

## МАГНЕЗИАЛЬНАЯ ШТУКАТУРКА

Перспективным направлением использования магнезиального вяжущего в строительстве является производство сухих строительных смесей. В зависимости от назначения они могут быть наливными, штукатурными, окрасочными, грунтовочными, шпаклевочными и другими. В качестве вяжущего для их производства могут применяться различные вяжущие, в том числе магнезиальное, которые, благодаря эстетическим, экологическим и антибактерицидным свойствам, можно применять в детских, медицинских, общественных учреждениях и в жилых помещениях. Предпочтительнее всего магнезиальные ССС применять в качестве штукатурки для внутренней или наружной отделки зданий. Штукатурные растворы для наружного применения должны быть легкими и создавать «дышащее» покрытие, препятствующее образованию мостиков холода, обладать высокой паропрооницаемостью, способной регулировать равновесную влажность магнезиальной конструкции в целом, хорошей прочностью сцепления с покрываемой поверхностью, а также иметь достаточную морозостойкость. Чаще всего для производства таких изделий используют портландцемент и известково-кремнеземистое вяжущее, что требует увеличения затрат на дорогостоящее оборудование и энергию для проведения тепловлажностной обработки. В отличие от материалов на основе этих вяжущих, магнезиальные изделия характеризуются быстрым набором прочности в естественных условиях. Поэтому большой интерес представляет использование магнезиальных вяжущих, позволяющих получать высокопрочные, экологичные и биостойкие материалы строительного назначения.

**Ключевые слова:** магнезиальные сухие строительные смеси, смеси для наружной отделки, гигроскопичность, прочность, водостойкость.

## MAGNESIA PLASTER

A promising direction for the use of magnesia binder in construction is the production of dry building mixtures. Depending on their purpose, they can be self-leveling, plastering, painting, priming, putty and others. As a binder for their production, various binders can be used, including magnesia, which, due to aesthetic, environmental and antibacterial properties, can be used in children's, medical, public institutions and in residential premises. It is most preferable to use magnesia CCC as a plaster for interior or exterior decoration of buildings. Plasters for external use should be lightweight and create a «breathable» coating that prevents the formation of cold bridges, have high vapor permeability, capable of regulating the equilibrium moisture content of the magnesia structure as a whole, good adhesion to the surface to be coated, and also have sufficient frost resistance. Most often, for the production of such products, Portland cement and lime-silica binder are used, which requires an increase in the cost of expensive equipment and energy for conducting heat and moisture treatment. Unlike materials based on these binders, magnesia products are characterized by a quick set of strength in natural conditions. Therefore, of great interest is the use of magnesia binders, which make it possible to obtain high-strength, environmentally friendly, and biostable materials for construction purposes.

**Keywords:** magnesia dry building mixtures, mixtures for exterior decoration, hygroscopicity, strength, water resistance.

Сухие строительные смеси (далее ССС) занимают около 35 % всей промышленности строительных материалов России. Растущий спрос на них обуславливается, прежде всего, экономией дорогостоящих вяжущих веществ за счет использования пластифицирующих добавок, а также снижением расходов на транспортировку готовых смесей к месту их использования. На рынке строительных материалов в настоящее время присутствуют только цементные, гипсовые и полимерные сухие строительные смеси. А на основе магнезиального вяжущего смесей, к сожалению, нет.

Это связано в первую очередь с тем, что магнезиальные вяжущие мало известны среди конечных потребителей и даже многих ученых. Причиной такой «скромности» данного вяжущего является отсутствие качественного магнезиального вяжущего строительного назначения в нашей стране, а также недостаточно информации о качественных материалах и изделиях на его основе (отсутствие нормативной базы – ГОСТов, ТУ на такие изделия).

Однако, проведенные литературные исследования показали, что на основе магнезиального вяжущего можно изготавливать широкую номенклатуру ССС (штукатурные составы, растворы, окрасочные составы, грунтовки и шпаклевки, смеси для полов и т.д.) с повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Изучение ассортимента сухих строительных смесей на российском рынке показало, что в нашей стране отделочные смеси на магнезиальном вяжущем практически не производятся. Единственным предприятием, которое занимается выпуском магнезиальных смесей для устройства полов, является «Альфапол» (г. Санкт-Петербург), не удовлетворяющий спрос всего строительного рынка ССС России.

Штукатурные магнезиальные составы должны быть легкими и создавать «дышащее» покрытие. Поэтому для производства сухих строительных смесей наиболее перспективными наполнителями являются вермикулит, тальк, микрокальцит, сырые магнезитовые и бруситовые породы и т.д. В работе предлагаются примерные составы магнезиальных шпаклевок. При приготовлении смесей на основе магнезиального вяжущего необходимо придерживаться точных дозировок исходных компонентов. Например, незначительные отклонения в плотности затворителя могут существенно изменить качество получаемых материалов. При производстве ССС обезвоженную соль вводят непосредственно в смесь и на месте производства штукатурных работ

нужно лишь точно отдозировать необходимое количество воды, это избавляет от необходимости приготовления раствора затворителя нужной плотности на строительной площадке и облегчает условия работы.

Штукатурные растворы для наружного раствора должны быть легкими, с высокой паропроницаемостью и адгезионной прочностью к бетонам и кирпичу. Кроме того, штукатурные растворы на магнезиальном вяжущем отличаются быстрым набором прочности, позволяющим ускорить сроки строительства. Экологичность и антибактерицидные свойства магнезиальных ССС позволяют применять их в детских и медицинских учреждениях, в жилых домах, поэтому разработка штукатурных смесей на основе магнезиального вяжущего является перспективным направлением исследования в области строительного материаловедения.

Для решения поставленных задач был проведен литературный и патентный обзор, в результате которого было установлено, что возможность производить ССС на основе магнезиального вяжущего есть, однако нет нормативно-технической документации, содержащей рекомендации по количественному содержанию тех или иных компонентов в составе смеси, как это описано для цементных и других пуццоланосодержащих смесей. Поэтому при проведении исследований будем использовать нормативную базу именно для цементных смесей.

В ходе предварительных исследований раскрыли механизм снижения гигроскопичности хлормagneзиального камня при модифицировании его структуры комплексными добавками, содержащими катионы двух- и трехвалентного железа одновременно. Катионы двухвалентного железа за счет встраивания в структуру оксигидрохлоридных фаз замещают эквивалентное количество катионов магния, а катионы трехвалентного железа адсорбируются на гидратных фазах хлормagneзиального камня и снижают их поверхностный заряд.

Таким образом, целью работы является разработка составов магнезиальных сухих строительных смесей для наружной отделки зданий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач:

- в ходе математического планирования эксперимента разработать составы магнезиальных сухих строительных смесей для наружного применения;
- изучить основные свойства разрабатываемых магнезиальных сухих строительных смесей;

– определить оптимальный состав магнезиальной сухой строительной смеси для наружной отделки.

В качестве сырьевых материалов использовали:

Для проведения исследований и разработок составов применяли материалы:

– магнезиальное вяжущее – ПМК-75 (ОАО «Комбинат «Магнезит», г. Сатка), по ГОСТ 1216-87, ТУ 5745-004-70828456-2005;

– модифицирующую добавку, содержащую катионы двух- и трехвалентного железа – шлак от производства никеля (далее шлак) ОАО «УфалейНикель»);

– затворители: хлорид магния по ГОСТ 7759-73.

Заполнители: вспученный вермикулит фр. 0...1,25 мм (ГОСТ 9757-90) производства ЗАО «Уралграфит».

цессов и их статистического анализа использовали математическое планирование эксперимента. Адекватность полученных моделей оценивали с помощью критерия Фишера, а также расчета минимального количества образцов в серии N для получения достоверных результатов исследований путем расчета отклонений от точности измерений ( $\Delta X$ ) [13].

Для исследований свойств магнезиальных сухих строительных смесей готовили гарцовку из смеси вяжущего, заполнителя и добавок. Тщательно перемешав эти компоненты, гарцовку затворяли заранее подготовленным водным раствором хлорида магния. Готовую смесь укладывали в формы с размерами, установленными нормативно-технической документацией на конкретные испытания.

Изучая физико-механические свойства магнезиального штукатурного раствора,

Таблица 1

**Физико-механические свойства штукатурного раствора**

| Кол-во MgO/вермикулит, % |      | Кол-во добавки, % |      | Прочность при сжатии, МПа, сутки |      |      |      |      |      | MR | Плотность раствора, кг/м <sup>3</sup> , сутки |      | A7   | A28  | F  | Усадки, мм/м |
|--------------------------|------|-------------------|------|----------------------------------|------|------|------|------|------|----|---|------|------|------|----|--------------|
| X                        | %    | У                 | %    | 1                                |      | 14   |      | 28   |      |    | 7   | 28   |      |      |    |              |
| Rсж                      | Rизг | Rсж               | Rизг | Rсж                              | Rизг | Rсж  | Rизг | Rсж  | Rизг |    |   |      |      |      |    |              |
| -1                       | 3/1  | -1                | 0    | 10,1                             | 1,3  | 16,0 | 1,46 | 19,8 | 8,7  | 10 | 1390  | 1425 | 0,86 | 1,1  | 50 | -0,40        |
| -1                       | 3/1  | 0                 | 2,5  | 9,7                              | 1,1  | 18,4 | 1,41 | 21,0 | 8,3  | 10 | 1450  | 1416 | 0,93 | 1,3  | 50 | -0,35        |
| -1                       | 3/1  | 1                 | 5    | 10,2                             | 1,0  | 19,3 | 1,40 | 24,0 | 8,1  | 10 | 1415  | 1347 | 1,00 | 1,5  | 50 | -0,38        |
| 0                        | 1/1  | 1                 | 5    | 4,5                              | 0,8  | 7,9  | 0,93 | 9,5  | 10,8 | 4  | 1189  | 1166 | 1,49 | 1,6  | 35 | -0,35        |
| 1                        | 1/3  | 1                 | 5    | 1,0                              | 0,3  | 1,9  | 0,4  | 2,4  | 2,6  | -  | 1054  | 1023 | 0,38 | 0,51 | 25 | -0,20        |
| 1                        | 1/3  | 0                 | 2,5  | 1,7                              | 0,3  | 2,4  | 0,49 | 3,0  | 3,1  | -  | 1060  | 1000 | 0,45 | 0,56 | 25 | -0,22        |
| 1                        | 1/3  | -1                | 0    | 1,9                              | 0,3  | 2,4  | 0,40 | 3,2  | 3,2  | -  | 1070  | 980  | 0,68 | 0,7  | 25 | -0,25        |
| 0                        | 1/1  | -1                | 0    | 4,2                              | 0,4  | 5,3  | 0,93 | 6,6  | 5,4  | 4  | 1210  | 1199 | 1,30 | 1,5  | 30 | -0,30        |
| 0                        | 1/1  | 0                 | 2,5  | 3,5                              | 0,6  | 5,6  | 0,78 | 6,9  | 4,8  | 4  | 1195  | 1185 | 1,23 | 1,56 | 30 | -0,33        |

Для осуществления экспериментов необходимо было провести расчет состава строительной смеси, чего достигли путем планирования и реализации двухфакторного эксперимента, значимыми факторами (в кодовых значениях) в котором служили:

X – отношение MgO/вермикулит, равное 3/1, 1/1, 1/3;

У – количество добавки шлака никелевого производства, которая варьировалась в пределах 0%, 2,5% и 5%.

Учитывая, что магнезиальное вяжущее является вяжущим воздушного твердения, образцы до испытаний твердели в естественных условиях при температуре 20±5°С и относительной влажности воздуха 65±5 %. Изучение свойств магнезиальных композитов осуществляли в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов и технических условий. С целью создания математических моделей исследуемых про-

установили, что его прочность при сжатии и изгибе прямо пропорционально зависит от количества введенного в состав смеси заполнителя. Так, при содержании вермикулита в количестве 25% прочность при сжатии достигает М 20, марка по прочности при изгибе Bt 5,2, адгезионная прочность в 28 сутки составляет 1,1...1,5 МПа, средняя плотность магнезиальной штукатурки находится в пределах 1300...1400 г/см<sup>3</sup>. Также на прочностные характеристики раствора существенное влияние оказывает добавка шлака, вводимая в количестве 2,5 и 5 %. При этом 5 % добавки в составе вяжущего позволяют достичь наивысших прочностей. Дальнейшее повышение содержания заполнителя в составе штукатурного раствора приводит к снижению показателей физико-механических характеристик.

Результаты определения свойств строительного раствора сведены в табл. 1, 2.

Изучая морозостойкость магнезиальной

Таблица 2

**Физические и теплофизические свойства раствора**

| Физические свойства      |     |                      |     |                     |               |                            |                        |   | Теплофизические свойства |               |
|--------------------------|-----|----------------------|-----|---------------------|---------------|----------------------------|------------------------|---|--------------------------|---------------|
| Кол-во MgO/вермикулит, % |     | Кол-во агломерата, % |     | Гигроскопичность, % | Водостойкость | Водопоглощение, % по массе | Открытая пористость, % | Водопоглощение по кап. подосу, кг/(м <sup>2</sup> ·ч <sup>0,5</sup> ) | λ, Вт/(м·С)              | μ, г/(м·ч·Па) |
| X                        | %   | У                    | %   |                     |               |                            |                        |   |                          |               |
| -1                       | 3/1 | -1                   | 0   | 11,3                | 0,67          | 8,3                        | 11,8                   | 0,47  | 0,3109                   | 0,233         |
| -1                       | 3/1 | 0                    | 2,5 | 9,6                 | 0,69          | 10,1                       | 14,3                   | 0,37  | 0,2215                   | 0,124         |
| -1                       | 3/1 | 1                    | 5   | 9,3                 | 0,67          | 13,6                       | 18,3                   | 0,37  | 0,2868                   | 0,227         |
| 0                        | 1/1 | 1                    | 5   | 15,4                | 0,53          | 27,9                       | 32,5                   | 1,17  | 0,3173                   | 0,255         |
| 1                        | 1/3 | 1                    | 5   | 31,2                | 0,50          | 40,2                       | 41,1                   | 1,33  | 0,2844                   | 0,418         |
| 1                        | 1/3 | 0                    | 2,5 | 35,1                | 0,50          | 42,5                       | 45,5                   | 1,33  | 0,2945                   | 0,485         |
| 1                        | 1/3 | -1                   | 0   | 38,5                | 0,49          | 44,1                       | 47,2                   | 1,56  | 0,3122                   | 0,284         |
| 0                        | 1/1 | -1                   | 0   | 19,6                | 0,50          | 34,1                       | 40,9                   | 1,55  | 0,4324                   | 0,334         |
| 0                        | 1/1 | 0                    | 2,5 | 16,5                | 0,52          | 30,2                       | 35,8                   | 1,34  | 0,3521                   | 0,383         |

штукатурки для наружного применения, установили, что раствор, выдерживающий наименьшее количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, содержит в своем составе 75 % заполнителя, и его морозостойкость составила 25 циклов. Раствор, содержащий 50 % вермикулита в качестве заполнителя, имеет марку по морозостойкости F 35, а количество циклов у раствора с 25 % вермикулита достигает 70, что соответствует марке F 50.

Увеличение количества вермикулита от 25 до 75 % приводит к снижению деформаций усадок до -0,25 мм/м, при этом добавка шлака составляет 5 %.

Учитывая то, что вермикулит является пористым материалом с преобладанием открытых пор, то увеличение доли его содержания в составе магнезиального раствора приводит к повышению его открытой пористости с 11 до 47 %. Добавка оказывает влияние только при повышенном содержании заполнителя. И наивысший коэффициент размягчения имеет раствор, содержащий в своем составе 25 % вермикулита и 5 % добавки.

Изучая гигроскопичность штукатурного раствора, содержащего 25 %, вермикулита, установили, что способность его адсорбировать на своей поверхности пор и внутри них влагу колеблется в пределах 11 %. При этом добавка позволила снизить данный показатель более чем на 20 %.

Водопоглощение при капиллярном подсосе при введении в состав раствора 25 % вермикулита и 5 % добавки позволяет достигнуть значения, ниже 0,4 кг/(м<sup>2</sup>·ч<sup>0,5</sup>).

Разработанный материал удовлетворяет требованиям по теплоизоляционным эффективностям, имеющий теплопроводность не более 0,3 Вт/(м·°С) при содержании вермикулита 25 % и добавки 5-10 %.

Результаты паропроницаемости магнезиальной штукатурки показывают, что такой раствор за счет мономолекулярных сил способен адсорбировать влагу на поверхности пор и устанавливать тем самым равновесную влажность с обеих сторон материала. Такой раствор препятствует образованию конденсата внутри стены, и не пропускает холод и другие неблагоприятные факторы вовнутрь помещения.

Проведя исследования свойств магнезиальной штукатурки, установили, что оптимальное соотношение заполнителя к вяжущему составляет 75/25 или 3/1 при введении в состав магнезиального вяжущего тонкокомлотой железосодержащей добавки в виде железорудного агломерата в количестве 5-10% при плотности затворителя 1,22 г/см<sup>3</sup>.

Такой раствор обладает следующими свойствами: класс по прочности в 7 суток В 10, Вт 0,8, Rсц составляет 0,9...1 МПа, F 35, деформации усадок не более - 0,30 мм/м; водопоглощение по капиллярному подосу равно 0,37 кг/м<sup>2</sup>·ч<sup>0,5</sup>, гигроскопичность не более 10%, водостойкость не менее 0,67, коэффициент теплопроводности не более 0,29 Вт/(м·°С), коэффициент паропроницаемости не более 0,23 г/м·ч·Па.

**Зимич В.В.,**

к.т.н., доцент кафедры архитектуры, доцент кафедры строительных материалов и изделий, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: zimichvv@susu.ru

---

**Zimich V.V.,**

candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Architecture, Associate Professor of the Department of Building Materials and Products, South Ural State University, с. Chelyabinsk, Russia. E-mail: zimichvv@susu.ru

---

*Поступила в редакцию 01.10.2021*