

ТАЗА ЧЫГАРЫЛГАН КҮНДҮК ЖАНА КҮНДҮК ТЕНДИКТЕРДИН МАЗМУНУ

Булай Т.В.⁽¹⁾, Кузьменков М.И.⁽²⁾, Шалухо Н.М.⁽³⁾

⁽¹⁾"Янка Купала Гродно Мамлекеттик Университети" билим берүү мекемесинин улук окутуучусу, best20.04@mail.ru, Беларусь Республикасы, Гродно, ул. Курчатова, 1а

⁽²⁾Техникалык илимдердин доктору, профессор, "Беларусь Мамлекеттик Технологиялык Университети" билим берүү мекемеси, kuzmenkov@belstu.by, Беларусь Республикасы, Минск, ул. Свердлова, 13

⁽³⁾Техникалык илимдердин кандидаты, доцент, "Беларусь Мамлекеттик Технологиялык Университети" билим берүү мекемеси, shalukho@belstu.by, Беларусь Республикасы, Минск, ул. Свердлова, 13

Макалада күкүрттүн негизги жана келечектүү багыттары келтирилген. Күкүрт бетонун чыгаруунун технологиялык процесси, күкүрттү күкүрт-асфальт бетонун даярдоо үчүн байланыштыргыч катары колдонуу мүмкүнчүлүгү жана күкүрттү цемент бетонун сиңирүү катары колдонуу натыйжалуулугу сүрөттөлгөн. Авторлор күкүрт бетонун колдонуунун эң рационалдуу багыттарын, изилденген материалдын оң жана терс касиеттерин белгилешти. Макалада Портланд цемент байланыштыргычын күкүрт же күкүрт калдыктары менен алмаштыруунун мүмкүнчүлүгү талкууланат. Күкүрт бетонун алуу үчүн керектүү компоненттердин тизмеси келтирилген. Документте кумдун гранулометриясына жана баштапкы компоненттердин пайыздык катышына жараша күкүрт бетонунун бекемдик касиеттерин аныктоо боюнча эксперименттин жыйынтыктары келтирилген.

Ачык сөздөр: күкүрт, курамдык материал, каршылык, күч, ысырапкорчулук.

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ СЕРЫ И СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Булай Т.В.⁽¹⁾, Кузьменков М.И.⁽²⁾, Шалухо Н.М.⁽³⁾

⁽¹⁾Старший преподаватель, Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», best20.04@mail.ru, Республика Беларусь, г. Гродно, ул. Курчатова, 1а

⁽²⁾Доктор технических наук, профессор, Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», kuzmenkov@belstu.by, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13

⁽³⁾Кандидат технических наук, доцент, Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», shalukho@belstu.by, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13

В статье приводятся основные и наиболее перспективные направления использования серы. Описывается технологический процесс получения серного бетона, целесообразность использования серы в качестве вяжущего для приготовления сероасфальтобетонов и эффективность использования серы в качестве пропитки цементных бетонов. Авторами отмечены наиболее рациональные области применения серного бетона, положительные и отрицательные свойства исследуемого материала. В статье рассматривается целесообразность замены портландцементного вяжущего на серу или серосодержащие отходы. Представлен перечень компонентов, которые необходимы для получения серного бетона. В работе приведены результаты эксперимента по определению прочностных характеристик серного бетона в зависимости от гранулометрии песка и процентного соотношения исходных компонентов.

Ключевые слова: сера, композиционный материал, стойкость, прочность, отход.

COMPOSITE MATERIAL BASED ON SULFUR AND SULFUR CONTAINING WASTE

Bulay T.V.⁽¹⁾, Kuzmenkov M.I.⁽²⁾, Shaluho N.M.⁽³⁾

⁽¹⁾Senior Lecturer, Educational Institution "Yanka Kupala Grodno State University", best20.04@mail.ru, Republic of Belarus, Grodno, ul. Kurchatova, 1a

⁽²⁾Doctor of Technical Sciences, Professor, Educational Institution "Belarusian State Technological University", kuzmenkov@belstu.by, Republic of Belarus, Minsk, ul. Sverdlova, 13

⁽³⁾Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Educational Institution "Belarusian State Technological University", shalukho@belstu.by, Republic of Belarus, Minsk, ul. Sverdlova, 13

The article presents the main and most promising areas for the use of sulfur. The technological process for producing sulfur concrete is described, the feasibility of using sulfur as a binder for the preparation of sulfur-asphalt concrete, and the efficiency of using sulfur as an impregnation of cement concrete. The authors noted the most rational areas of application of sulfur concrete, the positive and negative properties of the studied material. The article discusses the feasibility of replacing a Portland cement binder with sulfur or sulfur-containing waste. The list of components that are necessary to obtain sulfur concrete is presented. The paper presents the results of an experiment to determine the strength characteristics of sulfur concrete depending on the granulometry of sand and the percentage ratio of the starting components.

Key words: sulfur, composite material, resistance, strength, waste.

В настоящее время производство серы в мире значительно превышает ее потребление. В странах с большими запасами серу использовали и продолжают использовать в химической промышленности для производства серной кислоты. Сегодня серу применяют природную, а также восстановленную из нефти и натурального газа в стройиндустрии и производстве строительных материалов. [1]

На основании патентных и литературных источников основными направлениями использования серы на сегодняшний день являются:

- производство серного бетона;
- производство дорожных покрытий – сероасфальтобетона;
- применение серы в качестве пропитки.

Технология производства серного бетона предполагает разогрев серного вяжущего до 120-140°C с последующим совмещением с минеральными компонентами и формирование изделий необходимой формы. Приготовление и укладку (формовку) смеси серного бетона осуществляют на стандартном и специальном технологическом оборудовании, скомпонованном в технологическую линию. Наиболее близкими по технологическим параметрам и виду технологического оборудования являются асфальтобетонные заводы, которые рекомендуется принимать в качестве базовых. Жизнеспособность смеси серного бетона зависит только от температуры, и при поддержании ее в интервале 120-140°C практически не ограничена. Затвердевшая смесь при повторном нагреве восстанавливает первоначальную подвижность. Изготавливать конструкции и изделия из серного бетона можно в сборном, монолитном или сборно-монолитном вариантах. Твердение смеси серного бетона происходит в процессе остывания горячей смеси и переходом смеси в твердую структуру [2,3,4].

Приготовление серобитумных смесей по горячей технологии, совмещающей приемы приготовления серных и асфальтобетонных композиций с добавлением серы в состав асфальтобетона позволяет: снизить расход битума на 20-35%, улучшить удобоукладываемость смеси за счет более низкой вязкости серы по сравнению с

битумом (при 150°C), снизить стоимость строительства; повысить качество покрытия за счет повышения термостойкости; повысить срок службы покрытия [5].

Пропитка бетонов серой значительно повышает их прочность, плотность, снижает проницаемость для жидкостей и газов, увеличивает морозостойкость, атмосферостойкость, стойкость к воздействию агрессивных сред. В зависимости от поставленной цели, пропитку осуществляют при нормальном атмосферном давлении, вакууме, избыточном давлении или при сочетании этих режимов, чем достигается различная скорость и глубина проникновения пропиточного состава. Различают поверхностную (1-2 мм), частичную (до 50% площади поперечного сечения) и полную пропитку. При поверхностной пропитке в конструкции образуется плотный защитный слой, повышающий стойкость бетона к внешним воздействиям, а несущая способность конструкции не увеличивается. Как частичная, так и полная пропитка конструкции повышает одновременно и стойкость к внешним воздействиям, и несущую способность [6-7].

Одним из самых перспективных направлений является производство специального бетона - серного бетона, состоящего из серы, заполнителей, наполнителей и добавок.

Серный бетон обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным бетоном на портландцементном вяжущем: высокой прочностью, коррозионной стойкостью, низким водопоглощением, водонепроницаемостью, морозостойкостью, отверждением при отрицательных температурах, быстрым набором прочности, возможностью вторичной переработки.

Свойства серного бетона, в сравнении с цементным бетоном, в значительной степени зависят от точности соблюдения технологического процесса и контроля качества сырья на всех стадиях производства. Требования, предъявляемые к сере при изготовлении серного бетона, связаны в основном с экологической безопасностью, хотя в чистом виде сера не является экологически опасным продуктом. Но при взаимодействии с окружающей средой она может образовывать вредные химические соединения или выделять опасный сероводород.

В качестве вяжущего для приготовления серного бетона используется сера вместо традиционного портландцементного вяжущего, а также может быть использован отход, образующийся при производстве серной кислоты на предприятиях химической промышленности. Это приводит к полной замене цемента в бетоне. В качестве заполнителей может использоваться традиционный щебень, гравий, строительный песок и другие. Серный бетон может набирать прочность на пылеватых фракциях песка, что для обычного бетона является невозможным. Для придания серному бетону устойчивости и сохранения его свойств в течение длительного времени в его состав вводятся добавки-модификаторы: дициклопентадиен, йод, пинен, хлорид цинка, хлорид железа и другие. Следует отметить, в составе серного бетона полностью отсутствует вода.

На кафедре строительного производства были проведены исследования некоторых свойств серного бетона. Серный бетон был изготовлен из серы и песка. Соотношение между серой и заполнителем (песком) варьировалось в широких пределах от 80 до 30% от общего объема смеси с целью оптимизации состава бетона и подбора лучшей гранулометрии песка. После проведенных испытаний получили, что наибольшей прочностью обладали образцы с максимальной крупностью частиц песка 2,5 мм в количестве 70% в бетоне (30% - сера). Следует отметить, что высокие значения прочности показали и составы на мелких фракциях песка: 0,315 мм – 49,6 МПа (50%

песка:50% серы), 0,14 мм – 45,3 МПа (50% песка:50% серы), чего невозможно достичь у бетонов на традиционном портландцементном вяжущем. Испытания на прочность проводились на следующий день после формования и застывания образцов. Средняя плотность серного бетона составила 2170-2240 кг/м³ [8,9,10].

Серные бетоны могут применяться в конструкциях зданий и сооружений, в период эксплуатации которых предъявляются повышенные требования по стойкости к агрессивным средам, непроницаемости, атмосферо- и морозостойкости.

Наиболее рациональными областями применения серного бетона являются: элементы нулевого цикла, элементы дорог, стеновые и кровельные материалы, коррозионностойкие элементы промышленных и сельскохозяйственных зданий, трубы, декоративно-отделочные материалы, составы для выполнения ремонтных и реставрационных работ и др.

Использование серы и возможность замены природных серы и заполнителей техногенными отходами промышленности позволит получить недорогие высокоэффективные бетоны, которые по многим показателям будут превосходить бетоны на основе портландцементного вяжущего и найдут широкое применение во многих отраслях промышленности с условием четкого соблюдения технологического процесса.

Список используемой литературы

1. Сангалов Ю.А. *Формы выпуска и направления использования серы* / Ю.А. Сангалов, С.Н. Лакеев, С.Г. Карчевский, И.О. Майданова, Я.Л. Шестопал, А.В. Подшивалин // *Новые химические технологии. Аналитический портал химической промышленности Newchemistry.ru.* – Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=6378. – Дата доступа: 03.06.2020.
2. Кузьменков, М. И. *Получение серного бетона и изучение его свойств* / М.И. Кузьменков, Т.В. Булай // *Проблемы современного бетона и железобетона: сб. науч. тр. Вып. 9/Мин-во архитектуры и строительства РБ, РУП "Ин-т БелНИИС"*; ред. кол.: О.Н. Лешкевич, В.Н. Деркач, П.В. Алявдин, и др. - Минск: Колорград, 2017 - С.316-324
3. Волгушев А.Н. *Основные физико-механические свойства строительных композитов на основе термопластического серного вяжущего.* – *Бетон и железобетон - 2007, № 4, с. 28-31.*
4. *Способ литья изделий из серного бетона* : пат. RU 3/2013 / А.В. Мамаев, Н.В. Мотин, М.Н. Алехина, В.Н. Бачугин, В.И. Кочетков. – Оpubл. 10.07.2012
5. Айдосов, А.А. *Анализ производства серных бетонов и использование серы в дорожном строительстве* / А.А. Айдосов, Г.А. Айдосов, Н.Г. Айдосов // *Вестник КазНТУ.* – 2011. - № 4(86). – С. 39-44.
6. Ksiazek M. *The research on thermoplastic properties cement composites impregnated with the waste of sulfur* / M. Ksiazek – Wroclaw : Wroclaw University of Technology? 2016. – 31 p.
7. Массалимов И.А. *Упрочнение и увеличение водонепроницаемости бетона покрытиями на основе наноразмерной серы* / И.А. Массалимов, А.Г. Мустафин, А.Е. Чуйкин // *Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал.* М.: ЦНТ «НаноСтроительство» 2010, Том 2, № 2, С. 54-61
8. ГОСТ 127.1-93 *Сера техническая*
9. ГОСТ 8735-88 *Песок для строительных работ. Методы испытаний.*
10. ГОСТ 8267-93 *Щебень. Методы испытания.*