Кайс Х.А.

Состав и свойства бетона на основе гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ)

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/lj-05-2019-30

idsp: ljjournal-05-2019-30

Аннотация

Несмотря на то, что гипс является одним из самых экологически чистых вяжущих, его использование в качестве гипсовых изделий ограничено. Основной проблемой гипсовых материалов является их низкая устойчивость к влажной среде и резкое снижение механических свойств с увеличением влажности. В статье представлен обзор литературы о составах, свойствах и способах использования составных вяжущих на основе гипса с гидравлическими и пуццолановыми материалами, а также некоторые результаты современных исследований, выполненных авторами.

Ключевые слова: гипс, ГЦПВ, вяжущие, метакраин, пуццолан, гидравлические, прочность на сжатии.

Abstract

Despite the fact that gypsum is one of the most environmentally friendly binders, its use as gypsum products is limited. The main problem of gypsum materials is their low resistance to wet environments and a sharp decrease in mechanical properties with an increase in humidity. The article presents a review of the literature on the compositions, properties and methods of using composite gypsum-based binders with hydraulic and pozzolanic materials, as well as some results of modern studies carried out by the authors.

Keywords: gypsum, GCPB, binders, metakaolin, pozzolan, hydraulic, compressive strength.

Гипс является одним из самых экологически чистых вяжущих, так как потребление энергии на его производство значительно ниже по сравнению с цементом или известью, и оно также может быть произведено из многочисленных отходов, количество которых почти неограниченно. К другим достоинствам гипса относятся высокая огнестойкость, хорошая работоспособность, хорошие акустические свойства и эстетика.

К сожалению, использование гипса в качестве строительного материала ограничено использованием в сухих условиях окружающей среды, потому что гипс значительно теряет свои механические свойства при намокании. Были несколько попыток улучшить водостойкость гипсовых продуктов, либо путем модификации гипсового материала, либо путем пропитки поверхности. Гипс может быть модифицирован, например, глинистыми минералами [1], акриловым латексом [2] или составными водопроверочными добавками. Jianquan Li J, приготовили водонепроницаемую добавку путем эмульгирования поливинилового спирта и стеариновой кислоты, и смешивая их с алунитом, карбонатом натрия и сульфатом алюминия [3]. Поверхностная пропитка гипса также возможна, но долговечность такой обработки короткая по сравнению с модификацией гипсового материала. Colak A, обнаружил, что пропитка поверхности гипса эпоксидной смолой может значительно улучшить его водостойкость, но только в течение относительно короткого периода [2]. Наилучшие результаты в попытках получения водостойких материалов на основе гипса были достигнуты при использовании составных вяжущих с латентными гидравлическими и пуццолановыми материалами. Поскольку гипс является нейтральным или слабокислым, нужна реакция пуццолана в щелочной среде и, эти связующие должны содержать также некоторое количество щелочного компонента (обычно гидратированная известь или цемент). Такие материалы называются гипсоцементно-пуццолановыми вяжущими.

Гипсоцементно-пуццолановое вяжущее (ГЦПВ), разработано в 30-40-х прошлом веке в МИСИ им. В.Б.Куйбышева под руководством профессора А.В.Волженского. А

современная отечественная и зарубежная практика свидетельствует о том, что гипс и материалы на его основе по праву принадлежат к числу эффективных строительных материалов [4].

Использование материалов на основе ГЦПВ во внутренней отделке помещений при нормальном и сухом влажностном режиме снижает требования по водостойкости, а значит устоявшиеся соотношения ГЦПВ: гипсового вяжущего (50...75%) с портландцементом или шлакопортландцементом (15...25%) и пуццолановой добавкой - трепелом, диатомитом, опокой и др. (10...25%), предложенные проф. А. В. Волженским, возможно уточнить для этих условий [5].

Разница между гидравлическими и пуццолановыми материалами заключается в их реакции гидратации и их составе. В то время как латентные гидравлические материалы способны схватываться и вода после реакции с некоторым активатором пуццоланов также нуждается в присутствии гидроксида кальция для реакции. Пуццолановые материалы обычно не содержат оксида кальция (или содержат его только в небольших количествах), в то время как в латентных гидравлических материалах содержится оксид кальция в большем количестве [6]. Оба типа материалов нуждаются в гидратации в щелочной среде, что является причиной, почему они обычно не используются непосредственно в гипсе, т.к. pH гипса лежит в пределах 5-7. Поэтому щелочная среда должна быть установлена в гипсовой смеси, чтобы начать реакцию пуццолана. Добавление гидроксида кальция (чаще всего в виде гашеной извести или в виде продукта гидратации цемента) кажется наиболее очевидным выбором, особенно для пуццоланов. Сульфат кальция (либо в форме гипса или ангидрита) очень часто используется в латентных гидравлических материалах в качестве активатора (хотя можно использовать и другие активаторы), поэтому их комбинация в вяжущих на основе гипса логично. Иногда даже дополнительный источник гидроксида кальция не является необходимым, если смесь гипса и латентного гидравлического материала достаточно щелочная.

Не смотря на то что, схватывание гипса может быть описано простой химической реакцией (1), гидратация системы на основе гипса с латентными гидравлическими и пуццолановыми компонентами очень сложны, потому что создаются сложные системы. $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$.

Основными продуктами, возникающими в результате реакций гидратации, являются гидратированные силикаты (C-S-H), гидратированные алюминаты (C-A-H), этtringит ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) и гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) [7]. Наличие этtringита было обнаружено в системе несколькими авторами [8-10]. Некоторые продукты гидратации были найдены также авторами в вяжущем, состоящем из обожженного гипса, гидратированной извести и гранулированного доменного шлака (рис. 1).

Рис. 1. Микроструктура ГЦПВ состоящего из гипса, гашеной извести и гранулированного доменного шлака

Существование этtringита было доказано также методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) состава обожженного гипса - гидратной извести - доменного шлака в возрасте 7 дней. При температуре около 120°C, виден пик, который отнесен к разложению этtringита.

Иногда возникают опасения по поводу изменений объема, связанных с замедленным образованием этtringита и о последующей потере механических свойств.

Рис 2. Кривая ДСК ГЦПВ, состоящая из обожженного гипса, гидратированной извести и доменного гранулированного шлака.

Взаимодействие ГЦПВ с водой сопровождается непрерывным уменьшением абсолютного объема системы «вяжущее-вода» и увеличением твердой фазы за счет новообразований. Этому способствует увеличение химически связанной воды и уменьшение плотности (удельной массы) затвердевшего вяжущего. Одновременно увеличивается степень гидратации вяжущего [11].

Martínez-Ramírez S, Fernández-Carrasco L [12], обнаружили, что системы из алюмината кальция и сульфоалюмината кальция с добавлением гипса, показывают нестабильное расширение из-за образования эттрингита, когда гипс добавлен выше заданного порога. Также Bizzozero J, Gosselin C, Scrivener K [13], сообщают об увеличении объема в двойном связующем, образованным сульфоалюминатом кальция и сульфатом кальция (как дигидрат, так и ангидрит), когда количество сульфата кальция превышает 50%. В материалах без цемента объемное расширение наблюдалось реже. Кажется, что в этих материалах образование эттрингита происходит в основном в пористых системах, из за то что гипс содержит большие поры, чем цемент. Чистый гипс имеет унимодальную пористую систему с диаметрами пор в интервале 0,1-1 мкм, в то время как поры в цементных материалах обычно меньше (менее 0,1 мкм). Объемное расширение наблюдалось также Хунгом и Линем [14] в материале, составленном из фосфогипса, сталелитейного шлака, молотого гранулированного шлака и известняка. В этом случае несостоятельность относилась к сталелитейному шлаку сверх дозировки.

Пуццолановые материалы используются в цементных материалах в качестве частичной замены цемента в основном из экологических и экономических причин. Поэтому оценка этих материалов основана главным образом на подтверждении того, что добавление гидравлического вяжущего или пуццолана не приводит к значительному снижению свойства (в основном механических). Использование пуццолановых материалов в гипсе преследует другую цель - главным образом улучшить их поведение во влажной среде. Другой проблемой гипса иногда является низкая прочность, которая может быть улучшена с помощью пуццолана и латентных гидравлических материалов [15]. На рис 3 показано, что прочность на сжатии ГЦПВ состоящего из гипса, гашеной извести (без метакеолина), хранящегося в воде снизилась, а прочность на сжатие состава с метакеолином увеличилось на 11% после 180 дней в воде (рис. 5).

Рис. 3 прочность на сжатие ГЦПВ с сразными количествами метакеолинами

Выводы

За счет использования композиционных материалов на основе гипса с гидравлическими и пуццолановыми материалами, могут быть решены основные проблемы гипсовых вяжущих, которые заключаются в низкой водостойкости и потере

прочности во влажной среде. Эти материалы не теряют механических свойств во влажной среде, а наоборот, повышают. В некоторых композициях сообщалось об объемной нестабильности, вызванной образованием этtringита, но в меньшей степени, чем в вяжущих на основе цемента, и этого можно избежать с помощью правильной дозировкой компонентов вяжущего. Присутствие некоторых глинистых минералов может также вызвать изменение объема. Композиционные материалы на основе гипса могут быть использованы для изготовления водостойких гипсокартонных плит, самовыравнивающихся полов, несущих блоков для наружных стен, огнезащитных конструкций и аналогичных изделий.

1. Пуценко К.Н. Перспективы развития и применения сухих строительных смесей на основе гипса / К.Н. Пуценко, В.Б. Балабанов // Вестник иркутского государственного технического университета. — 2015. — №7 (102). — С. 148-154.
 2. Çolak A 2001 Cement and Concrete Research 31 pp 1539-1547.
 3. Li J, Li G, Yu Y 2007 Materials Letters 61 pp 872-876.
 4. Бурьянов А.Ф. Эффективные гипсовые материалы для устройства межкомнатных перегородок / А.Ф.Бурьянов // Строительные материалы. —2008. — № 8. — С. 30.
 5. Чумадова Л.И.1, Гуреев К.Н., Азнабаев А.А., Султеев Т.М., Давыдов О.И. Оптимизация состава смеси на основе гпцв при производстве интерьерны отделочных материалов. Современное строительство и архитектура -2017 - № 2 (06). — С. 12.
 6. Fraire-Luna P, Escalante-Garcia J, Gorokhovskiy A 2006 Cement and Concrete Research 36 pp1048-1055.
 7. Marinkovic S, Kostic-Pulek A 2007 Journal of Physics and Chemistry of Solids 68 pp 1121-1125.
 8. Fraire-Luna P, Escalante-Garcia J, Gorokhovskiy A 2006 Cement and Concrete Research 36 pp 1048-1055
 9. Sadique M, Al Nageim H, Atherton W, Seton L, Dempster N 2012 Construction and Building Materials 35 pp 846-855
 10. Sadique M, Al Nageim H, Atherton W, Seton L, Dempster N 2012 Construction and Building Materials 35 pp 846-855
 11. Зимакова Г.А., Каспер Е.А., Бочкарева О.С. Гипсовые вяжущие, материалы и изделия на их основе. Учебно-методическое пособие для самостоятельных и лабораторных работ 2014-С 21
 12. Martínez-Ramírez S, Fernández-Carrasco L 2012 Construction and Building Materials 27 pp 313-318.
 13. Bizzozero J, Gosselin C, Scrivener K 2014 Cement and Concrete Research 56 pp 190-202.
 14. Ioannou S, Reig L, Paine K, Quillin K 2014 Cement and Concrete Research 56 pp 75-83.
 15. Huang Y, Lin Z 2010 Construction and Building Materials 24 pp 1296-1301
-