

Строительные материалы на основе гипсогидратных кеков ОАО «Красцветмет»

Г.В. Василовская, С.В. Дружинкин, Е.В. Пересыпкин, М.Л. Берсенева

Сибирский федеральный университет, Красноярск

Аннотация: Приводятся результаты исследований по применению гипсогидратных кеков – отходов афинажного производства Красноярского завода цветных металлов для получения строительных материалов. Показано, что пастообразные кеки могут быть использованы в строительных растворах, а после сушки и измельчения порошок кеков используется, как мелкий наполнитель в асфальтобетонных смесях. Полученные строительные материалы отвечают требованиям соответствующих нормативных документов. По результатам исследований выбраны оптимальные составы растворов и асфальтобетона, которые были рекомендованы строительным организациям Красноярского края для внедрения.

Ключевые слова: отходы, кеки, строительные растворы, составы, свойства, уравнения регрессии, прочность, водоудерживающая способность, расслоение, минеральный порошок, асфальтобетон

С целью полной утилизации отходов на ООО «Красцветмет» разработана комплексная программа, предусматривающая, в том числе, переработку гипсогидратных кеков и применение их в некоторых строительных материалах. В настоящей работе рассматриваются два направления утилизации кеков: в строительных растворах [1, 2] а также в композициях на основе битумов.

Кеки по внешнему виду представляют собой пастообразную массу с влажностью 67–70%. Испытания показали, что в кеках содержится двухводный гипс в пределах 22–27%, карбонат кальция 25–38% и оксид железа 15–17%.

К положительным свойствам кеков можно отнести их однородность, высокую дисперсность и постоянство состава. Возможность применения кеков в виде пасты, минуя стадию сушки, проверяли при разработки составов строительных штукатурных растворов.

Для приготовления растворов на основе кека и изучения его влияния на свойства растворов использовались те же материалы, которые обычно

применяются в строительной практике [3, 4]. Опыты, в основном, проводились на цементе Красноярского цементного завода. Для проверки влияния минералогического состава использовались цементы других заводов.

Влияние кека на физико-механические свойства строительных растворов зависят не только от его качества и содержания в растворе, а также и от качества вяжущего и мелкого заполнителя, состава смеси, сроков и условий твердения. Для приготовления растворов в лабораторных условиях были использованы следующие исходные материалы:

1. Цемент Красноярского цементного завода класса 42,5. Свойства цемента: тонкость помола: остаток на сите № 02 – 0,25%, прошло через сито № 008 – 93,2%, прочность при сжатии образцов из растворов состава 1: 3 в возрасте 7 суток – 2,26 МПа, 28 суток – 4,35 МПа.

2. Кек завода цветных металлов доставлялся с завода в полиэтиленовых мешках с относительной влажностью от 40 до 70 %.

3. Песок Березовского карьера г. Красноярска с модулем крупности $M_k = 1,69$.

Порядок подбора состава и приготовление растворов, а также изучение свойств выполняли по общепринятым методикам. За контрольные были приняты растворные образцы, приготовленные на основе традиционных материалов. Лабораторные опыты проводились на растворных образцах с постоянной подвижностью (осадка конуса 6 – 10 см).

Материалы перемешивались вручную, затем раствор помещался в металлические формы размером 4x4x16 см и уплотнялся штыкованием. Выдержанные в течение суток образцы расформовывались. Твердели образцы в воздушно-влажных условиях при температуре 15 – 25° С.

Изучение прочностных характеристик, а также других свойств растворов выполнялись в соответствии с ГОСТами и общепринятыми

методиками. В табл. №1 приводятся данные по зависимости прочности образцов растворов от количества цемента и кеков. Для сравнения был приготовлен раствор без кека (состав №1).

Таблица 1

Зависимость прочности образцов строительных растворов
от количества цемента и кека

№ состава	Расход материалов на 1 м ³ раствора, кг				Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте	
	Цемент	Кек	Песок	Вода	7 сут.	28 сут.
1	130	-	1300	280	1,53	2,51
2	130	50	1280	290	1,58	2,58
3	130	100	1250	295	1,61	2,66
4	130	150	1250	300	1,64	2,69
5	130	200	1300	310	1,59	2,41
6	130	250	1250	320	1,42	2,39
7	130	300	1250	330	1,37	2,12

Из таблицы видно, что при введение небольшого количества кеков (составы № 2, 3, 4) происходит плавное увеличение прочности как при 7, так и при 28 суток твердения по сравнению с прочностью составов без кеков. Затем прочность также плавно снижается. Это, вероятно, происходит из-за того, что в небольшом количестве кеки заполняют поры и увеличивают плотность, а следовательно и прочность. При введении уже в достаточно большем количестве они частично заполняют поры, а частично выполняют роль инертного заполнителя.

С целью оптимизации опытных составов (при минимальном постоянном расходе цемента) применялся метод математического планирования эксперимента. Выходным параметром являлась прочность на сжатие раствора в возрасте 28 суток. Растворные смеси были приготовлены в соответствии с матрицей ортогонального композиционного плана. Основными факторами, влияющими на свойства строительного раствора, на основании проведенных ранее исследований, считаются: расход вяжущего, расход кека, расход песка.

Статистическая обработка экспериментальных данных позволила получить уравнение регрессии, связывающее прочность строительного раствора с составом:

$$Y = 13.1 + 1,2X_1 + 2,8X_2 - 0,4X_1X_2,$$

где X_1 – расход кека; X_2 – расход песка.

После проверки адекватности уравнения регрессии осуществлено движение его в область оптимума, что позволило получить оптимальные составы строительных растворов.

Оптимальный состав раствора М25 на основе портландцемента класса 42,5 выбрали по результатам опытов таблица №1: портландцемента – 130 кг/м³; кека – 135 кг/м³; песка – 1220 кг/м³

Проведенные исследования показали, что на базе кека, т.е. кека естественной гранулометрии, возможно получения строительных растворов требуемой прочности.

Оценивалась водоудерживающая способность растворов с применением кеков. Результаты опытов представлены в табл.2.

Таблица 2

Зависимость прочности образцов строительных растворов от вида основания

Расход материалов на 1 м ³ раствора, кг				Предел прочности при сжатии на плотном основании, МПа	Предел прочности при сжатии на пористом основании, МПа
Цемент	Кек	Песок	Вода		
130	135	1200	310	2,13	2.46
130	135	1200	305	2,24	2,63
130	135	1200	270	2,44	3,25

Как видно из таблицы, предел прочности при сжатии образцов, приготовленных в формах без дна выше, чем у образцов, приготовленных в формах с металлическим дном, что свидетельствует о высокой водоудерживающей способности строительных растворов, содержащих кеки.

Нераслаиваемость – одно из наиболее важных свойств растворной смеси. Растворная смесь состоит из тел, имеющих различную массу. Поэтому, в тот промежуток времени, который проходит между изготовлением и укладкой, а также началом схватывания растворной смеси, в ней возникают седиментационные явления. При этом в большей или меньшей мере нарушается однородность смеси, что нередко затрудняет их транспортирование и укладку, а также вредно отражается на качестве отвердевших растворов. Известно, что расслаивание растворной смеси приводит к неравномерному распределению в ней заполнителя и цементного камня. В практических условиях замечают лишь крайнюю степень нарушения однородности растворной смеси – ее расслаивание. Более же

слабые проявления седиментации почти невозможно проследить визуально и для этого требуются специальные лабораторные исследования.

Влияние кеков на расслоение цементных систем определяли на растворных смесях в соответствии с ГОСТ 5802. Для этой цели был использован прибор, представляющий собой стальную форму, заполняемую растворной смесью. После вибрирования на виброплощадке в течение 30 секунд, определяли подвижность растворной смеси верхней и нижней части формы. Подвижность оценивалась по глубине погружения стандартного металлического конуса. Результаты определений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Расслаиваемость растворных смесей

Вид добавки	Дозировка в % от массы цемента	Погружение конуса после вибрирования, см	
		Верхний слой	Нижний слой
Без добавки кека	-	0,02	7,2
С добавкой кека	0,5	8,2	8,1

Положительное влияние кека на стабильность свежеизготовленных смесей объясняется соответствующим изменением структурно-вязких свойств системы. Неорганические вяжущие вещества при гидратации образуют с водой пластично вязкое тело, обладающее определенной несущей способностью. Степень несущей способности такого тела связана со структурной вязкостью данной системы. Свежеизготовленное цементное тесто при малом содержании воды обладает сравнительно высокой пластической вязкостью и поэтому практически длительно не расслаивается. При увеличении содержания воды уменьшается пластическая вязкость и при

определенной степени разбавления теста начинается осаждение твердых частиц. Кек понижает предельное напряжение сдвига, не влияя при этом однозначно на пластическую вязкость, способен ослаблять седиментационные явления в растворных смесях, содействуя образованию коагуляционных структур. Однако, при наличии внешних механических воздействий на раствор, проявляется смазочное действие в таких структурах, но, находясь в покое, растворные смеси, отличающиеся коагуляционной структурой, трудно расслаиваются.

Известно, что дорожно-строительные организации в г.Красноярске испытывают дефицит тонкодисперсных минеральных наполнителей в битумных композициях [5, 6]. ГОСТ допускает использование в качестве минерального наполнителя для асфальтобетона местных порошкообразных отходов промышленности, но они должны отвечать нормативным требованиям [7, 8]. В работе проводились испытания кеков как мельчайшего компонента асфальтобетона. Для приготовления асфальтобетона был применялся битум марки БНД 90/130, крупный и мелкий заполнитель Красноярского асфальтобетонного завода в виде смеси щебня с песком, а в качестве минерального порошка использовали высушенные и измельченные в шаровой мельнице кеки.

Исследования показали, что кеки по всем показателям отвечают требованиям для минеральных порошков марки МП-3.

С применением вышеуказанных исходных материалов был подобран состав мелкозернистого асфальтобетона типа Б, который обычно применяется для верхнего слоя дорожного покрытия в городской черте [9, 10]. Из подобранного состава была изготовлена горячая асфальтобетонная смесь, из которой готовились образы и испытывались на основные показатели. В табл.4 приводятся свойства асфальтобетона в сравнении с

требованиями ГОСТ для II-ой климатической зоны и II-ой марки асфальтобетона.

Таблица 4

Показатели свойств асфальтобетона

Наименование показателей	Свойства асфальтобетона с кеками	Требования ГОСТа
Предел прочности при сжатии при 50 ⁰ С, МПа	1,2	Не менее 1,0
Предел прочности при сжатии при 20 ⁰ С, МПа	3,0	Не менее 2,2
Предел прочности при 0 ⁰ С, МПа	6,75	Не более 12
Водостойкость плотных асфальтобетонов	0,96	Не менее 0,85

Из таблицы видно, что по всем основным показателям асфальтобетон с применением кеков отвечает нормативным требованиям, а по прочности при 0⁰С и водостойкости намного превышает их, что говорит о более высокой трещиностойкости при отрицательных температурах и водостойкости составов.

Выводы

1. Разработаны составы строительных растворов разных марок с использованием кека на цементном вяжущем. При этом установлено, что в зависимости от назначения и марки раствора в их составе возможно использование от 100 до 200 кг кека на 1 м³ раствора.

2.Выполненные в соответствии с ГОСТами лабораторные испытания качества растворов показали, что пластичные и физико-технические свойства материалов на основе кеков отвечают необходимым требованиям.

3.В целом результатами исследований подтверждена возможность получения кекосодержащих строительных растворов при частичной замене вяжущих и песка в их составе.

4.Экспериментальными исследованиями установлено, что при условии сушки и дополнительного помола кеки могут быть использованы для изготовления асфальтобетона.

5.Разработанные составы строительных растворов и асфальтобетона рекомендованы строительным организациям Красноярского края для производственного внедрения.

Литература

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 368 с.

2. Черных В.Ф. Стеновые и отделочные материалы. М.: Мосгражданиздат, 1991. 188 с.

3. Кокин А. Д. Отделочные материалы и изделия. М.: Стройиздат, 1980. 83 с.

4. Попов Л.Н. Новые отделочные и декоративные материалы в строительстве XXI века. // Строительные материалы. Технологии и оборудование XXI века. 2005. №10. С. 35-38.

5. Васильевская Г.В., Дружинкин С.В., Пересыпкин Е.В., Берсенева М.Л. Разработка составов полимербитумного вяжущего для приготовления асфальтополимербетона // Инженерный вестник Дона, 2023, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2023/8270/.

6. Иваньски М., Урьев Н.Б. Асфальтобетон как композиционный материал. М.: Техполиграфцентр, 2007. 668

7. .Safiuddin Md., Iumaat M.Z., Salam M.A., Islam M.S., Hasim R. Utilization of solid wastes in konstruktion materials. International Journal Physikal Sciences. 2010. Vol. 5. №3. pp. 1952- 1963.

8. Руденский И.М., Руденский А.В. Физические свойства битумов и способы повышения долговечности дорожных покрытий // Автомобильные дороги. 2012. №1. С. 82-87.

9. Baker I. Asphalt // Fifty Materials That Make the World. 2018. pp. 11-13.

10. Николенко М.А., Бессчетнов Б.В. Повышение длительной трещиностойкости асфальтобетона дорожных покрытий // Инженерный вестник Дона, 2012, №2. URL: ivdon.ru / magazine/archive/n2y2012/856/.

References

1. Dvorkin, O. L. Dvorkin L. I. Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti [Construction details from secondary raw materials]. Rostov-na-Donu: Feniks, 2007. 368 p.

2. Chernykh V.F. Stenovye i otdelochnye materialy [Building materials]. М.: Mosgrazhdanizdat, 1991. 188 p.

3. Kokin A. D. Otdelochnye materialy i izdeliya [Finishing materials]. М.: Strojizdat, 1980. 83 p.

4. Popov L.N. Stroitel'nye materialy. Tekhnologii i oborudovanie XXI veka. 2005. №10. pp. 35-38.

5. Vasilovskaya G.V., Druzhinkin S.V., Peresyarkin E.V. and Berseneva M.L., Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2023/8270/.



6. Ivanski M, Urev N.B. Asfaltobeton kak kompozicionnyj material [Asphalt concrete as a composite]. M.: Tekhpolygoncentr, 2007. 668p.
7. Safiuddin Md., Iumaat M.Z., Salam M.A., Islam M.S., Hasim R. International Journal Physikal Sciences. 2010. Vol. 5. № 3. pp. 1952-1963.
- 8 Rudenskij I.M., Rudenskij A.V. Avtomobil'nye dorogi. 2012. No1. pp. 82 - 87.
9. Baker I. Asphalt. Fifty Materials That Make the World. 2018. pp. 11-13.
10. Nikolenko M.A., Beschetnov B.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/856.

Дата поступления: 15.12.2023

Дата публикации: 25.01.2024