

- большая нагрузочная способность;
 - значительно меньшие дополнительные динамические нагрузки.
- Это объясняется большой суммарной длиной контактных линий находящихся в зацеплении колес.

Список цитируемых источников

1. Буланов, Э. А. Детали машин. Расчет механических передач : учеб. пособие / Э. А. Буланов. — М. : Юрайт, 2016. — 202 с.
2. Ануриев, В. И. Справочник конструктора машиностроителя / В. И. Ануриев : в 3 т. Т. 2. — М. : Машиностроение, 1982. — 736 с.

УДК 691.328

В. Г. Зарапин

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск,
Республика Беларусь

СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ АНКЕРОВКИ СТАЛЬНЫХ ФИБР ДЛЯ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ

Введение. Современное развитие строительной отрасли диктует необходимость использования различных композитных и фибробетонных материалов. Применение арматуры из стального волокна в конструкциях и их элементах позволяет повысить прочность, сопротивление деформации и деформируемость этих конструкций при нагрузках. Эффективность использования таких материалов при проектировании и, особенно, при возведении несущих строительных конструкций доказана многочисленными теоретическими и экспериментальными исследованиями [1].

В качестве дисперсного армирования применяют различные волокна (фибры), которые равномерно рассредоточиваются в объеме бетонной матрицы. Наибольший интерес представляют композиты на основе доступных для производства минеральных матриц, дисперсно-упрочненных особыми волокнами (металлическими, стеклянными, базальтовыми, полиамидными, углеродными и т.д.) [2].

Наиболее распространенным конструктивным решением для фибр являются стальные фибры типа «Драмикс» с анкерными отгибами на концах, которые применяют для армирования строительных материалов во многих странах. Однако такие фибры не всегда удовлетворяют требованиям по их анкеровке, несмотря на имеющиеся анкерные отгибы [3].

Одной из основных является проблема анкеровки фибр, что подтверждается большим количеством патентных разработок, направленных на ее улучшение: фибры в виде плоского основания со сквозной перфорацией и анкерами из кристаллитов металла [4], в виде отрезка проволоки с равномерно деформированными участками, имеющими выступы и впадины в форме волны в трехмерном измерении [5], в виде проволочного тора эллипсоидного или сферического профиля с выпусками-анкерами в виде усов [6], в виде равностороннего треугольника [7] и др. Такие фибры имеют ряд недостатков — трудность изготовления вследствие их сложной конфигурации, а из-за развитости формы, такие фибры склонны к комкованию с образованием «ежей», что препятствует их равномерному распределению в смеси, и формированию областей с повышенным и пониженным содержанием фибры.

Основная часть. Задачей данного исследования является улучшение анкеровки стальных фибр в цементных строительных материалах путем формирования на поверхности фибр микрорельефной структуры, позволяющей получить анкеровку фибр по всей поверхности.

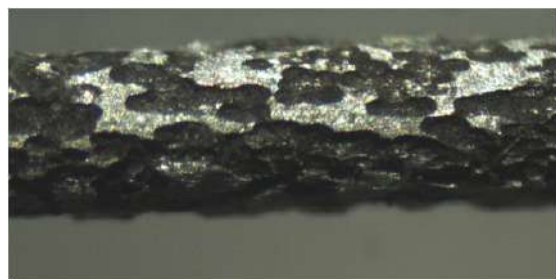
Исследования проводили с использованием фибр стальных анкерных ФСН-А-1,00/50 из проволоки диаметром 1 мм в виде прямого отрезка длиной 50 мм с двумя анкерными отгибами на концах, а также с использованием прямой фибры из стальной проволоки диаметром 1 мм.

Разработан состав травильного раствора на основе неорганических кислот, позволяющий в течение 10—15 минут получать на поверхности фибр микрорельефную структуру (рисунок 1(а)). Вид такой фибры, извлеченной из цементно-песчаного раствора выдергиванием, приведен на рисунке 1(б), из которого видно, что микроуглубления на поверхности заполнены цементным камнем, следовательно, отделение фибр происходит по разрыву частиц цементного камня, что свидетельствует об анкеровке фибр вдоль всей поверхности за счет механического сцепления при проникновении цементного камня в поверхностные углубления.

Для оценки влияния микрорельефной структуры поверхности фибр на анкеровку и механические свойства цементно-песчаных растворов, готовили образцы на основе раствора, состоящего из песка и цемента (ПЦ-500) в соотношении 3:1 и воды при водоцементном соотношении 0,5. Фибру в раствор вводили исходя из расчета 80 кг фибры на 1 м³ раствора.

Образцы для испытаний на статическое выдергивание готовили в форме призм 40 × 40 × 30 мм, в которые анкеровали концы фибр на глубину 20 мм; для испытаний на статические сжатие — в форме кубов с ребром 100 мм; для испытаний на растяжение при изгибе — в форме балочек 40 × 40 × 160 мм.

Испытания на статическое выдергивание фибр проводили со скоростью 0,1 мм / мин на испытательной машине KASON WDW-100, с помощью которой по диаграммам «смещение фибры—нагрузка», и определяли наибольшую нагрузку, предшествующую осевому смещению фибр в образцах. Испытания образцов кубов на статическое сжатие проводили на автоматическом прессе MATEST C071N со скоростью нагружения $0,6 \pm 0,1$ МПа / с. Испытания на растяжение при изгибе балок проводили на машине KASON WDW-100 со скоростью нарастания нагрузки $0,05 \pm 0,01$ кН / с ($0,12 \pm 0,02$ МПа / с).



а)



б)

Рисунок 1 – Микроструктура поверхности фибры, полученная травлением (а); фибра, извлеченная из цементно-песчаного раствора (б)

Результаты испытаний фибр на статическое выдергивание – наибольшая нагрузка, предшествующая осевому смещению фибры ($F_{\max}$) и удельная сила сцепления фибры с раствором (F_y), приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Результаты испытаний фибр на статическое выдергивание

Вид анкеруемой фибры	$F_{\max}$, Н	F_y , Н / мм
Прямая гладкая фибра	187	9,35
Гладкая фибра с анкерным отгибом на конце	285	14,25
С анкерными отгибами и микрорельефной структурой	598	29,90
Прямая фибра с микрорельефной структурой	575	28,75

Из таблицы 1 видно, что наличие анкерного отгиба у гладкой проволоочной фибры на конце увеличивает максимальную нагрузку, предшествующую осевому смещению фибры в 1,52 раза, в то время как наличие микрорельефной структуры на поверхности фибры анкерного профиля практически удваивает эту нагрузку. Прямая фибра с микрорельефной структурой поверхности имеет сцепление только на 3,8 % ниже, чем аналогичная фибра с анкерным отгибом. Это свидетельствует о том, что основной вклад в анкеровку такой фибры в цементном растворе вносит сцепление цементного камня с ее поверхностью.

Результаты испытаний образцов на статическое сжатие и изгиб – пределы прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$) и на растяжение при изгибе (σ_p), приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 — Результаты испытаний образцов на статическое сжатие

Вид фибры, использованной для армирования	$\sigma_{сж}$, МПа	σ_p , МПа
Без фибры	16,99	5,16
Гладкая фибра с анкерными отгибами на концах	24,58	6,84
С анкерными отгибами и микрорельефной структурой	31,54	11,80
Прямая фибра с микрорельефной структурой	29,86	10,45

Из таблицы 2 видно, что армирование фибрами из гладкой проволоки с анкерными отгибами на концах позволяет увеличить предел прочности на сжатие примерно на 30 %, на растяжение при изгибе примерно на 33 %, по сравнению с неармированным раствором. Наличие у фибр микрорельефной структуры на поверхности позволяет увеличить предел прочности при сжатии на 22 %, на растяжение при изгибе на 73 % по сравнению с гладкой анкерной фиброй, а также в 1,9 и 2,3 раза соответственно, по сравнению с неармированным раствором. Использование прямой фибры с микрорельефной структурой позволяет получить предел прочности при сжатии только на 5,3 % ниже, а на растяжение при изгибе на 11 % ниже, чем использование

фибры анкерного профиля с микрорельефной структурой, что свидетельствует об основном вкладе поверхностной анкеровки, а наличие анкерных отгибов на концах фибр перестает играть существенную роль.

Заключение. 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.

Актуальность проведенных исследований обусловлена тем, что стальная фибра, применяемая для дисперсного армирования, не имеет существенного сцепления всей поверхности с цементным камнем строительных материалов и не может образовывать анкеровку всей поверхности. Обработка фибр разработанным травильным составом позволяет получить на поверхности микрорельефную структуру, обеспечивающую анкеровку всей поверхности проволоки фибры за счет механического сцепления в результате проникновения цементного камня в углубления на поверхности фибр.

Список цитируемых источников

1. Уткин, Д. Г. Прочность сжатых и внецентренно сжатых железобетонных элементов с зонным армированием из стальной фибры / Д. Г. Уткин // Безопасность зданий и сооружений. — 2022. — № 1 (99). — С. 99—109.
2. Маркович, А. С. Свойства дисперсных волокон для эффективного армирования бетонов / А. С. Маркович, Д. А. Милосердова // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2022. — Т. 18, № 2. — С. 182—192.
3. Черноусов, Н. Н. Исследование анкеровки стальной фибры в мелкозернистом шлакобетоне / Н. Н. Черноусов, Р. Н. Черноусов, А. В. Суханов // Вестн. ТГАСУ. — 2015. — № 5. — С. 117—125.
4. Металлическое волокно В. А. Шейнерта : пат. RU 2278180 / Ахметшин, М. Р. и др. — Оpubл. 20.06.2006.
5. Арматурный элемент для дисперсного армирования бетона : пат. RU 2433227 / Шеметов, Г. В. и др. — Оpubл. 10.11.2011.
6. Арматурный элемент для дисперсного армирования бетона : пат. RU 2490406 / Трофимов В. И. и др. — Оpubл. 20.08.2013.
7. Арматурный элемент : пат. RU 2667256 / Харлов С. Н. — Оpubл. 10.11.2017.

УДК 621.9.014.5

А. А. Казак, И. И. Кузьма, И. В. Ковальчук, А. В. Малевич

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи,
Республика Беларусь

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Введение. Лазерная обработка относится к одному из наиболее точных и эффективных методов обработки материалов. Лазерный станок (рисунок 1) — это оборудование, генерирующее стабильный луч высокой температуры, который падает на поверхность обрабатываемой заготовки малым световым пятном с высокой концентрацией энергии. В точке падения лазер выжигает материал и, в зависимости от настроек устройства, снимает с него верхний слой или создает сквозной рез [1].

Устройство лазерного станка с ЧПУ продумано для легкой и быстрой работы с различными материалами. Но при этом оператору важно обращать внимание на работу каждого узла и при необходимости корректировать ее. Это позволит увеличить срок службы оборудования [2].

Важными технологическими параметрами, определяющими качество обработанной поверхности, являются такие параметры, как мощность и скорость лазерного луча. Эти два параметра связаны между собой. Одной из важных задач настройки мощности и скорости является предотвращение повреждения обрабатываемого материала. Для этого необходимо удерживать мощность на минимально возможном уровне, который позволит достаточно качественно обработать материал при правильной скорости.

Оптимальный режим обработки обусловлен толщиной, видом материала, размерами и сложностью деталей, а также требованиями к точности. Выбор оптимального режима работы поможет снизить затраты на материалы.

Целью данной работы является нахождение оптимальных режимов обработки фанеры 6мм ФК на лазерном станке.

Основная часть. Мощность лазерного луча определяет количество энергии, передаваемой на поверхность материала. Скорость, в свою очередь, определяет, как быстро лазерный луч передвигается по поверхности материала. При использовании слишком высокой скорости или недостаточной мощности, лазерный луч не сможет обработать поверхность материала на должном уровне. С другой стороны, при использовании слишком высокой мощности, может наблюдаться чрезмерное термическое воздействие на материал и другие нежелательные эффекты. Для получения оптимального результата и сокращения времени обработки на лазерном станке, мощность и скорость должны быть правильно синхронизированы.