РЕЦЕПТУРЫ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

© С.-А. Ю. Муртазаев^{1,2}, М. Ш. Саламанова^{1,2}, М. С. Сайдумов^{1,3},
З. Х. Исмаилова

¹ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

²КНИИ им. Х. И. Ибрагимова РАН, Грозный, Россия

³Академия наук ЧР, Грозный, Россия

В настоящей работе приводятся основные аспекты формирования специальных свойств материалов, а также компоненты, входящие в состав строительных сухих смесей. Приведенный анализ компонентов сухих строительных смесей подтвердил, что разработка рецептур сухих смесей – это энергоемкий и длительный процесс, требующий наличия современной лаборатории, оснащенной высококласным оборудованием для проведения исследований. Результаты исследований подтверждают, что местный минерально-природный ресурс позволяет проводить необходимые мероприятия по разработке рецептур ССС.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, модификация, минеральные вяжущие, микронаполнители, композиционное гипсовое вяжущее, многокомпонентные системы, порошок.

В России, как и во всех ведущих строительных державах мира, с последнего десятилетия прошлого века проведение строительно-отделочных и ремонтных работ не обходится без использования сухих строительных смесей (ССС). Номенклатура сухих смесей достаточно обширна, среди ассортимента можно увидеть различного типа клеи для устройства поверхностей пола, керамических стеновых материалов, природного камня, ремонтные и гидроизоляционные составы, мастики, затирки для замоноличивания швов, штукатурные смеси как для наружного, так и для внутреннего применения, и это всего лишь малая доля продукции, поставляемой в виде ССС [1-3, 6, 7].

Получение качественной и конкурентоспособной сухой строительной смеси – значимая и трудоемкая задача, ведь не секрет, производители существующих аналогов сохраняют рецептуру в тайне, и получить материал, превосходящий по качеству и стоимости, очень сложно. Сырьевая база данного региона позволяет осуществлять разработки ученых Грозненской школы, ведь известно, что республика богата залежами гипса, известняков, опоковидного мергеля, мелких кварцевых стекольных песков,

песчаников, также располагает строительными отходами (бетонный и кирпичный лом).

Для разработки ССС необходимо рассмотреть все компоненты, входящие в состав композиции, оценить ключевую роль каждого из них и совместимость по свойствам. Вяжущее вещество в составе сухой строительной смеси занимает ведущую роль, являясь активной составляющей, после взаимодействия с водой склеивает частицы мелкого заполнителя и тонкодисперсных минеральных порошков в единое целое, обеспечивая прочностные и адгезионные показатели строительного раствора. Моделируя рецептуру ССС для наружных отделочных работ, необходимо учитывать климатические факторы и подбирать гидравлическое вяжущее, и в зависимости от выбора этого компонента будут определяться показатели долговечности и прочности. Варьируя вяжущей связкой, мы прогнозируем безопасные условия эксплуатации полученного продукта; бездобавочный цемент, пуццолановый, шлакопортландцемент, глинозёмистый и т.д., каждый материал по-своему реализует свой потенциал. ССС на гипсовых вяжущих предназначены для внутренних отделок и состоят в

основном из β -полугидрата или ангидритового цемента. Известковые штукатурные смеси основаны на реакции взаимодействия строительной воздушной извести с уголекислотой воздуха, в результате происходит процесс карбонизации: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$.

Микронаполнители выполняют второй важный компонент, и в ССС их бывает до 10 видов, и именно они диктуют определенные уникальные свойства смесей. В качестве наполнителей используют различные добавки, получаемые измельчением горных пород: кварцевые пески, известняк, доломит, мрамор. Возможно использование фибры различного генезиса. Для получения отделочных, декоративных штукатурных смесей в основном используют дополнительно декоративные фракции специального зернового состава, например, кальцит, мрамор, гидрослюда. Если мы преследуем цель получить теплоизоляционный эффект, желательно использовать легкие обожженные заполнители, такие как керамзит, перлит, пеностекло, вермикулит и вулканические туфы, пепел, пемза [4, 5].

Ну и, конечно, необходимы добавки для усовершенствования составов ССС и достижения многих технических свойств. К ним можно отнести полимерные добавки, эффективность которых доказана и дороговизна этим оправдывается. И именно они позволяют приготавливать высококачественную растворную смесь улучшенных свойств, с оптимальными реологией или удобоукладываемостью, а также контролировать сроки схватывания смеси. Например, в качестве загустителей и водоудерживающих добавок используют метилцеллюлозу, дозировки которой довольно низкие 0,02-0,7%, а присутствует наибольший эффект ССС, особенно он достигается при совместном их использовании с релаксационными порошками [4-6].

Таким образом, приведенный анализ компонентов рецептур ССС подтвердил, что разработка составов сухих строительных смесей является сложным и энергоемким процессом, который неосуществим без участия квалифицированного персонала и без наличия современной лаборатории, оснащенной высокотехнологичным оборудованием для проведения исследований и испытания образцов.

В работе приводятся результаты получения ССС на основе гипсовых вяжущих, и известно, что присутствует один существенный недостаток – низкая водостойкость, обусловленная высокой растворимостью гипса – 2,04 г/л CaSO_4 при 20°C. При увлажнении камня в микропорах гипсового изделия за счет растворения кристаллов двуводного гипса появляется насыщенный раствор сернокислого кальция, вследствие чего связь между кристаллами ослабевает, и прочностные характеристики изделий понижаются [8, 9].

Разработанное гипсовое вяжущее с использованием ультрадисперсного наполнителя из опоковидного мергеля гарантирует повышение водостойкости и улучшение свойств, а использование местного некондиционного ресурса отразится и на стоимости конечной продукции. Для раскрытия активных центров кристаллизации опоковидный мергель после измельчения в роликовой мельнице в течение 40 минут ($S_{\text{уд}} = 1220 \text{ м}^2/\text{кг}$) подвергали тепловому воздействию в муфельной печи по режиму:

- подъем температуры 30 мин до 500 °C;
- обжиг 1 час при температуре 500 °C;
- снижение температуры 30 мин до 50 °C.

Изучение частиц термоактивированного при температуре 500 °C опоковидного мергеля методом сканирующей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа (таблица 1, рисунки 1-3) показало, что структура частиц пластинчатая (размер частиц менее

Таблица 1.

Состав термоактивированного при температуре 500 °C опоковидного мергеля в вес. %

	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	CaO	FeO	Итог
1	0,06	0,25	3,17	30,11	61,27	0,24	95,10
2	-	-	0,32	4,64	69,63	-	74,59

Рис. 1. Микрофотография зерен термоактивированного при температуре 500 °С опоковидного мергеля

Рис. 2. Спектры EDX фаз основной массы термоактивированного при температуре 500 °С опоковидного мергеля

Рис. 3. Дифрактограмма образца термоактивированного мергеля 500 °С, в сопоставлении с данными базы PDF-2. Приведенные фазы сравнения: А – кварц, Б – кальцит, В – альбит, С – парагонит, З –портландит, Е – оксид кальция, И – ларнит, Г – микроклин/ортоклаз

1-5 мкм), что намного меньше частичек портландцемента.

Анализируя результаты сканирующей электронной микроскопии, было установлено, что спектры фаз основных масс окремненного мергеля при термоактивации 500 °С указывают на присутствие ларнита Ca_2SiO_4 . По результатам рентгенофазового анализа в образце порошка термоактивированного мергеля присутствуют яркие фазы кальцита и менее яркие кварца, в очень небольшом количестве полевые шпаты, вероятнее всего плагиоклазы, на ~ 9 град. пик, примерно соответствует слюдам-гидрослюдам. Есть несколько «размытых» рефлексов, сходных с рефлексами силикатов кальция (типа ларнита) и окисью кальция (яркий пик накладывается с одной из линий предположенного ларнита, вторая не яркая совпадает с галоподобным участком, возможно, связанным с присутствием слабо окристаллизованных и гидратированных силикатов кальция), так же в районе 18 град. есть небольшое гало, которое можно идентифицировать к фазе портландита.

Методами электронной микроскопии доказана эффективность предлагаемого минерального порошка, введение в состав гипсового вяжущего термоактивированного мергеля 500 °С позволит выявить новые возможности композиции и покрывая все недостатки.

Гипсовое вяжущее, как известно, отличается невысокой удельной поверхностью ($S_{\text{уд}}=180 \text{ м}^2/\text{кг}$), и связано это с достаточно высокой растворимостью минерала $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Для получения композиционного гипсового вяжущего (КГВ) с улучшенными показателями было решено вводить минеральный порошок в количестве 10, 15 и 20%. Для более полного раскрытия адсорбционной способности и получения достаточно однородного и дисперсного продукта, полученные композиции измельчали в течение 5, 10 и 15 минут в лабораторной роликовой мельнице. Известен факт повышенной водопотребности гипсовых вяжущих систем, поэтому во все заявленные связки добавляли порошкообразный суперпластификатор Полипласт СП-1 в дозировке 1,0% от массы гипса. Выявлена зависимость удельной поверхности полученных КГВ от степени наполнения и продолжительности помола (рисунок 4).

Результаты полученных исследований выявили зависимость удельной поверхности КГВ от степени наполнения гипсовой связки «гипс – термообработанный мергель» и продолжительности измельчения. Установлено, что с увеличением дозировки наполнителя до 20% и 15 минут помола $S_{\text{уд}}$ составила $620 \text{ м}^2/\text{кг}$. Необходимо выявить целесообразность данно-

Рис. 4. График зависимости удельной поверхности КГВ от продолжительности измельчения

го технологического мероприятия и доказать оправданность энергозатрат. Испытания КГВ проводили согласно ГОСТ 23789-2018 «Вязущие гипсовые. Методы испытаний». Для этого были изготовлены образцы-балочки размером 40х40х160 мм из разработанных рецептур КГВ. Нормальная густота гипсового теста определялась экспериментальным путем с помощью вискозиметра Суттарда, предел прочности на сжатие на гидравлическом ручном прессе РПГ-75. Условия хранения образцов соответствовали стандартной методике. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Анализ приведенных исследований показал, что физико-механические характеристики исследуемых вяжущих существенно изменяются, использование минеральной добавки термообработанного опоковидного мергеля повысило на 30% водостойкость композиционных гипсовых вяжущих.

Результаты исследований позволяют выделить наиболее оптимальную рецептуру КГВ для получения в дальнейшем сухих строительных смесей следующего состава, % мас.: 15% термообработанный опоковидный мергель, 84% гипсовое вяжущее, 1% Полипласт; продолжительность измельчения 10 минут, удель-

ная поверхность КГВ – 15-450 м²/кг. Диаграмма на рисунке 5 подтверждает, что наиболее высоких показателей прочности при сжатии достигла именно данная композиция.

Следовательно, полученное композиционное гипсовое вяжущее КГВ-15 обладает более улучшенными физико-механическими характеристиками, в сравнении с традиционным гипсовым вяжущим, наблюдается прирост прочности с 4,5 МПа до 6,8 МПа, водостойкость вяжущего тоже увеличилась с 0,38 до 0,57, и все это проявление синергетического эффекта использования гипса (84%), добавки опоковидного мергеля (15%) и суперпластификатора Полипласт (1%).

Таким образом, повышение показателя водостойкости КГВ-15 обосновано формированием дополнительных новообразований на основе соединений оксидов кремния и кальция при гидратации и при воздействии воды на твердеющую систему. В то же время, при оптимальном содержании добавок увеличивается средняя плотность гипсовых композиций и снижается пористость. Так же, согласно многим исследованиям, оксид кремния, который преобладает в составе термообработанного опоковидного мергеля при температуре 500 °С,

Таблица 2.
Физико-технические характеристики композиционного гипсового вяжущего

№	Содержание добавки, %	В/Г отношение	Средняя плотность, кг/м ³	Пористость, %	Водопоглощение, % через 4 ч	Коэффициент размягчения
1	0	0,60	1294	53,1	25,9	0,38
измельчение 5 минут						
2	10	0,44	1311	52,8	26,2	0,53
3	15	0,46	1328	56,9	27,0	0,55
4	20	0,48	1339	55,2	26,9	0,54
измельчение 10 минут						
5	10	0,48	1308	52,6	25,2	0,54
6	15	0,50	1318	50,8	25,0	0,57
7	20	0,52	1324	52,9	25,4	0,56
измельчение 15 минут						
8	10	0,52	1305	54,5	28,2	0,51
9	15	0,54	1313	54,2	29,6	0,50
10	20	0,56	1319	58,1	30,6	0,47

Рис. 5. Диаграмма набора предела прочности на сжатие КГВ (МПа)

приводит к усилению водородной связи между сульфатной группой и водой и воздействует на структуру гипсовой матрицы, формируя в ней фазы внедрения, которые способствуют увеличению прочностных характеристик гипсового камня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ботка Е. Н. Рынок сухих строительных смесей России: от спада к стабилизации // Технологии и бизнес на рынке сухих строительных смесей. 2009. № 10. С. 3-5.
2. Беляев Е. В. Сухие строительные смеси // Сухие строительные смеси. 2011. № 3. С. 2.
3. Современные подходы к использованию природного сырья горных территорий для получения эффективных строительных композитов / С-А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, Р. Г. Бисултанов, Т. С-А. Муртазаева // Устойчивое развитие горных территорий. 2016. № 3 (Т. 8). С. 238-247.
4. Козлова И. В. Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий // Строительные материалы. 2006. С. 64-65.
5. Корнеев В. И., Зозуля П. В. Сухие строительные смеси. М.: РИФ «Стройматериалы», 2010. 320 с.
6. Лесовик В. С., Погорелов С. А., Строкова В. В. Гипсовые вяжущие материалы и изделия. Белгород: АСВ, 2000. 224 с.
7. Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М. Ш., Бисултанов Р. Г. Влияние тонкодисперсных микронаполнителей из вулканического пепла на свойства бетонов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова». Грозный: ГГНТУ, 2015. Т. 1. С. 171-176.
8. Rzczycka M., Mycielski R., Kowalski W., Gałazka M. Biotransformation of phosphogypsum in media containing different forms of nitrogen // Acta Microbiol. Polon. 2001. 50 (3/4). P. 281.
9. Саламанова М. Ш. Использование наполнителя из окремненного мергеля для получения композиционного вяжущего // Наука сегодня. Материалы Международной научно-практической конференции. Вологда, 2014. С. 66-69.

RECIPES FOR MODIFIED DRY MIXTURES

© S-A. Yu. Murtazaev^{1,2}, M. Sh. Salamanova^{1,2}, M. S. Saidumov^{1,3}, Z. Kh. Ismailova¹

¹GSOTU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

²CRI named after Kh. I. Ibragimov RAS, Grozny, Russia

³Academy of Sciences of the Chechen Republic, Grozny, Russia

This work presents the main aspects of the formation of special properties of materials, as well as the components that make up the construction dry mixes. The above analysis of the components of dry building mixtures confirmed that the development of formulations for dry mixtures is an energy-intensive and time-consuming process that requires a modern laboratory equipped with high-quality research equipment. The research results confirm that the local mineral and natural resource allows to carry out the necessary measures for the development of CCC formulations.

Keywords: dry building mixtures, modification, mineral binders, microfillers, composite gypsum binder, multicomponent systems, powder.

REFERENCES

1. Botka, E. N. (2009) 'Rynek sukhikh stroitel'nykh smesei Rossii: ot spada k stabilizatsii'. *Tekhnologii i biznes na rynke sukhikh stroitel'nykh smesei*. [Dry Building mixes market in Russia: from recession to stabilization. Technologies and business in the market of dry building mixes]. № 10. Pp. 3-5.
2. Belyaev, E. V. (2011) 'Sukhie stroitel'nye smesi'. *Sukhie stroitel'nye smesi*. [Dry building mixes. Dry building mixes]. № 3. Pp. 2-4.
3. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Bisultanov, R. G. and Murtazaeva, T. S-A. (2016) 'Sovremennye podkhody k ispol'zovaniyu prirodnogo syr'ya gornykh territorii dlya polucheniya effektivnykh stroitel'nykh kompozitov'. *Ustoichivoe razvitie gornykh territorii*. [Modern approaches to the use of natural raw materials of mountain areas to obtain effective building composites. Sustainable development of mountain territories]. № 3 (T. 8), pp. 238-247.
4. Kozlova, I. V. (2006) 'Povyshenie effektivnosti proizvodstva i primeneniya gipsovykh materialov i izdelii'. *Stroitel'nye materialy*. [Improving the efficiency of production and application of gypsum materials and products. Building materials.], pp. 64-65.
5. Korneev, V. I. and Zozulya, P. V. (2010) Sukhie stroitel'nye smesi. [Dry building mixes]. RIF «Stroimaterialy». Moscow. P. 320.
6. Lesovik, V. S., Pogorelov, S. A. and Stokova, V. V. (2000) Gipsovye vyazhushchie materialy i izdeliya. [Gypsum binding materials and products]. Belgorod. ASV. p. 224.
7. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Bisultanov, R. G. (2015) 'Vliyanie tonkodispersnykh mikronapolnitelei iz vulkanicheskogo pepela na svoystva betonov'. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 95-letiyu FGBOU VO «GGNTU im. akad. M. D. Millionshchikova»*. [The influence of fine microfillers from volcanic ash on the properties of concrete. Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the "GSTOU named after M. D. Millionshchikov"]. GGNTU. V. 1. Grozny, pp. 171-176.
8. Rzezzycka, M., Mycielski, R., Kowalski, W. and Gałazka, M. (2001) Biotransformation of phosphogypsum in media containing different forms of nitrogen. *Acta Microbiol. Polon.* 50 (3/4). P. 281.
9. Salamanova, M. Sh. (2014) 'Ispol'zovanie napolnitelya iz okremnennogo mergelya dlya polucheniya kompozitsionnogo vyazhushchego'. *Nauka segodnya. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [The use of a filler made of silicified marl to obtain a composite binder. Nauka Segodnya. Materials of the international scientific and practical conference]. Vologda. Pp. 66-69.