

Эффективность применения продуктов вторичной переработки полиэтилентерефталата в бетонах

А.В. Киянец

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

Аннотация: Исследование посвящено обобщению имеющегося мирового опыта о влиянии продуктов вторичной переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ) при их добавлении в бетон на его характеристики. Анализ имеющихся данных показывает эффективность применения фибры из ПЭТ в бетонной матрице с целью утилизации отходов пластика, облегчения бетонных конструкций, экономии расхода цемента и повышения прочностных характеристик бетона. Но исследователи не пришли к единому мнению по вопросам эффективного расхода фибры при армировании, влияния формы применяемых волокон на свойства фибробетона, а также областей применения этого материала.

Ключевые слова: бетон, бетонная матрица, фибра, дисперсное армирование, полиэтилентерефталат, прочность на растяжение, прочность на сжатие.

Введение

В последнее время активизировались исследовательские работы по теме использования продуктов вторичной переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ). Из этого пластика изготавливаются многочисленные виды бутылок для воды и напитков и разнообразные типы тары и упаковки. Объемы выпуска этой продукции во всем мире составляют многие миллионы тонн. Мусор (вторичное сырье), образующийся после использования продукции активно перерабатывается [1]. Но по мере того, как использование значительно растёт во всем мире, усилия по сбору и переработке оказываются недостаточными. Поэтому все более актуальным становится вопрос по применению продуктов вторичной переработки ПЭТ-тары в других отраслях, в том числе в строительстве, в качестве армирующей добавки (фибры) для бетона [2].

Исследования

По данной теме в мире уже проведен ряд исследований. Ученые из Японии отмечают безопасность применения ПЭТ-волокон в бетоне, а также

улучшение физико-механических характеристик бетона. Приводится два успешных примера применения конструкций из данного материала [3]. В целом доказано положительное влияние ПЭТ-фибры на прочность бетонных образцов, что показывают в своей работе исследователи из университетов Италии и Мальты [4]. Ими были изучены различные типы измельченных переработанных волокон ПЭТ, прямые и деформированные, вместе с различной длиной волокон: 30 мм и 50 мм. Оценены различные варианты процентных добавок в бетон. Определены растягивающие свойства и вытягивающие характеристики волокон. Затем были оценены эффекты волокон при смягчении растрескивания пластмассы и усадки при сушке, и, наконец, были определены прочность на сжатие и изгиб фибробетона. Также оценивался потенциал растрескивания тонких плит фиброармированного раствора.

В исследовании португальских ученых сообщается о прочностном поведении бетона, содержащего три типа переработанного полиэтилентерефталата (ПЭТ) [5]. Также результаты анализируются для определения влияния ПЭТ-агрегата на прочность на изгиб и прочность на раскол, и прочность на сжатие.

В эксперименте применялись три типа ПЭТ-агрегатов. Были изготовлены образцы с 5%, 10% и 15% содержанием ПЭТ-агрегата. Испытывались образцы по истечении 7, 28 и 91 суток. Показано, что включение любого типа ПЭТ-заполнителя значительно снижает прочность на сжатие полученного бетона. Но ввод ПЭТ-агрегата улучшает жесткость полученного бетона. Такое поведение зависит от формы ПЭТ-заполнителя и максимизируется для бетона, содержащего грубый, шелушащийся ПЭТ-агрегат. Прочность на разрыв и прочность на изгиб пропорциональны снижению прочности на сжатие бетона, содержащего пластиковые агрегаты.

Работники Варшавского технологического университета выпустили статью о применении ПЭТ в бетоне. В статье излагается что, ПЭТ-отходы можно использовать как частичную или полную замену заполнителя в бетонной композиции или в виде фибробетона. Основным недостатком таких применений они называют гидролиз сложноэфирных связей полиэтилентерефталата в сильнощелочной среде цементной матрицы.

Результаты исследований показали, что введение ПЭТ-волокон не ухудшают механическую прочность бетонного композита. Однако наличие полимерных волокон ухудшает осадку конуса бетонной смеси, что может вызвать трудность при перемешивании или укладке бетонной смеси [6].

Исследователи из Малайзии работали с бетоном, содержащим ПЭТ-волоконно в объеме 0,5%, 1,0% и 1,5% фракции. Отметили небольшое увеличение прочности [7].

Работники университета Баба Гулам Ша Бадша (Индия) также исследовали поведение различных сортов бетона, классов В20, В25 и В30, с добавлением некоторого количества ПЭТ-волокон (2%, 3%, 4% и 5%). Они отметили, что загрязнение окружающей среды от различных бионеразлагаемых отходов не только создает опасность для окружающей среды, но также может повлечь за собой серьезные последствия для жизни людей. Использование данных материалов, взамен мелкого заполнителя, в бетоне позволяет частично решить эту проблему.

Бетоны классов В20, В25 и В30 были получены с использованием различных пропорций ингредиентов для разработанной смеси. ПЭТ-волокна добавляли к бетону по весу цемента в процентах от 2% до 5% для образцов куба размером 150мм x 150мм x 150мм.

Затем механические свойства, такие, как прочность на сжатие, сравнивались с обычном бетоном. Оптимальная прочность на сжатие бетона была достигнута с добавлением 3% ПЭТ-волокон [8].

Работники еще одного университета из Индии также отмечали, что полиэтилентерефталат (ПЭТ) является выдающимся материалом, который широко используется в качестве сырья для производства тары. Целью исследования было определить возможность повторного использования ПЭТ в виде замены заполнителей в портландцементе. В этом исследовании бетон с 0%, 5%, 10%, 15% и 20% ПЭТ отходов. В выводах они отметили, что твердое вещество (бетон) с отходами ПЭТ значительно снижает расход цемента, и это помогает в приготовлении бетонной смеси с уменьшенным удельным весом. Также бетон с добавлением ПЭТ показал увеличение прочности на сжатие и растяжение по сравнению с бетоном без добавления ПЭТ [9].

Результаты

В последних опубликованных работах по исследованию применения отходов вторичной переработки ПЭТ для добавки в бетон можно выделить несколько направлений:

- использование различных видов арматуры из ПЭТ, например, сеток [10];
- исследование влияния формы вводимых в бетон ПЭТ-волокон (фибры), например волокон кольцевой формы [11];
- комплексное применение ПЭТ-фибры и других армирующих материалов (другие виды пластика, резина), полученных также путем переработки мусора, и добавок в виде золы и микрокремнезема [12, 13].

Заключение

Таким образом, на настоящий момент доказана общая эффективность применения фибры из полиэтилентерефталата в бетонной матрице с целью утилизации отходов пластика, облегчения бетонных конструкций, экономии

расхода цемента и повышения прочностных характеристик бетона. Но исследователи не пришли к единому мнению по вопросам эффективного расхода фибры при армировании, влияния формы применяемых волокон на свойства фибробетона, а также областей применения этого материала. Также актуальным остается вопрос об эффективности применения промышленного флекса (флекс – сырье, полученное путем вторичной переработки мусора из ПЭТ, служащее для выпуска пластиковых бутылок, тары и т.д.), без его дополнительной обработки в качестве добавки в бетон. Данный способ позволил бы существенно сократить расходы по производству фибробетона с ПЭТ-волокном.

Учитывая предыдущие наработки и перспективы развития данной темы, многообещающим является направление получение фибробетона с применением фибры из продуктов вторичной переработки ПЭТ с повышенной прочностью и износостойкостью.

Литература

1. Malik N., Kumar P., Shrivastava S., Ghosh S.B. An overview on PET waste recycling for application in packaging // International Journal of Plastics Technology. 2017. Volume 21. №1. Pp. 451-464.
2. Sharma, R., Bansal, P.P. Use of different forms of waste plastic in concrete // Journal of Cleaner Production. 2016. Volume 112. Pp. 473-482.
3. Ochi T., Okubo S., Fukui K. Development of recycled PET fiber and its applications as concrete-reinforcing fiber // Cement Concr. Compos. 2007. Volume 29. Pp. 448-455.
4. Ruben P., Borga O., Baldacchino L. F. Early age performance and mechanical characteristics of recycled PET fibre reinforced concrete // Construction and Building Materials. 2016. Volume 108. Pp. 29-47.



5. Nabajyoti S. Waste Polyethylene Terephthalate as an Aggregate in Concrete // Mat. Res. 2013. Volume 16. №1. Pp. 129-148.
6. Daniel W., Pawel L., Gabriel R. Application of fibres from recycled PET bottles for concrete reinforcement // Journal of Building Chemistry. 2016. № 1. Pp. 1-9.
7. Irwan J.M., Asyraf R.M., Othman N., Koh H.B., Annas, M.M.K., Faisal S.K. The mechanical properties of PET fiber reinforced concrete from recycled bottle wastes // Advanced Materials Research. 2013. Volume 795. Pp. 347-351.
8. Showkat M., Hemant S. Effect of PET fibers on the Performance of concrete // SSRG International Journal of Civil Engineering. 2016. Volume 3. Pp. 327-332.
9. Mastan V.N., Asadi S.S. Pet bottle waste as a supplement to concrete fine aggregate // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. Volume 8. № 1. Pp. 558-568.
10. Vishnu A., Mohana V., Manasi S., Ponmalar V. Use of polyethylene terephthalate in concrete // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. Volume 8. № 7. Pp. 1171-1176.
11. Khalid F.S., Irwan J.M., Ibrahim M.H.W., Othman N., Shahidan S. Performance of plastic wastes in fiber-reinforced concrete beams // Construction and Building Materials. 2018. Volume 183. Pp. 451-464.
12. Bui N.K., Satomi T., Takahashi H. Recycling woven plastic sack waste and PET bottle waste as fiber in recycled aggregate concrete: An experimental study // Waste Management. 2018. № 78. Pp. 79-93.
13. Sakulneya A., Wattanachai P. A comparison study on elasticity of rubberized concrete with and without poly (Ethylene terephthalate) fibre // Songklanakarin Journal of Science and Technology. 2018. Volume 40. № 3. Pp. 492-497.