ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕШАННЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ МЕЛКИХ НЕКОНДИЦИОННЫХ ПЕСКОВ

© М. С. Сайдумов, А. Ш. Джандаров, Т. С-А. Муртазаева

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

В работе представлены результаты исследований некоторых особенностей получения смешанных вяжущих на основе мелких некондиционных песков. Разработаны теоретические положения повышения эффективности использования мелких песков в вяжущих путем их активации. Получены рецептуры смешанных вяжущих веществ на основе портландцемента, наполнителя из мелких песков и суперпластификатора «Мелфлюкс» и исследованы их основные технологические и физико-механические свойства.

Работа выполнена в рамках исследований по реализации научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья», получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований» (РФФИ).

Ключевые слова: некондиционное сырье, местные ресурсы, минеральный наполнитель, удельная поверхность, смешанные вяжущие, оптимизация свойств, прочность, плотность.

Высококачественные бетоны и растворы с широким спектром функциональных возможностей, получаемых во всем мире, как правило, с использованием минеральных наполнителей различной природы, можно изготовить с применением смешанных вяжущих на основе мелких некондиционных песков [1, 2], что положительно повлияет на себестоимость и качество готовой продукции. В связи с этим необходимо изучить структуру таких бетонных композитов, а также их физико-механические свойства [3]. Решение проблемы повышения эффективности использования мелких некондиционных песков связано с целесообразностью их активизации в технологическом процессе, направленном на использование потенциальных возможностей мелких песков при минимальных трудовых, материальных и энергетических затратах.

Смешанные вяжущие (СВ), как смесь кремнеземистого компонента, комплекса специальных добавок и традиционно применяемого гидравлического вяжущего, способствуют усилению тех или иных свойств конечных изделий на их основе [4-5]. Применение высокоэффективных многокомпонентных вяжущих нового

поколения также лежит в основе создания высококачественных бетонов различного назначения с оптимальной структурой и заранее заданными улучшенными свойствами, а в некоторых случаях и принципиально новыми [6-9].

Введение в состав смешанных вяжущих кремнеземистых добавок ведет не только к экономии вяжущих, но и способствует приданию изделиям на их основе специальных свойств, таких как высокая прочность, трещиностойкость, атмосферостойкость и т. д. [10, 11].

Технологический процесс получения смешанных вяжущих включает следующие основные стадии: подготовку и дозирование сырья, помол, хранение и выдачу готового продукта потребителю (рис. 1).

Экспериментальные исследования в рамках данной работы проводились в аккредитованной испытательной лаборатории научно-технического центра коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М. Д. Миллионщикова.

В экспериментальных и контрольных составах применяли портландцемент (ПЦ) М500

Рис. 1. Технологическая последовательность и особенности процесса получения смешанных вяжущих

ДО Чири-Юртовского цементного завода, широко применяемого в Чеченской Республике и во многих регионах страны.

Характеристики ПЦ М500 ДО АО «Чеченцемент»: НГ = 26,3%, удельная поверхность 3321 см²/г, водоотделение – более 18,4%, сроки схватывания – 2 час. 20 мин. (начало) и 3 час. 35 мин. (конец).

В качестве крупного заполнителя использовался местный щебень из гравия Аргунского месторождения рядового качества: марка дробимости в цилиндре – 800; плотность насыпная – 1383 кг/м³; плотность истинная – 2618 кг/м³; содержание пылевидных и глинистых частиц – 0,44-0,93%; содержание дробленых зерен – более 84%; пустотность – 42,3%.

Мелкий заполнитель – местный природный песок Червленского месторождения, несмотря на мелкодисперсность его зерен, наиболее распространен в регионе ввиду отсутствия месторождений песка более высокого качества. Характер формы зерен Червленского песка – шероховатый, неправильной формы, в основном монофракционный: модуль крупности колеблется в диапазоне 1,6-1,9, что относит его в категорию мелких песков; содержание

пылевидных и глинистых частиц – 1,43-1,88%; плотность насыпная – 1532 кг/м³; плотность истинная – 2632 кг/м³; пустотность – 44,1%.

В качестве минерального наполнителя использовались мелкие пески Эрсеновского месторождения.

Были исследованы технологические свойства смешанных вяжущих, а именно нормальная плотность, активность и удельная поверхность.

Основные свойства полученных смешанных вяжущих на основе мелких некондиционных песков представлены в таблице 1.

В качестве активной химической добавки была использована добавка «Мелфлюкс 6681». Продукт может иметь окраску от почти бесцветной или желтоватой до коричневатой в связи с тем, что исходным компонентом является полиэтиленгликоль, а также вследствие характера радикальной полимеризации и состава. Однако эти отклонения в окраске не оказывают никакого влияния на потребительские свойства продукта.

С целью определения оптимального состава смешанного вяжущего было изучено влияние соотношения между портландцемен-

Таблица 1

Свойства смешанных вяжущих на основе мелких некондиционных песков

Вид вяжущего	Удельная поверхность смешанных вяжущих с мелким песком, $\text{см}^2/\text{г}$	Доля наполнителя из мелких некондиционных песков, % по массе	Нормальная густота, %	Активность в возрасте 28 суток, МПа, $R_n / R_{сж}$
Портландцемент М500 Д0	3321	-	27	6,42/52,3
То же, с введением 2% Мелфлюкс 6681	3321	-	23	7,68/58,4
СВ100	5496	-	15	10,2/72,7
СВ75	5412	25	16	7,0/65,7
СВ50	5618	50	17	4,7/50,3
СВ30	5811	70	18	3,8/32,0

том и некондиционными мелкими песками на прочность отвердевшего камня (рис. 2).

Из полученной зависимости прочности смешанных вяжущих от степени замещения портландцементного клинкера наполнителем из некондиционных мелких песков видно, что с увеличением доли наполнителя прочность СВ снижается. Однако область увеличения доли минерального наполнителя от 0 до 70% по массе считается рациональной, поскольку

при объеме наполнителя в данном диапазоне возможно получение СВ с характеристиками, позволяющими использовать их в технологии бетона и строительного раствора.

А присутствие ПАВ в виде химической добавки Мелфлюкс 6681 позволяет регулировать нормальную густоту (НГ) цементного теста и В/Ц бетонных смесей на основе таких СВ. Общеизвестно, что чем меньше НГ, В/Ц и водопотребность бетонной смеси, тем лучше

Рис. 2. Зависимость прочности смешанных вяжущих от степени замещения портландцементного клинкера наполнителем из некондиционных мелких песков

для получения плотного и прочного цементного камня. НГ у исследуемых составов СВ, характеризующая значение водопотребности вяжущего для получения теста нормальной консистенции, не превышает 15-18%, у традиционных вяжущих, для сравнения, этот показатель выше 25-30%.

Анализ таблицы 1 и рисунка 2 показывает, что при комплексном использовании минерального наполнителя из некондиционных мелких кварцевых песков и химической добавки Мелфлюкс 6681 в составе портландцементного клинкера, молотых до удельной поверхности частиц $5410-5810 \text{ см}^2/\text{г}$, возможно получение смешанных вяжущих с активностью от 32 до 73 МПа, что очень важно для регионов, где выпускаются вяжущие кроме марки М500, поскольку для низкомарочных бетонов и строительных растворов очень эффективны низкомарочные вяжущие (М300 или М400), вместо М500. А для получения высокопрочных бетонов найдут применение высокоактивные вяжущие (типа СВ75 или СВ100), которые позволят получить высокопрочный цементный камень в современных бетонах (например, в самоуплотняющихся), в которых снижается доля крупного заполнителя для получения высокой текучести бетонной смеси, а их высокая прочность в значительной части обеспечивается за счет прочности цементного камня. Такая структура еще и называют структурой бетонной смеси с плавающим заполнителем. Делается все

это для снижения силы трения между зернами крупного заполнителя, чтобы повысить удобоукладываемость таких бетонных смесей. Т. е. в бетонах, в которых отсутствует «жесткий скелет» из плотноуложенных зерен заполнителя (с небольшой раздвижкой этих зерен цементной пастой), прочность бетона будет в основном складываться из прочности цементного камня. Поэтому очень важно получение прочной и плотной цементной матрицы в высокопрочных бетонах, в том числе и с применением смешанных вяжущих.

Таким образом, на основании проведенных сравнительных исследований можно сделать выводы, что технология получения смешанных вяжущих веществ на основе портландцемента, наполнителя из мелких некондиционных песков с нормальной густотой 15-18% при оптимальной удельной поверхности $450-550 \text{ м}^2/\text{кг}$ с содержанием портландцемента от 30 до 70%, является эффективной. Также разработаны теоретические положения повышения эффективности использования мелких некондиционных песков путем их активации в присутствии портландцемента и суперпластификатора с целью создания смешанного вяжущего на основе активного полиминерального наполнителя, который оказывает большое влияние на физико-химические процессы цементных композиций с пониженным водосодержанием, что способствует экономии цемента и улучшению эксплуатационных свойств

ЛИТЕРАТУРА

1. Муртазаев С-А. Ю. Саламанова, М. Ш. Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 1 (23). С. 23-28.
2. Киреева Ю. И. Современные строительные материалы и изделия. Ростов н/Д.: Феникс, 2010. 256 с.
3. Лесовик В. С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: Изд-во АСВ, 2006. 526 с.
4. Саламанова М. Ш. Высококачественные модифицированные бетоны на основе минеральных добавок и суперпластификаторов различной природы / М. Ш. Саламанова, М. С. Сайдумов, Т. С-А. Муртазаева [и др.] // Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции». 2015. № 8. С. 159-163.
5. Баженов Ю. М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2007. 526 с.
6. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Строительные материалы из отходов промышленности. Ростов-на-Дону, 2007. 363 с.

7. Баженов Ю. М., Батаев Д. К.-С., Муртазаев С.-А. Ю. Энерго- и ресурсосберегающие материалы и технологии для ремонта и восстановления зданий и сооружений. М.: «Комтех-Принт», 2006. 235 с.
8. Гридчин А. М., Лесовик Р. В. Особенности производства вяжущих низкой водопотребности и бетона на его основе с использованием техногенного полиминерального сырья // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2000. № 2. С. 10-11.
9. Сайдумов М. С. Минеральные наполнители техногенного происхождения для получения высокоподвижных бетонных смесей / М. С. Сайдумов, Т. С.-А. Муртазаева, М. С. М. Хубаев [и др.] // Миллионщиков-2019: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ГГНТУ. 2019. С. 291-298.
10. Лесовик Р. В. Использование техногенных песков в мелкозернистых бетонах / Р. В. Лесовик, Е. Н. Авилова, Д. М. Сопин [и др.] // Смешанные строительные материалы, теория и практика: сборник статей Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Пензенского государственного университета архитектуры и строительства. Пенза, 2008. С. 11-16.
11. Ядыкина В. В. Повышение эффективности асфальто- и цементобетонов на основе техногенного сырья // Наука и техника в дорожной отрасли. 2004. № 1. С. 45-47.

FEATURES OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING MIXED BINDERS BASED ON SMALL NON-CONDITIONAL SANDS

© M. S. Saidumov, A. Sh. Dzhandarov, T. S.-A. Murtazaeva
GSOTU named after acad. M. D. Millionshikov, Grozny, Russia

The paper presents the results of studies of some features of obtaining mixed binders based on fine substandard sand. Theoretical provisions have been developed to increase the efficiency of the use of fine sands in binders by activating them. Formulations of mixed binders based on Portland cement, a filler from fine sands and Melfluxsuperplasticizer were obtained and their main technological and physicomechanical properties were investigated.

The work was implemented as part of research on the fulfillment of scientific project No. 18-48-200001 "High-quality concrete with enhanced performance properties based on local natural and secondary raw materials," which received support from the Russian Foundation for Fundamental Research (RFFR).

Keywords: substandard raw materials, local resources, mineral filler, specific surface, mixed binders, optimization of properties, strength, density

REFERENCES

1. Murtazaev, S.-A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2015) 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' *Zhurnal «Ustoichivoe razvitie gornykh territorii»* [High-strength concrete using fractionated aggregates from waste from rock processing. Journal "Sustainable development of mountain territories"]. № 1 (23). Pp. 23-28.
2. Kireeva, Yu. I. (2010) *Sovremennye stroitel'nye materialy i izdeliya* [Modern building materials and products]. Phoenix. Rostov o Don, 256 p.

3. *Lesovik, V. S.* (2006) *Povyshenie effektivnosti proizvodstva stroitel'nykh materialov s uchetom genezisa gornykh porod.* Izd-vo ACB, Moscow [Improving the production efficiency of building materials taking into account the genesis of rocks. ACB Publishing House], 526 p.
4. *Salamanova, M. Sh., Saydumov M. S. and Murtazaeva, T. S.-A.* (2015) 'Vysokokachestvennye modifitsirovannye betony na osnove mineral'nykh dobavok i superplastifikatorov razlichnoi prirody' [High-quality modified concrete based on mineral additives and superplasticizers of various nature]. *Scientific-analytical journal "Innovations and Investments"*. № 8. Pp. 159-163.
5. *Bazhenov, Yu. M.* (2007) *Tekhnologiya betona* [Concrete technology]. Publishing house ACB, Moscow, 526p.
6. *Dvorkin, L. I. and Dvorkin, O. L.* (2007) *Stroitel'nye materialy iz otkhodov promyshlennosti* [Building materials from industrial wastes]. Rostov on Don, 363 p.
7. *Bazhenov, Yu. M., Bataev, D. K.-S., and Murtazaev, S.-A. Yu.* (2006) *Energo i resursosberegayushchie materialy i tekhnologii dlya remonta i vosstanovleniya zdaniy i sooruzheniy* [Energy and resource-saving materials and technologies for repair and restoration of buildings and structures]. Komteh-Print, Moscow, 235 p.
8. *Gridchin, A. M. and Lesovik, R. V.* (2000) 'Osobennosti proizvodstva vyazhushchikh nizkoi vodorobornosti i betona na ego osnove s ispol'zovaniem tekhnogenno polimineral'nogo syr'ya' *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii KhKhIveka.* [Features of the production of binders of low water demand and concrete based on it using technogenic polimineral raw materials. Building materials, equipment, technologies of the 21st century]. № 2. Pp. 10-11.
9. *Saydumov, M. S., Murtazaeva, T. S. A., Khubaev, M. S. [et al.]* (2019) 'Mineral'nye napolniteli tekhnogenno proiskhozhdeniya dlya polucheniya vysokopodvizhnykh betonnykh smesei. V sbornike: *Millionshchikov-2019: Materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, posvyashchennoi 100-letiyu GGNTU* [Mineral fillers of technogenic origin for obtaining highly mobile concrete mixtures. In the collection: Millionaires-2019 Materials of the II All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists dedicated to the 100th anniversary of GSTOU]. Pp. 291-298.
10. *Lesovik, R. V. Avilova E. H. and Sopin D. M. [et al.]* (2008) 'Isol'zovanie tekhnogennykh peskov v melkozernistykh betonakh' *Smeshannye stroitel'nye materialy, teoriya i praktika: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posvyashchennoi 50-letiyu Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta arkhitektury i stroitel'stva* [The use of technogenic sand in fine-grained concrete. Mixed building materials, theory and practice: a collection of articles at the International Scientific and Technical Conference dedicated to the 50th anniversary of the Penza State University of Architecture and Construction]. Penza. Pp. 11-16.
11. *Yadykina, V. V.* (2004) 'Povyshenie effektivnosti asfal'to- i tsementobetonov na osnove tekhnogenno syr'ya' *Nauka i tekhnika v dorozhnoy i stroitel'noy promyshlennosti* [Improving the efficiency of asphalt and cement concrete based on industrial raw materials. Science and technology in the road industry]. № 1. Pp. 45-47.