку фибр по всей поверхности.

Исследования проводили с использованием фибр стальных анкерных ФСН-А-1,00/50 ОАО «БМЗ» (нить длиной 50 мм и диаметром 1 мм с анкерными отгибами на концах), а также с использованием прямой фибры из стальной проволоки диаметром 1 мм.

Разработан состав травильного раствора, позволяющий в течение 10-15 минут получать на поверхности стальных фибр микрорельефную текстуру, состоящую из хаотично расположенных, немного вытянутых вдоль оси проволоки «кратеров» в количестве 35-40 мм⁻¹, с поперечными размерами 100-180 мкм, продольными – 350-500 мкм, глубиной до 100 мкм.

Качество анкеровки фибр оценивали по испытаниям на статическое выдергивание из цементного раствора (песок и цемент (ПЦ-500) в соотношении 3:1, В/Ц = 0,5) в форме призм 40×40×30 мм в которые анкеровали концы фибр на 20 мм. Оценку влияния микрорельефной тек-

стуры поверхности фибр на механические свойства цементно-песчаных растворов, проводили по испытаниям на сжатие (кубы с ребром 100 мм) и на растяжение при изгибе (балочки 40×40×160 мм), которые армировали фиброй в количестве 80 г/дм³ раствора. Испытания на статическое выдергивание фибр проводили со скоростью 0,1 мм/мин на испытательной машине KASON WDW-100, испытания на сжатие проводили на автоматическом прессе MATEST C071N со скоростью нагружения 0,6±0,1 МПа/с. Испытания на растяжение при изгибе балочек проводили на машине KASON WDW-100 со скоростью нарастания испытательной нагрузки 0,05±0,01 кН/с.

Результаты испытаний на статическое выдергивание фибр – средние значения наибольшей нагрузки, предшествующей осевому смещению фибры (F_{max}) и удельной силы сцепления фибры с раствором (F_y), приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний на статическое выдергивание

№ п/п	Вид анкеруемой фибры	F_{max} , Н	F_y , Н/мм
1	Гладкая прямая фибра	187	9,35
2	Гладкая фибра с анкерным отгибом на конце	285	14,25
3	С анкерным отгибом и микрорельефной текстурой	598	29,90
4	Прямая фибра с микрорельефной текстурой	575	28,75

Установлено, что микрорельефная текстура на поверхности фибр увеличивает силу F_y в 3,1 раза для прямой фибры и в 2,1 раза для фибры с анкерным профилем. Важно отметить, что прямая фибра с микрорельефной текстурой показала характеристики на 3,8 % ниже, чем текстурированная фибра с анкерным отгибом, что свидетельствует об основном вкладе в анкерровку такой фибры сцепления цементного камня с ее поверхностью.

Средние значения пределов прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$) и на растяжение при изгибе (σ_p) образцов цементных растворов, приведены в таблице 2. Армирование фибрами из гладкой проволоки с анкерными отгибами на концах позволяет увеличить предел прочности на сжатие на 30 % по сравнению с неармированным раствором, а наличие у фибр микрорельефной текстуры на поверхности увеличивает предел прочности при сжатии на 22 % по сравнению с гладкой анкерной фиброй и в 1,9 раз по сравнению с неармированным раствором.

Таблица 2 - Результаты испытаний на сжатие и растяжение при изгибе

№ п/п	Вид фибры, использованной для армирования	$\sigma_{сж}$, МПа	σ_p , МПа
1	Без фибры	16,99	5,16
2	Гладкая фибра с анкерными отгибами на концах	24,58	6,84
3	С анкерными отгибами и микрорельефной текстурой	31,54	11,80
4	Прямая фибра с микрорельефной текстурой	29,86	10,45

Использование прямой фибры с микрорельефной текстурой позволяет получить предел прочности при сжатии на 5,3 % ниже, чем использование текстурированной фибры анкерного профиля, что подтверждает существенность вклада поверхностной анкеровки по сравнению с наличием анкерных отгибов. Наличие у фибр микрорельефной текстуры на поверхности позволяет увеличить предел прочности на растяжение при изгибе на 73 % по сравнению с гладкой анкерной фиброй и почти в 2,3 раза по сравнению с неармированным бетоном, и практически такие же результаты (на 11 % ниже) достигаются при использовании прямой фибры с микрорельефной текстурой.

Полученные результаты показали, что вклад поверхностной анкеровки текстурированной фибры становится основным, а наличие анкерных отгибов на концах фибр перестает играть существенную роль, следовательно, для армирования целесообразно использовать прямую фибру с микрорельефной текстурой, поскольку такой вид фибр проще в производстве и характеризуется лучшей равномерностью распределения в объеме строительной смеси.

ЛИТЕРАТУРА

1 RU № 2433227, МПК Е 04 С 5/00. Арматурный элемент для дисперсного армирования бетона. Шеметов, Г.В. и др. 10.11.2011.

2 RU № 2490406, МПК Е 04 С 5/03. Арматурный элемент для дисперсного армирования бетона. Трофимов В.И. и др. 20.08.2013.

3 RU № 113199 U1. МПК В 32 В 5/16. Волокно для армирования. Гатитулин М.Н. 10.02.2012.

4 RU № 2601705 С1. МПК Е 04 С 5/00, С04В 14/38. Фибра для дисперсного армирования бетона. Трофимов В.И. и др. 10.11.2016.

5 RU № 2667256 С2. СПК Е 04 С 5/12. Арматурный элемент. Харлов С.Н. 10.11.2017.