

УДК (UDC) 624.014.2

PRODUCTION OF FIRE-RESISTANT CONCRETE BASED ON TECHNOGENIC WASTE

Юсупов У.Т.¹Yusupov U.T.¹

¹ – Ташкентский архитектурно-строительный институт
(Ташкент, Узбекистан)

¹ – Tashkent institute of architecture and civil engineering (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract: The article notes that at present, with the development of the construction industry, the need for fire-resistant concrete is also increasing. In increasing the volume of construction, concrete and other components are some of the resources available at the price of finished objects achieved through cost reduction. It is determined that the developed fire- and heat-resistant concrete, prepared according to the technological requirements developed by us and the established standards, will provide the facility with reliable fire safety and longevity

Key words: fire resistance, concrete, active additive, durability, technological regulations, technology.

ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕСТОЙКИХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Аннотация: В статье отмечено, что в настоящее время с развитием строительной индустрии в мире возрастает также потребность в огнестойких бетонах. В увеличении объемов строительства бетон и другие составляющие являются одними из ресурсов, доступных по цене готовых объектов достигается через снижение стоимости. Определены, что разработанные огне- и жаростойкие бетоны, приготовленные согласно разработанным нами технологическим требованиям и установленным нормам, обеспечат объекту надежную пожарную безопасность и долговечие.

Ключевые слова: огнестойкость, бетон, активная добавка, долговечность, технологический регламент, технология.

Введение. Сегодня с развитием строительной индустрии возрастает также потребность в огнестойких бетонах. В увеличении объемов строительства бетон и другие составляющие являются одними из ресурсов, доступных по цене готовых объектов достигается через снижение стоимости за счёт применения в строительстве современных качественных строительных материалов и изделий с меньшей энергоёмкостью и с улучшенными характеристиками. В этом особое значение имеет производство эффективных огнестойких бетонов на основе техногенных отходов [1].

В мировом масштабе особое внимание уделяется разработке новых составов цементов, и важнейшей задачей исследований в этом направлении является разработка составов новых механохимически активированных добавок на основе техногенных отходов для композиционных цементов. При разработке механо-химически активированных добавок и на их основе новых составов высокоэффективных специальных цементов, в этом направлении необходимо обосновать ряд научных решений, в частности: разработка новых способов производства эффективных видов строительных продуктов на основе эффективных добавок; разработка новых составов для получения бетонов с участием вторичных сырьевых ресурсов;

повышение показателей прочности бетонов на кислотостойких цементах; оптимизация состава сырьевых материалов при получении энергосберегающих добавок и цементов; модернизация технологий производства огнестойких бетонов; для увеличения объема производства огнестойких бетонов применение альтернативных источников активных минеральных добавок и добавок-наполнителей [2].

В Республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по производству огнестойких бетонов, направленные на обеспечение потребности в цементе, достигается модернизация экономики и создание новых производственных мощностей. В Стратегии действий развития экономики страны определены задачи «развитие отраслей производства, модернизация и диверсификация промышленности, на практике применять способов малорасходных энергосберегающих технологий, развитие цементной промышленности, изготовление импортозамещающей и экспортоориентированной продукции» [3]. В этом вопросе важнейшее значение приобретают научные исследования, направленные на разработку новых составов механохимически активированных добавок на основе техногенных отходов и новых составов эффективных цементов с их использованием.

Огне- и жаростойкие бетоны применяются в основном в промышленном строительстве для возведения специальных огнестойких конструкций. Для сооружения конструкций из жаропрочного бетона применяются сборные изделия, произведенные на специализированных предприятиях, либо бетонные жаростойкие смеси, изготовленные по месту применения огнеупорных конструкций.

Ввод в эксплуатацию новых бетонных конструкций происходит после достижения огне- и жаростойким бетоном проектной прочности — но не ранее 3 суток для изделий на быстротвердеющем цементе, жидком стекле, глиноземистом цементе; и не менее 7 суток для изделий на портландцементе.

Перед нагревом конструкций котлов и агрегатов из жаростойкого бетона, затвердевшие смеси просушивают с целью удаления из их состава свободной воды. А последующий разогрев, в зависимости от вида вяжущих, проводят по специальным режимам, предусмотренным технологической инструкцией для каждого агрегата.

Постановка задачи. Нами были исследованы физико-химические характеристики и технологические свойства механохимически активированной добавки «УТЮ-1» и сырьевых материалов, использованных для ее получения – золошлаки Ново-Ангренской ТЭС и фосфогипс АО «Аммофос-Максам», минеральных ингредиентов специальных добавок: базальта, запечной пыли [4].

Химические составы исходных материалов, добавки «УТЮ-1» и цементов с ее использованием определяли по ГОСТ-5382-91, их минералогические составы – методом рентгенофазового анализа, химическая активность добавки «УТЮ-1» оценивалась по способности ее поглощать известь из насыщенного известкового раствора, физико-механические свойства добавки, добавочных цементов с механохимически активированными добавками с участием «УТЮ-1» изучали по методикам ГОСТ 310.3-76 и ГОСТ 310.4-81, оценка их качественных показателей – в соответствии требованиями ГОСТ 10178 и O'z DSt 2830:2014. Фазовые составы добавки «УТЮ-1», добавочных и активированных с ее участием определены на рентгеновской установке «ДРОН-2». Структура добавки «УТЮ-1», генезис формирования структуры при твердении добавочных и активированных добавок исследована на энерго-дисперсионном сканирующем микроскопе марки EDX (OxfordInstrument)–AztecEnergyAdvanced X-act SDD с элементным анализатором типа SEM-EVO MA 10. Долговечность добавочных и активированных бетонов, содержащих добавку «УТЮ-1», оценивалась по количеству теплосмен насыщения водой и высушивания в сушильном шкафу, а также количеством циклов попеременного замораживания при -20оС и оттаивания в воде.

Проведенные экспериментальные исследования по определению возможности комплексного использования механохимически активированной добавки «УТЮ-1» показали, что разработанные нами добавки играют роль кристаллических затравок – «центров кристаллизации», которые выступают инициаторами возникновения новых зародышей новообразований гидросульфоалюминатного и гидросиликатного типа, ускоряют процесс их кристаллизации и формирования кристаллического каркаса твердеющей цементной

дисперсии, и как следствие – интенсифицируют процессы гидролиза и гидратации алюминатных и силикатных минералов ПЦ клинкера.

Химические составы усредненных проб механохимически активированной добавки «УТЮ-1» приведены в таблице 1. При расчете составов композиционных добавок учитывали содержание (SO₃) в каждом сырьевом компоненте добавки и при принятом соотношении каждого из них, рассчитывали суммарное содержание SO₃ в механохимически активированных добавке «УТЮ-1» (табл. 2).

Таблица 1

| Наименование компонентов | Химический состав компонентов смеси «УТЮ-1» Содержание массовой доли оксидов, % | | | | | | | |
|---|--|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|-------------------------------|
| | П.п.п | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | P ₂ O ₅ |
| Золошлак | 7,97 | 54,82 | 21,34 | 3,18 | 5,72 | 1,30 | 0,56 | 0,14* |
| Фосфогипс | 19,61 | 3,04 | 0,74 | 0,78 | 29,44 | 0,25 | 43,22 | 2,42* |
| *Массовая доля водорастворимых фосфатов,%, в пересчете на P ₂ O ₅ . | | | | | | | | |

Таблица 2

Вещественный и химический составы механохимически активированной добавки «УТЮ-1»

| Условное обозначение смесей | Вещественный состав смеси, масс. % | | | | | | | Суммарное содержание SO ₃ , масс. % | |
|-----------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|--|------|
| | Золошлак | | Фосфогипс | | | | | | |
| «УТЮ-1»- 1 | 50 | | 50 | | | | | 21,89 | |
| «УТЮ-1»- 2 | 70 | | 30 | | | | | 13,36 | |
| | П.п.п | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | P ₂ O ₅ | Пр. |
| «УТЮ-1»- 1 | 13,51 | 28,93 | 11,04 | 1,98 | 14,72 | 0,78 | 21,89 | 1,28 | 5,87 |
| «УТЮ-1»- 2 | 11,31 | 39,28 | 15,16 | 2,46 | 12,83 | 0,98 | 13,36 | 0,83 | 3,79 |

По данным таблицы 2, химический состав смесей «УТЮ-1»-1 и «УТЮ-1»-2, представлен преимущественно оксидами кремния (28,93% и 39,28%), алюминия (11,04% и 15,16 %) соответственно. Содержание SO₃ составляет 21,89 % и 13,36 % соответственно в «УТЮ-1»-1 и «УТЮ-1»-2, результаты химического анализа приготовленных смесей «УТЮ-1» указывают на возможность их использования в качестве активных минеральных добавок, и возможно – регулятора сроков схватывания взамен гипсового камня для получения композиционных портландцементов.

По данным таблицы 3, в начальные сроки твердения прочность цементов «УТЮ-1»-15, «УТЮ-1»-20, в возрасте 7 суток составила 24,6 МПа и 26,2 МПа соответственно, что практически не отличается от прочности контрольного бетона (26,8 МПа).

Химическая активность добавки «УТЮ-1» по поглощению извести составила 54,5 мг, что соответствует минимально допустимой активности, характерной для группы искусственных (техногенных) алюмосиликатных гидравлических добавок. Следовательно, добавка «УТЮ-1» является химически активной минеральной добавкой, и классифицируется по происхождению (изготовлению) как искусственная добавка техногенного происхождения, по химическому составу – кислая, по химической активности - гидравлическая.

Таблица 3

Прочностные характеристики цементов, содержащих в качестве механохимически активированной добавки «УТЮ-1»

| Условное обозначение цементов | В/Ц | Распływ конуса, мм | Предел прочности, МПа при изгибе и сжатии через: d / (% в 28 сут. при сжатии), | | | | Марка цемента |
|-------------------------------|-------|--------------------|--|------|-----|----------|---------------|
| | | | 7d | | 28d | | |
| | | | Риз | Рсж | Риз | Рсж | |
| ПЦ- Д0 | 0,368 | 115 | 5,3 | 24,6 | 5,8 | 41,4/100 | 400 |
| «УТЮ-1»1- 15 | 0,356 | 113 | 4,4 | 22,9 | 5,9 | 42,2/102 | 400 |

Продолжение таблицы 3

| Условное обозначение цементов | В/Ц | Расплав конуса, мм | Предел прочности, МПа при изгибе и сжатии через: d /(% в 28 сут. при сжатии), | | | | Марка цемента |
|-------------------------------|-------|--------------------|---|------|-----|-----------|---------------|
| | | | 7d | | 28d | | |
| | | | Риз | Рсж | Риз | Рсж | |
| «УТЮ-1»1- 20 | 0,362 | 113 | 3,8 | 20,2 | 4,2 | 24,4/63,5 | Не соответ. |
| «УТЮ-1»2-15 | 0,356 | 112 | 4,9 | 24,6 | 6,2 | 46,4/113 | 400 |
| «УТЮ-1»- 20 | 0,356 | 113 | 4,4 | 26,2 | 6,2 | 49,2/120 | 500 |

Разработанный нами огне- и жаропрочный бетон можно рекомендовать к применению в индивидуальном строительстве при сооружении печей, каминов, дымовых труб и других конструкций, подвергающихся постоянно или временно воздействию высоких температур.

Поэтому, выбрав одну из перечисленных выше конструкций для обустройства своего жилища, можно столкнуться с таким вопросом: как приготовить жаростойкий бетон своими руками. Первый и самый простой способ изготовления огнестойких растворов — это использование готовых сухих, устойчивых к высоким температурам смесей.

Приготовление жаростойких бетонов из отдельных компонентов тоже не представляет особой сложности, и сводится к следующим операциям:

1. Оптимальный состав материалов для приготовления бетонной смеси на портландцементе, сверяем по таблице «Примерный состав бетонов на портландцементе с минеральными лигатурами.

2. Вначале заливаем в бетоносмеситель 90% необходимого количества воды или разбавленного жидкого стекла.

Бетонирование в условиях жаркого климата характеризуется температурой воздуха 35–40°C и относительной влажностью 10–25%, частыми ветрами и высокой солнечной активностью.

При производстве бетонных работ в таких условиях, все эти факторы негативно влияют на состояние бетонной смеси и приводят к обезвоживанию (осушению) бетона, что замедляет процесс гидратации цемента. Прочность бетона в этом случае снижается до 50% в сравнении с бетонными смесями, твердеющими в стандартных температурных условиях.

Заливка бетона в жару ухудшает капиллярную структуру твердеющей бетонной смеси, что значительно влияет на качество изделия, а впоследствии и на долговечность готовых бетонных конструкций. Резкое обезвоживание бетонных растворов приводит к образованию усадочных трещин, а в период эксплуатации — к шелушению бетонных поверхностей.

Вывод. Для качественной укладки бетонных смесей в жаркую погоду, необходимо применять технологические меры по сохранению необходимой консистенции бетонного раствора — вплоть до укладки его в опалубку.

А именно:

1. В первую очередь, необходимо внимательно отнестись к выбору всех компонентов бетонной смеси. В этих условиях, в качестве вяжущего рекомендуется использовать портландцемент.

2. В качестве заполнителей должны применяться материалы с одинаковым температурным расширением, и близкие по параметрам к применяемому цементу.

3. Заполнители перед применением необходимо подвергать влажной обработке.

4. Для увеличения подвижности бетонной смеси и снижения водоцементного соотношения, в бетонную смесь добавляют пластификаторы.

5. Время замеса бетонного раствора необходимо увеличить на 35–50%.

6. Транспортировку готовой бетонной смеси осуществлять только автобетоносмесителями. Причем, в миксер загружают сухую бетонную смесь, а разбавление ее водой происходит только в момент укладки в опалубку. Это снижает риск обезвоживания смеси в период доставки ее на строительный участок.

7. Перед укладкой бетона необходимо проверить герметичность опалубки, и увлажнить ее внутреннюю поверхность.

8. Для подачи бетонной смеси к месту укладки целесообразно использовать бетононасосы или специальные бады.

9. Бетонирование при жаркой погоде обязательно проводить с использованием глубинных вибраторов.

10. В период набора прочности бетон накрывают увлажненными: мешковиной, рогожей, соломенными матами и др. Каждые 3–4 часа бетонную поверхность поливают водой, а с учетом жаркого климата, время поливки бетона увеличивается до 28 суток.

Бетоны огне- и жаростойкие, приготовленные согласно разработанным нами технологическим требованиям и установленным нормам, обеспечат объекту надежную пожарную безопасность и долгодетие.

Литература

1. Баженов И.К., Колосов И.М. Огнестойкие бетоны. – М.: Стройиздат, 2012. – 149 с.
2. Тимофеев И.Д., Таболкин С.Б. Бетоны специального назначения. – М.: Стройиздат, 1997. – 256 с.
3. Указ Президента Республики Узбекистан № 4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах».
4. Бабакулова Н.Б., Юсупов У.Т. Некоторые проблемы повышения огнестойкости и жаростойкости бетонов // Булатовские чтения: материалы III Международной научно-практической конференции (31 марта 2019 г.): сборник статей. Том 4 / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2019. – С. 41-43.

References

1. Bazhenov I.K., Kolosov I.M. Fire resistant concrete. – M.: Stroyizdat, 2012. – 149 p.
2. Timofeev I.D., Tabolkin S.B. Concrete for special purposes. – M.: Stroyizdat, 1997. – 256 p.
3. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. 4947 dated February 7, 2017 “On the Strategy of Action for Five Priority Directions for the Development of the Republic of Uzbekistan in 2017-2021”
4. Babakulova N.B., Yusupov U.T. Some problems of increasing fire resistance and heat resistance of concrete // Bulatov readings: materials of the III International Scientific and Practical Conference (March 31, 2019): collection of articles. Volume 4 / under the general. ed. Dr. tech. sciences, prof. O.V. Savenok. – Krasnodar: Publishing House – South, 2019. – P. 41-43.

Сведения об авторах / Information about the authors

Юсупов Усмонжон Тургуналиевич - к.т.н., доцент, Ташкентский архитектурно-строительный институт. E-mail: pgs9111@mail.ru

Yusupov Uzmonjon Turgunaliyevich - PhD, Associate Professor, Tashkent Institute of Architecture and Construction. E-mail: pgs9111@mail.ru