

увеличению их несущей способности без значительного увеличения массы, так и к сокращению временных и трудовых затрат; возможности выполнения работ без выведения сооружения из эксплуатации. Однако при всех преимуществах остаётся открытым вопрос сцепления углеволокна с усиливаемой поверхностью при воздействии высоких и низких температур, что не дает возможности широкого внедрения конструктивных решений с использованием углеволокна в области строительства.

Литература

1. Шилин, А. А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / А. А. Шилин, В. А. Пшеничный, Д. В. Картузов. – М.: Стройиздат, 2007.
2. Мелешко, А. И. Углерод. Углеродные волокна. Углеродные композиты / А. И. Мелешко, С. П. Половников. – М.: Сайнс-пресс, 2007.
3. Гапонов, В. В. Обоснование и разработка технологии усиления железобетонных конструкций подземных сооружений с использованием композиционных материалов: специальность 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»: диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гапонов Виталий Владимирович; Московский государственный горный университет. – Москва. – 2012. – 173 с.

УДК 693

Особенности изготовления легких бетонов с использованием отходов производств

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой

«Промышленное и гражданское строительство»;

Магеррамова Инна Александровна, старший преподаватель кафедры

«Промышленное и гражданское строительство»

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково

В статье описывается опыт использования промышленных отходов для производства бетонов; эффективность утилизации отходов за счет повышения эксплуатационных характеристик бетона и уменьшения его стоимости.

В строительной индустрии использование отходов наибольшее применение получило в изготовлении строительных материалов, так как это способствует решению проблемы загрязнения окружающей среды и позволяет высвободить территории полезной площади, занятые этими отходами.

Известным опытом применения отходов является изготовление строительных конструкций из бетонов различных классов, в том числе фибробетонов. Легкий фибробетон на сегодняшний день является одним из востребованных материалов для изготовления энергоэффективных строительных конструкций.

В настоящее время в стране работают 70 заводов по производству автоклавного ячеистого бетона, выпускающих 8,4 млн м³ изделий в год. Производство неавтоклавного ячеистого бетона, в основном пенобетона, составляет около 6 млн м³ в год для монолитного и сборного строительства. На 1 тыс. человек населения нашей страны производится всего 15 м³, в то время как в Республике Беларусь – 130 м³, а в Германии, Швеции и других странах Западной Европы – 270-300 м³ [1].

Опыт применения отходов для производства легких бетонов и изделий на их основе можно условно разделить на несколько типов: использование отходов в качестве вяжущего, наполнителя и модификатора. Наиболее распространённым типом отходов, применяемых как в отечественной практике, так и за рубежом, является зола уноса от сжигания углей на ТЭЦ. Существуют нормы для использования этих отходов при производстве строительных материалов – ГОСТ 25818-2017 Зола-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия [2].

Отходы классифицируются по следующим признакам: минеральные – топливные шлаки, пески, песчано-гравийные смеси, глины; органические – камыш, солома, торф; отходы деревообработки – в виде опилок, стружки, коры и веток.

Для создания пористой структуры и улучшения теплотехнических характеристик известен опыт использования органического сырья в качестве крупного заполнителя легкого бетона. Растительное сырье проходило модификацию высококальциевой золой и полимерсиликатной композицией, что обеспечило совместную работу органического заполнителя с бетонной матрицей. Органический заполнитель и модификатор были определены из условий наличия местных отходов. Это позволило получить легкие бетоны, имеющие прочность при сжатии 7,5-12,0 МПа, плотность 480-620 кг/м³, низкую теплопроводность 0,18-0,31 Вт/(м·°С), высокую трещиностойкость и обладающие демпфирующей способностью при воздействии сосредоточенных нагрузок. При этом экономический эффект по замене традиционных

стеновых материалов новыми материалами на основе гранулированного растительного сырья составил около 7,5 миллионов рублей без учета экологической составляющей.

Опыт создания стеновых материалов неавтоклавного твердения с применением утилизации отходов минераловатной промышленности и зол ТЭЦ показал свою эффективность за счет того, что измельченные отходы производства минеральной ваты могут быть использованы в бесцементном вяжущем в композиции с известью, гипсом и высококальциевой золой. Предложенный состав газобетона, включающий отходы производства минеральной ваты и зол ТЭЦ, позволяет получить газобетон класса 3.5-10.0 при отсутствии цемента за счет взаимодействия свободного оксида кальция с активным стеклом минеральной ваты [3]. В качестве неавтоклавного легкого бетона был получен газобетон с плотностью 700-1100 кг/м³, прочностью при сжатии 4,5-11,9 МПа, удовлетворительной морозостойкостью. А также была предложена технологическая схема производства бетонных блоков из бесцементного бетона неавтоклавного твердения со средней плотностью 1400-1900 кг/м³, прочностью при сжатии 28,8-43,2 МПа, прочностью при изгибе 3,1-5,2 МПа. Техничко-экономическая эффективность от использования предложенных строительных материалов обеспечивается за счет утилизации отходов производства. Это снижает стоимость сырьевых материалов и способствует решению экологических проблем.

Использование местных техногенных отходов для разработки бесцементных и малоцементных композиций показало свою высокую эффективность для получения пенобетонов неавтоклавного твердения [5]. Бесцементная композиция, обладающая вяжущими свойствами на основе трех видов техногенных отходов, состояла из 96 % высококальциевой золы-уноса, 4 % микрокремнезема и 2 % минерализованных стоков сверх 100 % сухих компонентов. По прочности, которая составляет более 40 МПа, бесцементная композиция сопоставима с цементным вяжущим. Установлена возможность повышения прочности конструкционно-теплоизоляционного пенобетона марки D900 за счет введения в бесцементную композицию 10 % цемента, что обеспечивает повышение прочности до 5,0-6,0 МПа. Экономический эффект от применения разработанных составов композиций при изготовлении изделий из пенобетона по сравнению с традиционными цементными составляет 25,5 %.

Известно использование отходов для изготовления сухих смесей [4]. В исследовании был получен газобетон со средней плотностью 450-500 кг/м³ на основе применения техногенных отходов: золы гидроудаления и текстильного корда, полученного при переработке старых шин, что позволило расширить сырьевую базу, повысить технико-экономические показатели газобетона, улучшить экологическую

ситуацию в регионе. Выявлено, что введение отработанного текстильного корда по разработанной методике в количестве 2 % по массе способствует оптимизации микро- и макроструктуры газобетона.

Экспериментально подтверждена возможность улучшения физико-механических свойств газобетона путём введения в его состав отработанного текстильного корда. Усадка при высыхании такого газобетона в количестве 2 % по массе и добавкой хлорида натрия 0,5 % на 45 % ниже усадки образцов контрольного состава. Водопоглощение по массе газобетона с отработанным текстильным кордом на 17 % ниже по сравнению с контрольным составом.

При производстве автоклавных пенобетонов получатся два типа отходов: «технологические» отходы, которые образуются в процессе резки пенобетонных массивов, и производственный брак. При грамотном подходе данные отходы являются ценным сырьевым компонентом для изготовления различных видов композиционных материалов на цементной основе. Данные отходы используются в качестве заполнителя. С увеличением фракции заполнителя средняя плотность снижается. Это связано с уменьшением количества контактов между зернами щебня и понижением плотности упаковки щебня относительно друг друга. Наиболее высокую прочность имеют те составы, у которых наблюдается низкое содержание технологической пыли и высокий расход цемента.

Экспериментальные исследования показали, что сухие отходы имеют низкую насыпную плотность и относительно высокую прочность при сдавливании в цилиндре, что позволяет получить бетон с плотностью 1100-1300 кг/м³ с высокой марочной прочностью до класса бетона В5. Использование отходов пенобетона автоклавного твердения в качестве крупного заполнителя в легком бетоне позволяет значительно повысить уровень безотходности производства.

Использование фибры на основе отходов производства в легких фибробетонах имеет точечное применение, так как она имеет гладкую структуру. Не всегда ее применение эффективно, потому что не обеспечивается сцепление с бетонной матрицей, поэтому необходимо дополнительно ее модифицировать.

Таким образом, эффективность применения отходов промышленности дает возможность снизить на 10-30 % затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья. При этом их использование дает значительный прирост прочности при изготовлении конструкций из легких бетонов. Как показывает практика, наиболее применяемыми отходами в России является зола уноса. Отходы, образованные металлургической промышленностью не так активно

реализованы для изготовления конструкции на основе легких бетонов, и вопрос их утилизации остается открытым.

Литература

1. Утилизация промышленных отходов в России и в мире: проблемы и решения: [сайт]. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/ekologiya/536780-utilizatsiya-promyshlennykh-otkhodov-v-rossii-i-v-mire-problemy-i-resheniya/> (дата обращения: 01.04.2021). – Текст: электронный.

2. Сошкина, Г. Н. Легкие бетоны неавтоклавного твердения на основе зол и отходов производства минеральной ваты: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сошкина Галина Николаевна; Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. – Новосибирск, 2002. – 147 с.

3. ГОСТ 25818-2017. Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2017.

4. Курятников, Ю. Ю. Сухие золосодержащие смеси для изготовления газобетона естественного твердения: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Курятников Юрий Юрьевич; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – Воронеж, 2009. – 166 с.

5. Артемьева, Н. А. Пенобетон на основе золокремнеземистых композиций и жидких отходов металлургической промышленности: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Артемьева Наталия Александровна; Красноярская архитектурно-строительная академия. – Красноярск, 2005. – 196 с.