

Анализ способов получения и перспективы применения металлической фибры для армирования бетона

Студенты: гр. 10405418 Данилова А.И., гр. 11202115 Головатая Е.В.
Научные руководители – Слуцкий А.Г., Кулинич И.Л.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Расширение областей и объемов применения бетона и железобетона в строительстве, ужесточение условий эксплуатации конструкций из него, требует постоянного совершенствования его прочности, трещиностойкости, сопротивления ударным и динамическим воздействиям, абразивному износу и т.д. Серьезное улучшение прочностных свойств и эксплуатационной надежности железобетонных конструкций при использовании традиционных технологий их строительства и ремонта представляется весьма проблематичным. В настоящее время наряду с использованием традиционного железобетона, все большее применение находят конструкции с модифицированным бетоном за счет введения различных добавок, в том числе фибр, которые позволяют повысить эксплуатационные характеристики материала конструкции. Фибра позволяет сделать материал более прочным, скрепляя внутреннюю структуру своими волокнами.

Введение фибр в бетон и их дисперсное расположение в объеме материала позволило сформулировать понятие композиционного материала на основе бетонной (цементной) матрицы. Одним из наиболее перспективных вариантов улучшения качества материалов, является их дополнение новыми связующими компонентами, например крепкими волокнами, которые делают исходный материал прочнее.

Армированный фибрами бетон в несколько раз превосходит качественные характеристики обычного бетона. Однако недостаточная изученность стойкости волокон в цементной матрице бетона ограничивает области и применения фибробетона в строительстве, несмотря на то, что использование неметаллических волокон исключает ряд проблем, связанных с коррозией стальных фибр. Спектр областей применения фибробетона очень широк. И каждая из этих областей предъявляет к фибробетонным конструкциям свои специфические требования, как по механическим, так и по реологическим свойствам [1].

Применение сталефибробетона в ряде случаев дает возможность исключить из конструкций часть, а иногда и полностью отказаться от традиционной стержневой арматуры и заменить ее фибровой.

Эффективность применения сталефибробетонных конструкций в этих случаях может быть достигнута за счет снижения трудозатрат на арматурные работы, сокращения расхода стали и бетона (за счет уменьшения толщины конструкции), совмещения технологических операций приготовления бетонной смеси и ее армирования, что, в конечном итоге, приводит к снижению трудоемкости изготовления конструкций на 25–27 % и экономии строительных материалов на 1 м³ готового изделия. Кроме того, эффективность использования сталефибробетона может выражаться в увеличении долговечности конструкций и снижении затрат на текущий ремонт.

Опережающие темпы роста использования высокопрочных бетонов не обеспечивают растущие требования по прочности, долговечности, технологичности бетонов, особенно при строительстве особо ответственных зданий и сооружений.

К таким строительным конструкциям можно отнести сваи, дорожные, тротуарные и аэродромные плиты, ограждения лоджий и балконов, банковских хранилищ и т.д. Высокие потребительские свойства литой стальной фибры обеспечат ей конкурентоспособность не только на внутреннем, но и на внешнем рынках.

Стальная фибра является самым прочным и востребованным материалом для улучшения качества бетона. Она открывает большие возможности в строительстве – обеспечивает прочные конструкции высокого качества, которые не портятся под внешними воздействиями. Сталефибробетон имеет специфические свойства, которые позволяют превзойти обычный бетон, и в мировом производстве занимает немалую долю (12–16%) в суммарном объеме используемого бетона. Металлическая фибра, в отличие от полипропиленовой и стеклянной, улучшает механические характеристики бетона после набора им прочности, т.е. выполняет силовые функции. В качестве металлической фибры используются отрезки стальной проволоки, толщиной 0,1–0,5 мм и длиной от 1 до 5 см (рисунок 1).



Рисунок 1 – Стальная фибра

Сталефибробетон имеет повышенную прочность на разрыв, практически не дает усадки и трещин в процессе эксплуатации. Для получения высокопрочных сталефибробетонов необходимо выполнить ряд условий: волокна должны иметь одинаковые свойства и типоразмеры, иметь хорошее сцепление с раствором и бетоном, равномерно распределяться в бетонной матрице, а их материал должен препятствовать образованию и развитию коррозии и химическому взаимодействию с материалом матрицы.

Для повышения прочности сцепления фибры с бетоном желательно, чтобы она имела периодический профиль, загнутые концы или волнистое очертание. Армирование бетона металлической фиброй способствует увеличению его прочностных характеристик: предел прочности при растяжении, сжатии и изгибе увеличивается, повышается ударная прочность [2]. Значительно повышается деформативность, долговечность, износостойкость, морозостойкость, термостойкость, водонепроницаемость, надежность и коррозионностойкость бетонных конструкций. Повышение физико-механических свойств сталефибробетона позволяет снизить массу бетонных конструкций.

Сталефибробетон обладает набором специфических свойств, существенно превосходящих свойства обычного бетона и в мировой практике занимает значительную долю (12–15%) в общем объеме используемого бетона, для чего налажено серийное производство стальных фибр порядка 350–400 тысяч тонн в год. Мировая практика строительства выявила фибробетон, как один из перспективных строительных материалов XXI века. Свойства сталефибробетона в сравнении с обычным бетоном имеют существенные преимущества:

- повышение прочности при сжатии до 25%;
- повышение прочности на растяжение при изгибе до 250%;
- повышение прочности при осевом растяжении до 60–80%;
- повышение сопротивления удару до 10–12 раз;
- повышение модуля упругости до 20%;
- повышение долговечности конструкций и увеличение межремонтного цикла при их эксплуатации в 1,8...2,0 раза;
- повышается морозостойкость, водонепроницаемость, сопротивление знакопеременным температурам, сопротивление абразивному износу и др.;
- фибровое армирование придает бетонной матрице пластический характер разрушения и повышенную трещиностойкость.

Целесообразность применения стальной фибры заключается в следующем:

– бетон, армированный фиброй, по свойствам аналогичен бетону с удвоенным количеством арматуры, но армирование фиброй получается дешевле, чем укладка двойной арматуры;

– применение фибрового армирования дает возможность усилить углы конструкций и регулировать толщину элемента;

– фибра может применяться в нестандартных конструкциях, где проблематично использовать арматуру.

Следует отметить, что стальную фибру надо рассматривать как разновидность арматуры. Поэтому, как и в случае стержневой арматуры, подбор марки стали для фибры должен зависеть от назначения и условий использования сталефибробетона.

Выпускаемая в мире стальная фибра различается как по способу своего изготовления и исходному материалу, так и по форме фибры и областям ее применения.

По способу своего изготовления и исходному материалу стальную фибру можно разделить на фибру, полученную путем формовки и резки тонкой проволоки и как ее разновидность – полученную рубкой снятых с эксплуатации канатов, рубки тонкого листа, фрезерования слябов, вытяжки из расплава.

Сталефибробетон используют при возведении каркасов зданий и строительстве монолитных бетонных сооружений. Фибробетон со стальными волокнами также применяется при устройстве водоотводных каналов и шахт канализационных колодцев, водоочистных резервуаров и плотин. Пол из фибробетона, имеющего в своем составе стальную проволоку, способен выдерживать значительные нагрузки, что с успехом применяется при возведении промышленных и сельскохозяйственных зданий.

Сталефибробетон выгодно использовать в сухом и влажном торкретбетоне (методом набрызга), для укрепления сводов, склонов горных автодорог, восстановления и усиления старых бетонных колонн, прогонов и других несущих конструкций, отделки тоннелей. Эффективно применение сталефибробетона для монолитных конструкций и сооружений – аэродромных покрытий, пролетных конструкций мостов, и пролетных перекрытий зданий, ирригационных каналов, взрыво- и взломоустойчивых и оборонных сооружений, а также для конструкций верхних строений железнодорожного пути.

Зарубежный опыт таких развитых стран, как США, Великобритания, Германия, Франция и Австралия, убедительно доказал технико-экономическую эффективность применения сталефибробетона в строительных конструкциях [3].

Изготовлением стальной фибры заняты, как правило, мощные производители обычной стержневой и проволочной арматуры или металлоизделий. Наиболее ярким примером в этом плане является Япония, где 7 крупных фирм выпускают стальную фибру, рубленную из листа или проволоки, фрезерованную из сляба, вытянутую из расплава.

Стальная литая фибра производится непосредственно из расплава металла, причем экспериментально установлена возможность получения стальной фибры способом, отличным от существующего – экструдирования из расплава, и имеющим ряд неоспоримых преимуществ.

В настоящее время известны несколько способов получения литой стальной фибры, которые отличаются:

➤ по используемому сырью (шихта, сляб, вторичный металл, сварочная проволока и катанка);

➤ по способу загрузки сырья в зону плавления (ручная, полуавтоматическая загрузка, трайп-аппарат для подачи катанки и проволоки);

➤ по способу плавки (индукционный, электродуговой, плазменно-дуговой и соответствующим им конструкциям питателей рабочей камеры);

➤ по способу кристаллизации металла (с получением непрерывного волокна, штапельного волокна, ленты и т.д.) [4].

Самым эффективным является электродуговой способ получения фибры, в основу которого могут быть положены два вида процесса:

Первый процесс – зона плавки металла и рабочая зона получения фибры разделены в пространстве.

Второй процесс – зона плавки металла совмещена с рабочей зоной получения фибры.

Из зарубежного опыта следует особо выделить применение фибробетонов в дорожном и тоннельном строительстве, строительстве морских платформ и плотин, а также в устройстве полов промышленных зданий, терминалов, и т.п. Достаточно сказать, что сейчас в Германии более 25% всех промышленных полов выполняется из сталефибробетона. Считается целесообразным применение сталефибробетона в каркасных конструкциях зданий, особенно при возможных сейсмических воздействиях.

В настоящее время в отечественной практике в опытном порядке внедрены такие сталефибробетонные конструкции, как сваи, дорожные, тротуарные и аэродромные плиты, ребристые и складчатые плиты покрытий, кольца округлых смотровых колодцев, трубы, лотки, плиты пола и несъемной опалубки, ограждения лоджий и балконов, банковские хранилища.

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что разработка и производство фибробетонов значительно улучшают целый комплекс показателей строительных конструкций. Применение того или иного вида фибры зависит от назначения и характера эксплуатации конструкции. Существующие методы расчета недостаточно учитывают особенности работы фибробетонных конструкций при различных воздействиях.

Список использованных источников

1 Рабинович, Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов / Ф.Н. Рабинович. – М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 559 с.

2 Талантова, К.В. Строительные конструкции с заданными свойствами на основе сталефибробетона : автореф. дис. док. тех. наук : 05.23.01 / Талантова Клара Васильевна ; Новосибирск, 2010. – 30 с.

3 Al Khalaf, M.N. Effects of Fibre Surface Composition on Mechanical Properties of Steel Fibre Surface Reinforced Mortars / M. N. Al Khalaf, C. L. Page, A. G. B. Ritchie // Cement and Concrete Research. 1980. – Vol. 10. – P. 71 – 77.

4 Кулинич, И.Л. Перспективы получения и использования литой стальной фибры для армирования бетонных конструкций / И.Л. Кулинич, А.В. Журневич, В.А. Шейнерт // Новые материалы и технологии их обработки: материалы XVII Респ. студ. научн.-техн. конф., Минск, 20–22 апреля 2016 г. / Белорус. нац. техн. ун-т : ред. кол. : И.А Иванов [и др.]. – Минск, 2016. – С. 32 – 34.