

About the authors:

KURYATNIKOV Yury Yuryevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

MITSKEVICH Anastasia Sergeevna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anastasiamickevic85@gmail.com

TROFIMOV Valery Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vitrofa@mail.ru

BELOV Vladimir Vladimirovich – Advisor to RAACS, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladim-bel@yandex.ru

УДК 691.322

ПОВЫШЕНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

**В.Б. Петропавловская, К.В. Ефимов,
Т.Б. Новиченкова, М.А. Смирнов**

**© Петропавловская В.Б., Ефимов К.В.,
Новиченкова Т.Б., Смирнов М.А., 2024**

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные аспекты повышения водостойкости изделий, изготовленных на основе гипсовых вяжущих. Дан краткий анализ основных методов повышения водостойкости, разработанных на данный момент. Сделан вывод о возможности получения гипсовых изделий, обладающих высокой прочностью и водостойкостью.*

***Ключевые слова:** гипсовые вяжущие вещества, водостойкость, минеральные добавки, композиционные материалы.*

ВВЕДЕНИЕ

Неотъемлемые преимущества изделий из гипса – распространенность применяемого сырья, простота и экологичность его обработки, низкие затраты топлива и энергии при производстве материалов и изделий из гипса. Изделия на основе гипса легкие, обладают малой звуко- и теплопроводностью, имеют высокую огнестойкость.

Получение модифицированных композиций на основе двухводного гипса повышенной водостойкости с сохранением всех достоинств

гипсовых материалов может способствовать увеличению производительности труда и снижению стоимости строительства [1].

Наряду с положительными свойствами гипсовым изделиям присуща невысокая водостойкость. Из-за этого отрицательного свойства области и масштабы их применения в строительстве не слишком большие [2, 3]. Область применения гипсовых материалов и изделий ограничена относительной влажностью помещений до 60–75 % [4].

Целью настоящей работы являлось изучение способов повышения водостойкости гипсовых вяжущих.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОСТОЙКОСТИ ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Водостойкостью считают степень снижения прочности материала при предельном его водонасыщении. Водостойкость численно характеризуется коэффициентом размягчения (K_p). Коэффициент размягчения определяется отношением прочности материала, насыщенного водой (R_n), к прочности материала в сухом состоянии (R_c).

Принято считать, что природные и искусственные строительные материалы, применяемые в подводных конструкциях или в конструкциях, находящихся в сырых местах, должны иметь коэффициент размягчения не ниже 0,8 [5].

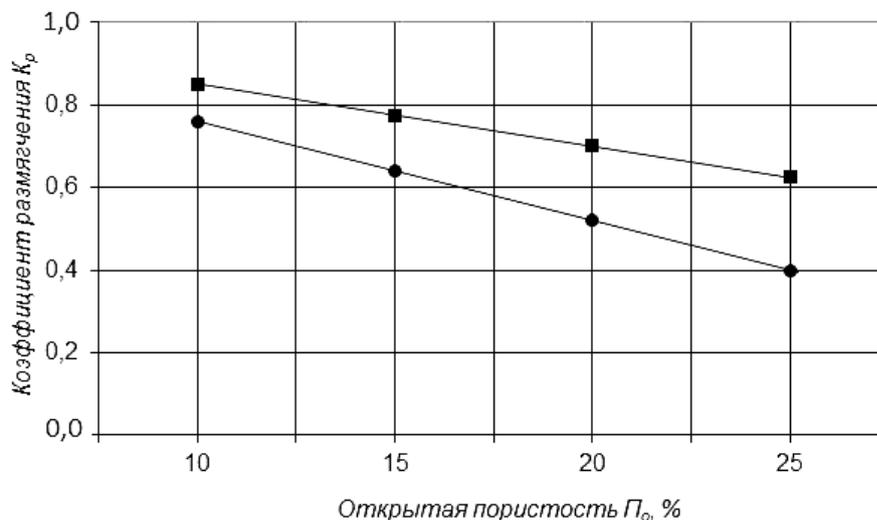
ПОВЫШЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

Важную роль при твердении дисперсной системы двуводного гипса играет не только состав затворителя (дисперсионной среды), но и его количество. Данный факт объясняется тем, что в условиях полусухого прессования смесей на основе двуводного гипса требуется обеспечить сближение частиц на расстояния, необходимые для образования первичных контактов, развивающихся в дальнейшем в кристаллизационную структуру. Достичь этого можно только за счет низкого водосодержания смеси и высокого давления или при невысоком давлении, но высоком пересыщении. Таким образом выполняются условия образования кристаллизационных контактов [5].

На рисунке коэффициент размягчения прессованных материалов на основе воздушных вяжущих веществ увеличивается с уменьшением открытой пористости. Однако при одной и той же ее величине коэффициент размягчения затвердевшего модифицированного магниального цемента выше коэффициента размягчения прессованного модифицированного гипсового вяжущего [6].

Под влиянием щелочной среды усиливается полярность молекул воды. Это вызывает соответствующее упрочнение ее связей в слоях структуры двуводрата, а следовательно, увеличение прочности фазовых

контактов между частицами двуводного гипса при негидратационном твердении [7].



Зависимость коэффициента размягчения
прессованных композитов от величины их открытой пористости
(водопоглощения по объему):

■ — на основе магнезимального цемента; ● — гипсового вяжущего [6]

Выявлено, что при давлении, равном 5 МПа, не наблюдается заметного повышения прочности и водостойкости при изменении водородного показателя. Это связано, по-видимому, с тем, что в системе не происходит переупаковки частиц для формирования плотной упаковки зерен ввиду применения недостаточно высокого давления. При этом рост используемого давления в диапазоне от 15 до 30 МПа позволяет повысить прочность и водостойкость [7].

Проведенные исследования показали повышение коэффициента размягчения при введении в состав гипсовых вяжущих микрокремнезема и шлама очистки ТЭЦ, а также зависимость коэффициента размягчения от количества циклов увлажнений-высушиваний [8].

ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК

Известным эффективным приемом повышения водостойкости гипсовых вяжущих является введение активных минеральных добавок молотых гранулированных доменных шлаков, зол-уноса в сочетании с портландцементом или известью [9].

Физико-химическими методами исследования установлено, что в модифицированном микрокремнеземом цементном камне содержание гидроксида магния понижается, появляются труднорастворимые гидросиликаты магния типа серпентина $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ и сепиолита $8MgO \cdot 12SiO_2 \cdot nH_2O$. Композиты с горелой породой, кроме гидросиликатов,

содержат еще и гидроалюминаты и гидроалюмосиликаты магния типа польгорскита $MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 5H_2O$. Термодинамические аспекты образования этих соединений при обычных условиях твердения доказаны. Кроме того, выявлено, что твердение идет через гелевидную фазу в сочетании с образованием микрокристаллических гидросиликатов, гидроалюмосиликатов и оксихлоридов магния, а коллоидные частицы микрокремнезема и горелой породы являются дополнительными центрами кристаллизации этих новообразований [10]. Наиболее высокими физико-механическими показателями обладают образцы, изготовленные из смесей, имеющих 10–15 % микрокремнезема. В частности, прочность на сжатие составляет 60–65 МПа, а коэффициент размягчения – 0,78–0,84 [11].

Результаты проведенных исследований показывают, что комплексная модификация гипсового вяжущего карбонатсодержащим наполнителем и моноаммонийфосфатом оказывает положительное влияние на структуру, прочность и водостойкость затвердевшего прессованного материала. Обусловлено это в первую очередь химическим взаимодействием моноаммонийфосфата с сульфатом кальция вяжущего и карбонатом кальция наполнителя [12].

ПРОПИТКА ГИДРОФОБИЗАТОРАМИ

Повысить водо- и атмосферостойкость гипсового камня можно за счет его объемной или поверхностной гидрофобизации. Поверхностная обработка гидрофобизаторами имеет свойство терять свою эффективность со временем. Для более продолжительного использования изделий ее необходимо периодически повторять [13].

Предпринимались попытки повышения водостойкости гипсовых вяжущих модифицированием вяжущего полимерными добавками и поверхностной пропиткой образцов растворами [14].

Для повышения водостойкости модифицированный гипсовый камень подвергали пропитке гидрофобизирующим составом SilresBS 1306. Результаты показывают, что после пропитки пористость гипсового камня существенно снижается, а коэффициент размягчения повышается с 0,41–0,53 до 0,68–0,85. Повышение коэффициента размягчения при пропитке раствором Silres BS 1306 объясняется дополнительной внутренней гидрофобизацией порового пространства, которая препятствует проникновению влаги в структуру материала [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя различные литературные источники, можно прийти к выводу, что повышение водостойкости гипса достигается в основном уплотнением гипсовой массы, уменьшением растворимости в воде сульфата кальция, пропиткой готового изделия гидрофобизаторами, препятствующими прониканию в него влаги.

В качестве способа повышения водостойкости прессование выступает довольно энергозатратным процессом, а пропитка является в недостаточной степени эффективной для гипсовых изделий, предназначенных для внешней отделки. Наиболее действенный и менее трудозатратный способ – добавление в состав смеси кремнеземсодержащих добавок.

Библиографический список

1. Петропавловская В.Б. Использование минеральных ультрадисперсных модификаторов на основе отходов промышленности в гипсовых композитах // Строительные материалы. 2018. № 8. С. 18–23.
2. Сопегин Г.В., Семейных Н.С., Рустамова Д.Ч. Энергосберегающая технология получения безобжиговых материалов с использованием техногенного сырья // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 5. С. 129–138.
3. Щукина Е.Г., Щукин Е.А. Ресурсосберегающие безобжиговые гипсовые композиты // Вестник ВСГУТУ. 2022. № 2 (85). С. 87–92.
4. Ассакунова Б.Т., Байменова Г.Р., Аманкулов М.А. Композиционные безобжиговые гипсовые вяжущие вещества из местного сырья // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2017. № 10. С. 26–28.
5. Самченко С.В., Марголис Б.И. Влияние условий структурообразования на свойства прессованных гипсовых материалов // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции. М.: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2021. С. 277–280.
6. Гипсовые и магнезитовые прессованные композиты повышенной стойкости к попеременному увлажнению и высушиванию / А.В. Каклюгин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 1 (757). С. 31–43.
7. Михеенков М.А. Прессование как способ повышения водостойкости гипсового вяжущего // Вестник МГСУ. 2016. № 4. С. 158–166.
8. Бебиа Г.А., Осянина Е.Э. Применение гипсовой плитки для наружной отделки зданий // Вузовская наука в современных условиях: сборник материалов 53-й научно-технической конференции: в 3 ч. Ульяновск: УлГТУ, 2021. Ч. 1. С. 100–103.
9. Комплексная оценка эффективности применения гипсового вяжущего повышенной водостойкости / А.И. Панченко [и др.] // Строительные материалы. 2016. № 12. С. 72–75.
10. Золотухин С.Н., Кукина О.Б., Абраменко А.А. Эффективные безобжиговые строительные материалы на основе фосфогипса // Современное строительство и архитектура. 2016. № 4. С. 8–14.

11. Использование кремнеземсодержащих промышленных отходов в технологии композиционных гипсовых вяжущих / И.В. Старостина [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2021. № 13. С. 178–181.

12. Барковская С.В., Пчельникова С.А. Разработка композиционных гипсовых вяжущих веществ с использованием керамзитовой пыли и стеклобоя // Эксперт: теория и практика. 2022. № 3. С. 34–38.

13. Материалы на основе модифицированного гипса для фасадных систем / А.Д. Жуков [и др.] // Нанотехнологии в строительстве. 2021. Т. 13. № 3. С. 144–149.

14. Белякова Н.А., Рубцова В.Н., Осипова Е.А. Повышение водостойкости строительного гипса // Университетский корпус как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции. Оренбург: ОГУ, 2017. С. 573–580.

15. Потапова Е.Н., Исаева И.В. Повышение водостойкости гипсового вяжущего // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 20–22.

INCREASE IN WATER RESISTANCE OF PRODUCTS BASED ON GYPSUM BINDERS

V.B. Petropavlovskaya, K.V. Efimov,
T.B. Novichenkova, M.A. Smirnov

***Abstract.** In this article the main aspects of increasing the water resistance of products made on the basis of gypsum binders are considered. A brief analysis of the main methods of increasing water resistance developed at the moment is given. The conclusion about the possibility of obtaining gypsum products with high strength and water resistance is made.*

***Keywords:** gypsum binders, water resistance, mineral additives, composite materials.*

Об авторах:

ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ Виктория Борисовна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры производства строительных изделий и конструкций, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: victoriapetrop@gmail.com

ЕФИМОВ Константин Валерьевич – магистрант, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: fgh.antonov@mail.ru

НОВИЧЕНКОВА Татьяна Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций,

Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: tanovi.69@mail.ru

СМИРНОВ Матвей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

About the authors:

PETROPAVLOVSKAYA Viktoria Borisovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: victoriapetrop@gmail.com

EFIMOV Konstantin Valerievich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: fgh.antonov@mail.ru

NOVICHENKOVA Tatiana Borisovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tanovi.69@mail.ru

SMIRNOV Matvey Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

УДК 699.844

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОЙ ПРОНИКАЮЩЕЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ

**М.А. Смирнов, И.А. Печерицын,
Ю.Ю. Курятников, В.И. Трофимов**

**© Смирнов М.А., Печерицын И.А.,
Курятников Ю.Ю., Трофимов В.И., 2024**

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные аспекты разработки составов механоактивированной проникающей гидроизоляции. Описаны актуальные вопросы при проектировании механоактивированной проникающей гидроизоляции. Сделан вывод о возможности получения механоактивированной проникающей гидроизоляции, обладающей высокой прочностью и водонепроницаемостью.*

***Ключевые слова:** сухие строительные смеси, проникающая гидроизоляция, механоактивация, модификаторы.*