

УДК 691.53

*Розовская Т.А., аспирант,
Семенов В.С., кандидат технических наук, доцент,
тел. +7 (929) 905-10-90, tamara.roz@yandex.ru
тел. +7 (495) 287-49-14 (*3092), science-isa@yandex.ru
Каф. стр. материалов ФГБОУ ВПО «Московский
государственный строительный университет»,
г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, 129337*

ОБЛЕГЧЕННАЯ СУХАЯ КЛАДОЧНАЯ СМЕСЬ С ПОЛЫМИ МИКРОСФЕРАМИ

Статья посвящена вопросу разработки сухих строительных смесей для кладочных работ на основе полых керамических и стеклянных микросфер. Рассмотрено влияние процентного содержания полых микросфер различных фракций в составе смеси на ее физико-механические и технологические свойства. Определены оптимальные составы сухих смесей для кладочных работ и их основные свойства.

Ключевые слова: сухие кладочные смеси, облегченные сухие смеси, полые керамические микросферы, полые стеклянные микросферы, кладочные растворы

В современном строительстве значительная доля применяемых материалов приходится на материалы для кладочных работ. Так, в России только в жилищном строительстве в 2010 г. по материалам стен застройщики отдали предпочтение кирпичному и блочному вариантам наружных ограждающих конструкций жилых домов (41,7 % общей площади введенных жилых домов). В 2011 г. эта цифра составила уже 43,6 %, в 2012 г. возросла до 46,2 % введенных жилых площадей.

Обеспечение нормативных требований по теплозащите для ограждающих конструкций требует применения эффективных материалов. В связи с этим, ограждающие конструкции проектируются 2-х или 3-хслойными с обязательным наличием эффективного теплоизоляционного материала. Однако известно, что применение многослойных конструкций отрицательно влияет на их коэффициент термической однородности. Однослойные ограждающие конструкции, удовлетворяющие требованиям по теплозащите, такие как, например, кладка из ячеистобетонных блоков, не имеют данного недостатка. Обеспечение монолитности такой кладки может достигаться различными кладочными составами, однако только применение эффективных кладочных растворов низкой средней плотности и теплопроводности позволяет обеспечить термическую однородность такой конструкции и устранить «мостики холода».

Существующие облегченные кладочные растворы, получаемые из готовых сухих смесей, содержащие такие облегчающие наполнители, как вспученные перлитовый и вермикулитовый пески, гранулированное пеностекло и пенополистирол, частично решают обозначенную проблему. Однако снизить среднюю плотность камня ниже 1000 кг/м³ при достаточной прочности раствора (более 10 МПа на сжатие) и получить низкую теплопроводность не удастся ввиду высокой водопотребности и расслаиваемости растворной смеси [1]. В работах [2 – 4] обосновано применение полых стеклянных микросфер (ПСМС) для кладочных растворов. Несмотря на низкую среднюю плотность и высокие теплофизические свойства, растворы на основе ПСМС обладают рядом недостатков, основным из которых является высокая стоимость. Применение в качестве облегчающего наполнителя полых керамических (алюмосиликатных) микросфер (КМС) позволяет получить эффективный кладочный раствор с необходимыми физико-механическими характеристиками [5].

Целью исследования явилась разработка эффективных облегченных цементных сухих строительных смесей для кладочных работ с полыми микросферами.

Задачи исследования:

1. Разработать составы облегченных сухих строительных смесей для кладочных работ с полыми микросферами;

2. Исследовать влияние процентного содержания полых микросфер различных фракций в составе раствора на его физико-механические и технологические свойства.

Полые алюмосиликатные микросферы образуются в составе летучей золы при высокотемпературном факельном сжигании угля. В данном исследовании в качестве наполнителя были использованы 2 фракции полых алюмосиликатных тонкостенных микросфер: фракция 20-100 мкм (№1) «Микросфера термополированная» и фракция 100–500 мкм (№2), марка «ИНОТЭК Сибирь Кузнецкая». Толщина оболочки составляет 10 % от диаметра микросферы, истинная плотность материала стенок микросфер 2450 кг/м³, средняя плотность микросфер 370-390 кг/м³. Коэффициент теплопроводности микросфер составляет 0,08 Вт/(м·°С) при 20°С. Состав газовой фазы внутри сфер представляет собой смесь CO₂ ~ 70%, N₂ ~ 30%. Предел прочности при объемном сжатии составляет 15...28 МПа.

В качестве вяжущего был применен портландцемент ЦЕМ II / А-III 42,5 Н (Holcim) с 9,8 % гранулированного шлака. Для снижения водоцементного отношения (В/Ц) вводился суперпластификатор PERAMIN SMF 10 в дозировке 0,4 % от массы вяжущего.

В работе использованы стандартные методики испытаний [6,7]. Подвижность кладочного раствора определялась по глубине погружения стандартного конуса массой 300 г. Подвижность всех полученных составов соответствует Пк2 (погружение стандартного конуса 4–8 см). Плотность растворной смеси определялась при помощи стального пикнометра вместимостью 100 см³. Сроки схватывания раствора определялись при помощи прибора Вика. Определение водоудерживающей способности растворной смеси выполнялось при помощи устройства ОВС. Прочность раствора при изгибе и сжатии определялась на образцах–балочках размером 4×4×16 см.

Для определения оптимальных составов были исследованы растворы с процентным содержанием КМС 20, 40, 60 и 80 % от массы вяжущего. Прочность определяли в возрасте 28 суток твердения в условиях, регламентированных ГОСТ [7]. Составы и свойства облегченных кладочных растворов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Составы и свойства облегченных кладочных растворов с КМС

№	Состав	В/Ц	Водоудерживающая способность, %	Сроки схватывания, ч–мин		ρ_m раствора, кг/м ³	ρ_m сухого камня, кг/м ³	Предел прочности, МПа	
				начало	конец			на сжатие	на растяжение при изгибе
Растворы на основе КМС №1									
1	100% ПЦ + 20% КМС + 0,4% СП	0,42	97,6	4-30	5-10	1600	1000	45,4	4,2
2	100% ПЦ + 40% КМС + 0,4% СП	0,64	96,4	4-50	5-30	1500	920	33,8	3,6
3	100% ПЦ + 60% КМС + 0,4% СП	0,72	95,9	5-20	6-15	1350	880	24,8	2,9
4	100% ПЦ + 80% КМС + 0,4% СП	0,92	95,1	5-50	6-30	1300	850	22,4	2,8
Растворы на основе КМС №2									
5	100% ПЦ + 20% КМС + 0,4% СП	0,4	97,9	4-20	5-00	1500	900	39,5	3,7
6	100% ПЦ + 40% КМС + 0,4% СП	0,5	97,1	4-35	5-15	1300	810	24,8	2,5
7	100% ПЦ + 60% КМС + 0,4% СП	0,65	96,6	4-50	5-30	1150	725	17,2	2,3
8	100% ПЦ + 80% КМС + 0,4% СП	0,8	96,1	5-15	5-55	1100	700	16,8	2,2

Примечания: ПЦ – портландцемент, КМС – полые керамические микросферы, СП – суперпластификатор.

Введение КМС в количестве 20...80 % от массы цемента позволяет снизить среднюю плотность раствора в интервале 1100...1600 кг/м³, плотность сухого камня в интервале 700...1000 кг/м³. Показатели водоудерживающей способности для всех растворов соответствуют требованиям ГОСТ. Время начала схватывания раствора с КМС составляет не менее 4 ч 20 мин, что достаточно для проведения кладочных работ. С увеличением содержания КМС сроки схватывания также увеличиваются.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что наиболее оптимальными по показателям средней плотности и прочности являются растворы с содержанием 60 % КМС от массы цемента. Растворы с КМС фракции 100-500 мкм (№ 2) имеют более низкую среднюю плотность при достаточно высоких показателях прочности на сжатие, при этом данный вид микросфер на 10 – 20% дешевле термополированной микросферы фракции 20-100 мкм (№ 1).

На рис. 1 представлены зависимости плотности сухого камня от процентного содержания КМС различных фракций в растворе. Следует отметить, что увеличение содержания в растворе КМС более 60 % не приводит к заметному снижению средней плотности, а, следовательно, неэффективно, поскольку приводит к увеличению стоимости раствора. В то же время, увеличение содержания КМС в растворе не оказывает существенного влияния на снижение прочности.

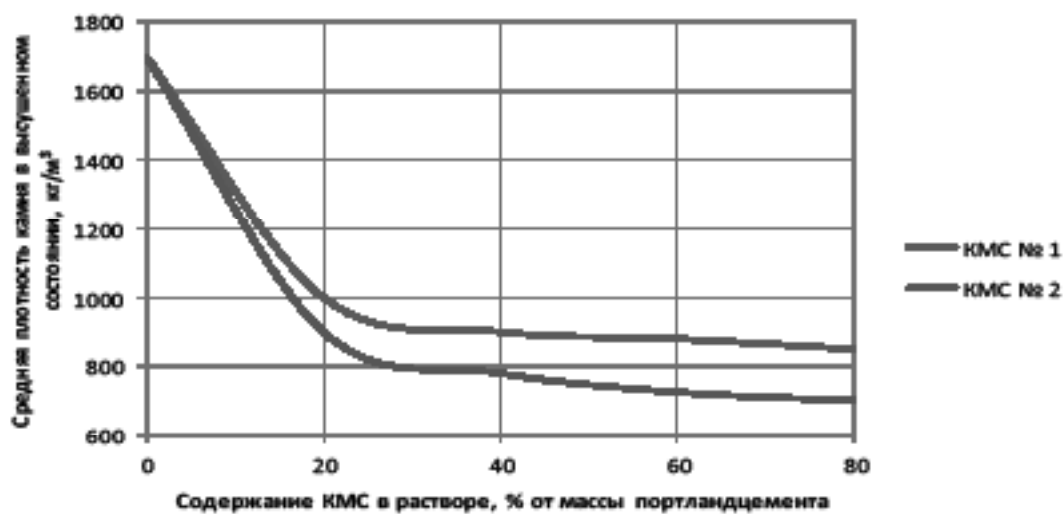


Рисунок 1. Зависимость средней плотности камня в высушенном состоянии от содержания КМС для различных фракций

Кинетика набора прочности облегченным кладочным раствором с 60 % КМС представлена на рис. 2. В возрасте 14 суток при нормальных условиях твердения раствор набирает свыше 85 % от марочной прочности, в возрасте 7 суток – более 60 %.

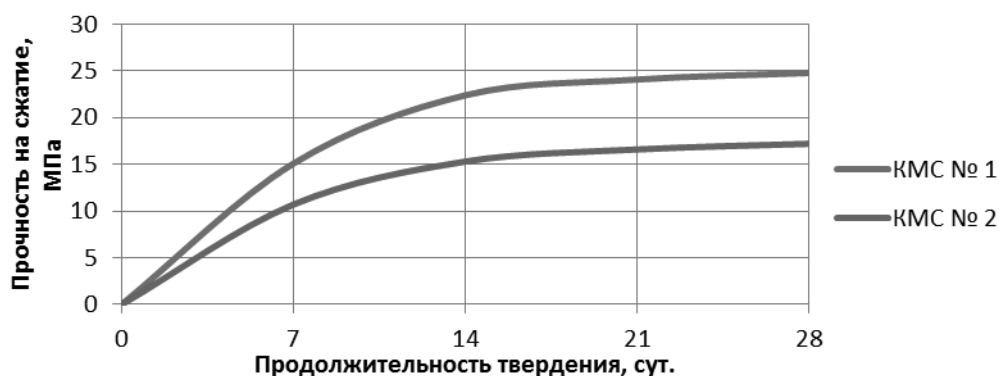


Рисунок 2. Кинетика набора прочности облегченным раствором с 60 % КМС

По сравнению с аналогичными кладочными растворами на облегчающих наполнителях различных производителей, разработанный состав имеет ряд преимуществ (табл. 3), таких как: средняя плотность не более 700 кг/м³, коэффициент теплопроводности не выше 0,18 Вт/(м·°С), предел прочности на сжатие свыше 15 МПа. Кроме того, среди растворов с низкой плотностью (не более 700 кг/м³), разработанный состав обладает наименьшей стоимостью за 1 м³.

Коэффициент теплопроводности пеноблока класса по средней плотности D700 равен 0,18...0,21 Вт/(м·°С). Коэффициент теплопроводности разработанного кладочного раствора не превышает 0,18 Вт/(м·°С). Таким образом, применение эффективного облегченного кладочного раствора на основе КМС позволит получить ограждающую конструкцию с коэффициентом термической однородности 0,98 и более.

Для дальнейшего снижения плотности камня в раствор были введены ПСМС 3М™ GlassBubbles, тип К25 (Бельгия). Полые стеклянные микросферы производятся из натрийборосиликатного стекла и представляют собой белый сыпучий порошок, состоящий из тонкостенных шариков диаметром 20-160 мкм и толщиной стенки 1...3 мкм. Микросферы обладают низкой средней плотностью (250 кг/м³), прочность при гидростатическом сжатии составляет 5,2 МПа. Средняя плотность материала оболочки микросферы – 2420 кг/м³. Коэффициент теплопроводности микросферы не более 0,06 Вт/(м·°С) при 20 °С, средний размер частиц 35 мкм. Свойства облегченного кладочного раствора на основе КМС и ПСМС приведены в табл. 2.

Таблица 2

Составы и свойства облегченных кладочных растворов с КМС и ПСМС

Состав	В/Ц	ρ_m раствора, кг/м ³	ρ_m сухого камня, кг/м ³	Предел прочности на сжатие, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа
ПЦ + КМС + ПСМС + СП	0,8	950	600	12,1	2,9

Введение ПСМС в состав сухой строительной смеси позволяет несколько снизить плотность раствора, при этом прочность на сжатие достаточна для обеспечения монолитности кладки. В табл. 3 представлены сравнительные характеристики сухих строительных смесей для кладочных работ с наиболее распространенными облегчающими наполнителями и разработанных составов.

Таблица 3

Сравнительные характеристики облегченных кладочных растворов с различными наполнителями

Наименование показателя	Раствор на основе гранулированного пенополистирола	Раствор на основе перлитового песка	Раствор на основе ПСМС	Раствор на основе КМС	Состав на основе КМС и ПСМС
Предел прочности на сжатие	> 5 МПа	> 5 МПа	> 2,5 МПа	> 15 МПа	> 10 МПа
Средняя плотность затвердевшего раствора в высушенном состоянии, кг/м ³	≤ 1000	≤ 700	≤ 600	≤ 700	≤ 600
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	0,21	0,18	0,16	0,18	0,16
Стоимость 1 м ³ раствора, руб.	8 700	15 300	34 800	12 500	22 300

Таким образом, полученная сухая строительная смесь для кладочных работ на основе полых микросфер обладает низкой средней плотностью, высокой прочностью и низким коэффициентом теплопроводности по сравнению со смесями-аналогами, представленными на рынке сухих строительных смесей.

Выводы:

1. Определен оптимальный расход керамических микросфер для кладочных растворов (60 % от массы вяжущего).
2. Разработана облегченная сухая кладочная смесь на основе полых керамических микросфер с низкой плотностью ($\leq 700 \text{ кг/м}^3$) и высокой прочностью на сжатие ($> 15 \text{ МПа}$).
3. Разработана облегченная сухая кладочная смесь на основе полых керамических и стеклянных микросфер с низкой плотностью ($\leq 600 \text{ кг/м}^3$) и высокой прочностью на сжатие ($> 10 \text{ МПа}$).
4. Определены физико-механические и технологические свойства разработанных составов, по итогам сравнения которых со свойствами представителей смесей-аналогов, следует отметить высокую эффективность разработанных сухих кладочных смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко Ю.В. Применение микродура в кладочных системах // Вестник МГСУ. – 2012. - № 5. – С. 139-142.
2. Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семенов В.С. Высококачественные строительные и тампонажные растворы с полыми стеклянными микросферами // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 10. – С. 56-58.
3. Орешкин Д.В., Кириллов К.И. Эффективные кладочные растворы // Сб. докл. юбилейной науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава института строительства и архитектуры МГСУ. – 2006. – С. 220 – 236.
4. Фролов А.А., Результаты применения облегченных цементных растворов с добавлением микросфер // Известия высш. учебн. заведений: Нефть и газ. - Тюмень.: ТюмГНГУ, 1997. - № 4.
5. Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семенов В.С., Кретова У.Е. Полые микросферы – эффективный наполнитель в строительные и тампонажные растворы // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 9. – С. 50-51.
6. ГОСТ 28013–98. Растворы строительные. Общие технические условия.– М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС), 1998.
7. ГОСТ 5802–86. Растворы строительные. Методы испытаний. – М.: Минстрой России, 1985.

ПОЛЕГШЕНА СУХА МУРУВАЛЬНА СУМІШ З ПОРОЖНИСТИМИ МІКРОСФЕРАМИ

© Розовська Т.А., Семенов В.С.

Стаття присвячена питанню розробки сухих будівельних сумішей для мурувальних робіт на основі порожнистих керамічних і скляних микросфер. Розглянуто вплив процентного вмісту порожнистих микросфер різних фракцій у складі суміші на її фізико-механічні та технологічні властивості. Визначено оптимальні склади сухих сумішей для мурувальних робіт і їх основні властивості.

Ключові слова: сухі мурувальні суміші, полегшені сухі суміші, порожнисті керамічні микросфери, порожнисті скляні микросфери, мурувальні розчини.

LIGHTWEIGHT DRY MASONRY MIXTURE WITH HOLLOW MICROSPHERES

© Rozovskaya T. A., Semenov V.S.

The article describes the development of dry masonry mixtures with hollow ceramic and glass microspheres. The influence of amount of hollow ceramic microspheres of different size in masonry mortars on their physical, mechanical and technological properties are considered. The optimum compositions of lightweight mortars with hollow microspheres were developed and their main properties were studied as well.

Keywords: dry masonry mixture, lightweight dry mixture, hollow ceramic microspheres, hollow glass microspheres, masonry mortars.