

УДК 691.311: 666.914.5

Халиуллин М.И. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Гайфуллин А.Р. – аспирант

E-mail: gaifi@list.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ВОДОСТОЙКИЕ БЕСКЛИНКЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ДОБАВКАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

АННОТАЦИЯ

Разработаны водостойкие бесклинкерные композиционные гипсовые вяжущие, повышенные показатели физико-технических свойств которых обеспечиваются созданием усиленной структуры искусственного камня, благодаря введению комплексной гидравлической добавки, включающей молотый доменный гранулированный шлак, молотую керамзитовую пыль, известь, суперпластификатор. Получены математические модели, описывающие влияние компонентов комплексной гидравлической добавки на основные физико-технические свойства искусственного камня на основе композиционных гипсовых вяжущих. На основе разработанных композиционных гипсовых вяжущих получены конкурентоспособные штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной водостойкости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: композиционное гипсовое вяжущее, комплексная гидравлическая добавка, гипсовые штукатурные сухие смеси.

Khaliullin M.I. – candidate of technical sciences, associate professor

Gaifullin A.R. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

WATERPROOF CLINKER-FREE COMPOSITE GYPSUM KNITTING WITH ADDITIVES OF INDUSTRIAL WASTES

ABSTRACT

Waterproof clinker-free the composite gypsum knitting, raised indicators of which physico-technical properties are provided with creation of the strengthened structure of an artificial stone, thanks to introduction of the complex hydraulic additive including ground domain granulated slag, ground a haydite dust, a lime, supersoftener are developed. The mathematical models describing influence of components of a complex hydraulic additive on the cores physico-technical properties of an artificial stone on the basis of composite gypsum knitting are received. On the basis of developed composite gypsum knitting competitive gypsum plaster dry mixes of the raised water resistance are received.

KEYWORDS: composite gypsum knitting, complex hydraulic additive, plaster gypsum dry mixes.

Введение

Строительные материалы на основе гипсового сырья отличаются низкими энергозатратами при производстве и лучшими экологическими показателями по сравнению с цементными материалами аналогичного назначения.

Одним из актуальных направлений, позволяющих расширить номенклатуру и область применения материалов на основе гипсовых вяжущих, является повышение их водостойкости.

В 80-х годах XX века в Московском государственном строительном университете под руководством А.В. Ферронской и В.Ф. Коровякова впервые было разработано новое поколение водостойких композиционных гипсовых вяжущих, которые получают введением в состав гипсового вяжущего органоминерального модификатора [1].

В последующих работах других исследователей [2-5] были разработаны составы водостойких композиционных гипсовых вяжущих с применением в качестве исходных компонентов различных видов активных минеральных добавок на основе природного сырья и отходов промышленности, пластифицирующих добавок.

В работах [6-8] показана эффективность введения в состав гипсового вяжущего добавок-отходов металлургической промышленности – молотых доменных гранулированных шлаков совместно с известью и активными минеральными добавками для повышения водостойкости гипсовых материалов.

Ранее проведенные нами исследования [9] позволили получить композиционное гипсовое вяжущее с введением комплексной гидравлической добавки, включающей в качестве компонентов известь и молотую керамзитовую пыль, обладающее коэффициентом размягчения в пределах 0,6-0,7 и соответствующее материалам повышенной водостойкости. С целью дальнейшего повышения водостойкости изучена возможность получения композиционного гипсового вяжущего с введением в его состав комплексной гидравлической добавки, включающей известь, молотый доменный шлак, молотую керамзитовую пыль, суперпластификатор.

Методы и материалы

В качестве вяжущего для проведения работы применялся строительный гипс Г5БП производства ООО «Аракчинский гипс» по ГОСТ 125-79.

В работе использовался гранулированный доменный шлак Череповецкого металлургического комбината ОАО «Северсталь». Согласно данным по химическому составу шлака, представленному в таблице 1, по модулю основности шлак относится к основным. В соответствии с ГОСТ 3476-74 шлак относится ко 2 сорту. Гранулированный доменный шлак размалывался до удельной поверхности 200, 500 и 800 м²/кг.

Таблица 1

Химический состав шлака

Вид шлака	Содержание в % на абсолютно сухую навеску							Модуль основности	Модуль активности
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	SO ₃		
ЧРМК	39,3	48,4	4,3	3,4	0,4	0,5	0,6	1,19	0,11

В качестве компонента комплексной гидравлической добавки применялась известь негашеная третьего сорта по ГОСТ 9179-77 производства ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов».

В качестве активного минерального компонента комплексной гидравлической добавки применялась керамзитовая пыль – отход производства керамзита, отобранная на заводе керамзитового гравия ООО «Камэнергостройпром» (г. Нижнекамск), размолотая до установленной в результате ранее проведенных исследований [9] оптимальной удельной поверхности 500 м²/кг.

В составе комплексной гидравлической добавки для получения композиционного гипсового вяжущего применялся суперпластификатор Полипласт СП-1 по ТУ 5870-005-58042865-05 производства ООО «Полипласт Новомосковск» (г. Новомосковск).

Комплексную гидравлическую добавку получали смешением предварительно подготовленных компонентов: молотых гранулированного доменного шлака и керамзитовой пыли, извести, суперпластификатора Полипласт СП-1.

В качестве водоудерживающей добавки при изготовлении штукатурных сухих смесей на основе композиционного гипсового вяжущего применялась добавка высокомолекулярного полиэтиленоксида (PEO-S) по ТУ 6-05-231-341-88 производства ОАО «Казаньоргсинтез».

В качестве добавки замедлителя схватывания применялась лимонная кислота по ГОСТ 908-79 производства ЗАО «Белгородский завод лимонной кислоты «Цитробел»».

В качестве заполнителя для получения штукатурных сухих смесей в работе использовался песок карьера ОАО «Комбинат нерудных материалов» (г. Казань).

Испытания композиционных гипсовых вяжущих осуществлялись по ГОСТ 125-79, образцы испытывались на прочность в возрасте 7 сут. с последующим высушиванием до постоянной массы. Испытания штукатурных сухих смесей осуществлялись по ГОСТ 31376-2008. Подвижность штукатурных растворов смесей составляла 12 см по глубине погружения конуса СтройЦНИИЛа.

Определение коэффициента размягчения осуществлялось по ТУ 21-0284757-90.

Для определения и изучения изменения минералогического состава искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего при длительном твердении проведены

комплексные исследования образцов различного возраста с помощью рентгенографического и дифференциально-термического методов анализа во ФГУП «ЦНИИГеолнеруд».

Исследуемые образцы искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего изготавливали из теста стандартной консистенции. Образцы испытывались в возрасте 28 сут. и 1 год твердения в нормальных условиях.

Рентгенографический анализ проводился на дифрактометре D8 ADVANCE (Bruker Axs) с геометрией Брега-Брентано в интервале углов $5-65^\circ 2\theta$ и скоростью вращения гониометра $1^\circ/\text{мин}$. Препараты готовились путем запрессовки порошка исследуемого вещества в дисковую кювету. Полученные рентгенограммы обрабатывались с помощью программы EVA, входящей в комплект программного обеспечения дифрактометра DiffractPlus. Фазовый состав определяли с использованием международной базы рентгенографических данных PDF-2.

Комплексный метод дифференциально-термического анализа образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего включал их исследование с помощью термогравиметрического анализа (ТГ), метода дифференциальной термогравиметрии (ДТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) на синхронном термоанализаторе STA 409 PC (фирма NETZSCH, Германия). Условия съемки: интервал измерений $25-1000^\circ\text{C}$, скорость нагрева $10 \text{ град}/\text{мин}$, тигли платиновые, рабочая среда – воздух.

Результаты и обсуждение результатов

На первом этапе работы проведены исследования влияния удельной поверхности молотого гранулированного доменного шлака, вводимого в количестве до 40 % от массы гипсового вяжущего совместно с известью (в количестве 3 %), молотой керамзитовой пылью (в количестве 20 %) и суперпластификатором Полипласт СП-1 (в количестве 0,5 %) в составе комплексной гидравлической добавки на основные показатели физико-технических свойств композиционного гипсового вяжущего.

Установлено, что наибольшие показатели прочности и коэффициент размягчения искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего достигаются при введении молотого гранулированного доменного шлака в составе комплексной гидравлической добавки в количестве 15-35 % по массе при оптимальной величине удельной поверхности $500 \text{ м}^2/\text{кг}$.

На следующем этапе работы с применением метода ротатбельного композиционного центрального планирования эксперимента (РКЦП) проведена оптимизация составов комплексной гидравлической добавки для получения водостойкого композиционного гипсового вяжущего.

Количество вводимого суперпластификатора Полипласт СП-1 составляло 0,5 % по массе гипсового вяжущего.

Получены математические модели, описывающие влияние компонентов комплексной гидравлической добавки, взятых в % от массы гипсового вяжущего – молотого доменного гранулированного шлака (x_1), молотой керамзитовой пыли (x_2) и извести (x_3) на прочность при сжатии (y_1) и коэффициент размягчения (y_2) композиционного гипсового вяжущего в возрасте 28 сут. твердения в нормальных условиях:

$$y_1 = 6,306 + 0,551x_1 + 0,878x_2 + 4,730x_3 + 0,002x_1x_3 + 0,007x_2x_3 - 0,011x_1^2 - 0,029x_2^2 - 0,481x_3^2 \quad (1)$$

$$y_2 = -0,237 + 0,021x_1 + 0,035x_2 + 0,1738x_3 + 0,0003x_1x_3 - 0,0002x_2x_3 - 0,0003x_1^2 - 0,0008x_2^2 - 0,0152x_3^2 \quad (2)$$

Анализ полученных уравнений регрессии и построенных с их использованием зависимостей, представленных на рисунках 1-2, показывает следующее.

Существует область оптимальных значений количества компонентов комплексной гидравлической добавки: молотого доменного гранулированного шлака, молотой керамзитовой пыли и извести, при которых достигаются максимальные значения показателей прочности при сжатии и коэффициента размягчения искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего.

Максимальные показатели прочности при сжатии 30-35 МПа, а также коэффициента размягчения 0,8-0,96, соответствующего водостойким материалам, достигаются при оптимальном содержании компонентов в составе комплексной гидравлической добавки (от массы гипсового вяжущего): молотого доменного гранулированного шлака – 15-35 %, молотой керамзитовой пыли – 10-20 %, извести – 2-4 %, суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5 % .



Рис. 1. Влияние компонентов комплексной гидравлической добавки: молотого доменного гранулированного шлака, керамзитовой пыли, извести (при содержании суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5 % от массы вяжущего) на прочность при сжатии искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего

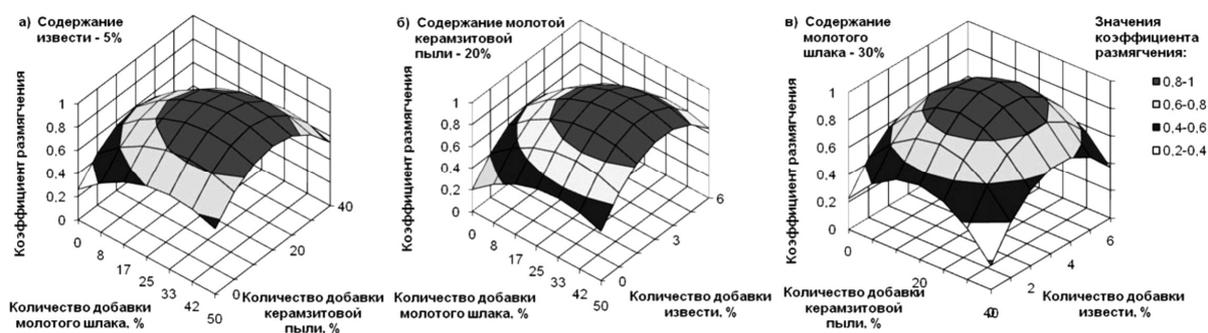


Рис. 2. Влияние компонентов комплексной гидравлической добавки: молотого доменного гранулированного шлака, керамзитовой пыли, извести (при содержании суперпластификатора Полипласт СП-1 – 0,5 % от массы вяжущего) на коэффициент размягчения искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего

Увеличение в составе комплексной гидравлической добавки содержания массы молотого доменного гранулированного шлака свыше 35 %, молотой керамзитовой пыли свыше 20 %, вследствие постепенного увеличения водопотребности вяжущего, вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня. Увеличение содержания извести свыше 4 % также вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения искусственного камня, вследствие увеличения водопотребности вяжущего, и, кроме того, согласно [8] избыточное количество извести в гипсошлакоизвестковых вяжущих системах в длительные сроки твердения вызывает образование этtringита, возникновение высоких внутренних деформаций и снижение прочности твердеющего искусственного камня.

Основные физико-технические свойства и долговечность искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего в значительной степени зависят от минералогического состава и его стабильности в длительные сроки.

С помощью рентгенографического и дифференциально-термического анализа в работе был изучен минералогический состав образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего оптимального состава при следующем содержании компонентов комплексной гидравлической добавки в % от массы гипсового вяжущего: молотый доменный гранулированный шлак – 30 %, молотая керамзитовая пыль – 20 %, известь – 3 %, суперпластификатор Полипласт СП-1 – 0,5 % в возрасте 28 сут. и 1 год твердения в нормальных условиях. Прочность при сжатии исследованных образцов в возрасте 28 сут. и 1 год составила, соответственно, 30,5 и 35,7 МПа, коэффициент размягчения 0,92 и 0,94.

Результаты рентгенографического анализа (рис. 3) показывают следующее.

В исследованных образцах основным минералом является гипс, присутствие которого зафиксировано по наличию характерных рефлексов со значениями межплоскостных расстояний $d = 7,65; 4,29; 3,06; 2,87; 2,68 \text{ \AA}$.

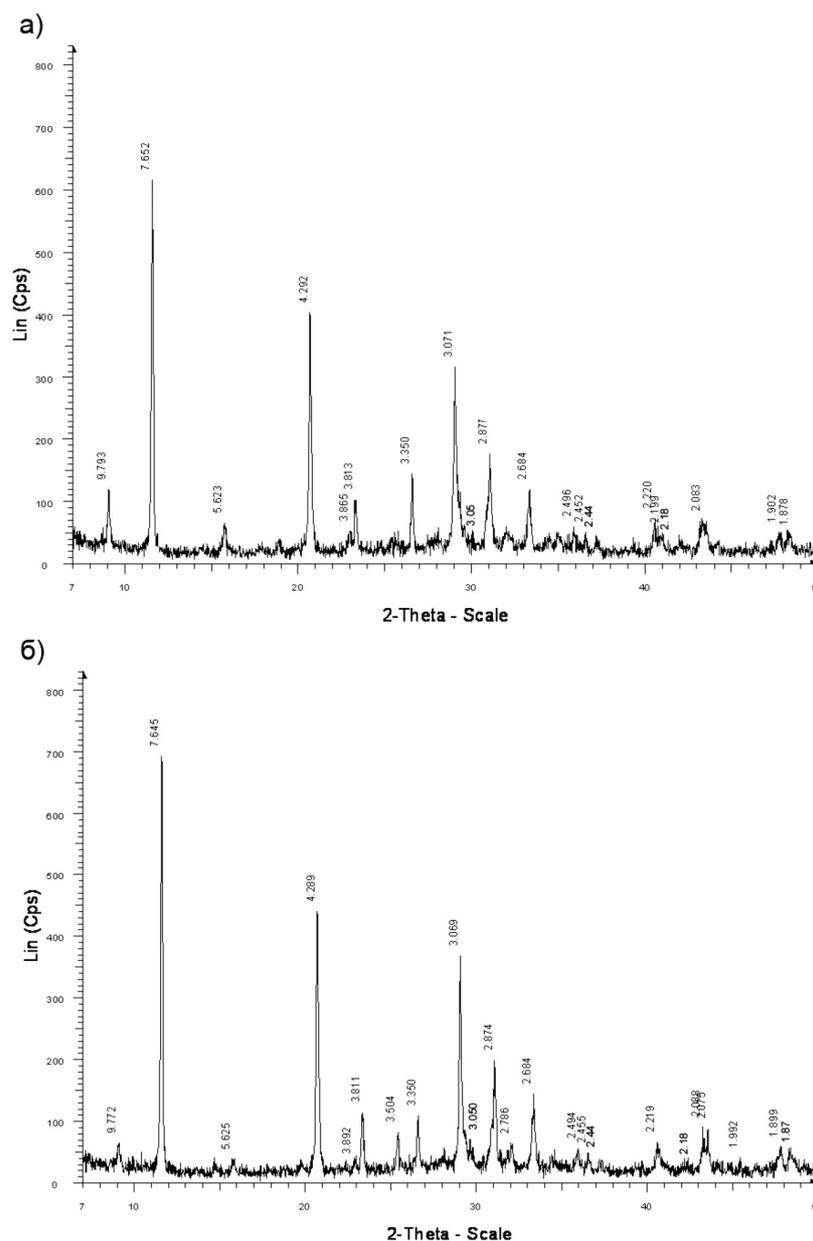


Рис. 3. Рентгенограммы образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего при длительности хранения в нормальных условиях: а) 28 сут., б) 1 год

По характерным рефлексам в составе образцов диагностируется этtringит ($d=9,73; 5,61$ Å), присутствие кварца ($d=4,26, 3,34$ Å), кальцита ($d=3,05; 2,44; 2,18; 1,89; 1,87$ Å) ангидрита ($d=3,50; 2,45$ Å), бассанита ($d=6,00; 3,01$ Å), полиминеральной (преимущественно гидрослюдистой) глины ($4,49$ Å).

Анализ рентгенограмм показывает присутствие в составе образцов новообразованной рентгеноаморфной фазы, что проявляется в виде широких дифракционных максимумов в области межплоскостных расстояний $2,8-3,3$ Å и соответствует незакристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция.

Характерные рефлексы низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(B) ($d = 3,04; 2,80; 1,82$ Å) не обнаружены, так как их перекрывают рефлексы преобладающего в рассматриваемых системах гипса.

Интенсивность линий этtringита на рентгенограммах проб образцов возраста 1 год несколько снижается по сравнению с образцами в возрасте 28 сут., то есть при длительном твердении искусственного камня происходит некоторое уменьшение содержания этtringита, образующегося в ранние сроки твердения композиционных гипсовых вяжущих.

Результаты исследований образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего в возрасте 28 сут. и 1 год комплексным методом дифференциально-термического анализа (рис. 4) показывают следующее:

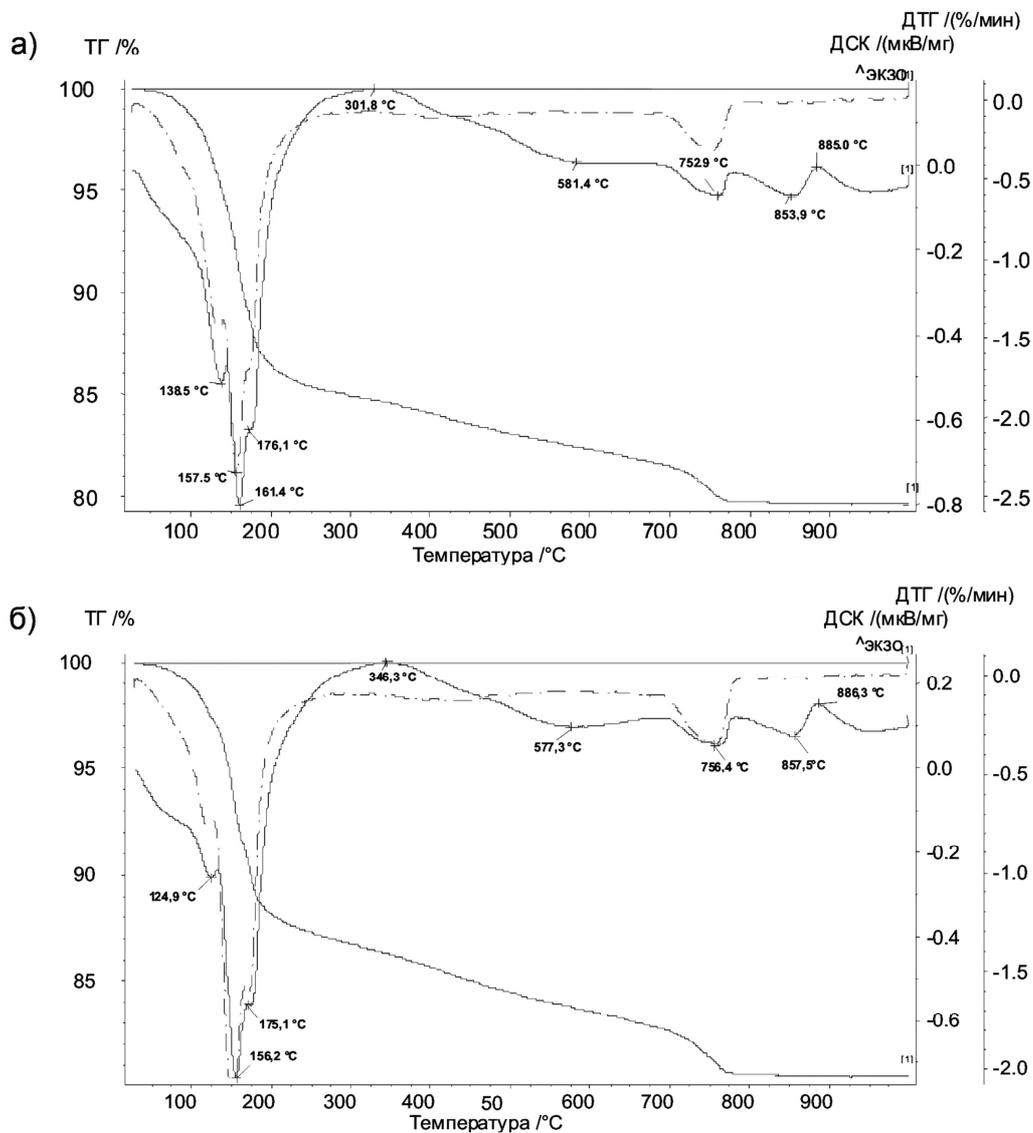


Рис. 4. Термограммы образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего при длительности хранения в нормальных условиях: а) 28 сут., б) 1 год

Для всех проб, как в возрасте 28 сут., так и в возрасте 1 год, в низкотемпературной области нагрева 30-250 °С наблюдаются эндоэффекты, связанные с удалением кристаллогидратной воды. Потери массы в данном интервале составляют соответственно 15,11-13,25 % мас.

Эндоэффект с максимумами при температурах 138,5 °С и 124,9 °С соответствует удалению кристаллогидратной воды у эттрингита.

Двойной эндоэффект с максимумами при температурах 161,4 °С, 176,1 °С и 156,2 °С, 175,1 °С на кривой ДСК, дублирующийся эффектами на кривой ДТГ, характеризуют процесс удаления кристаллогидратной воды у гипса.

В интервале температур 250-660 °С во всех пробах регистрируется постепенная потеря массы в пределах 3,25-3,87 % масс. без явно выраженных максимумов термического превращения. Экзоэффекты с максимумами при температурах 301,8 °С и 346,3 °С соответствуют инверсии кристаллической решетки при переходе растворимого ангидрита в нерастворимый. Эндоэффекты с максимумами при температурах 581,4 °С и 577,3 °С связаны с превращением б-модификации кварца в в-модификацию.

В высокотемпературной области по ДСК-кривым наблюдается следующие друг за другом термические эффекты процессов полиморфных превращений и структурообразования, в том числе связанные с реликтивными минералами доменного шлака.

С увеличением температуры в интервале 660-825 °С во всех образцах фиксируется эндозффект с максимумами при температурах 853,9 °С и 857,5 °С, соответствующий диссоциации кальцита с потерей массы.

В областях температур 650-850 °С на кривых наблюдаются термические эффекты, связанные с гидросиликатом кальция типа CSH(B): эндозффект при температурах 752,9 °С и 756,4 °С с потерей массы при дегидратации и экзозффект при 885,0 °С и 886,3 °С при кристаллизации волластонита (CS).

Таким образом, в результате проведенных комплексных исследований с применением методов рентгенографического и дифференциально-термического анализа установлено, что минералогический состав искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего включает гипс, низкоосновные гидросиликаты кальция типа CSH(B), этtringит, кальцит, кварц, ангидрит, бассанит, полиминеральную (преимущественно гидрослюдистой) глину.

При твердении искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего в течение 1 года сохраняется относительно постоянный минералогический состав при некотором уменьшении содержания этtringита по сравнению с ранними сроками твердения. При этом происходит смещение основных максимумов термических эффектов в сторону повышенных температур, что свидетельствует об усилении структуры искусственного камня при длительном твердении и подтверждается увеличением прочности при сжатии образцов искусственного камня в возрасте 1 год хранения в нормальных условиях на 17 % по сравнению с образцами в возрасте 28 сут. хранения в аналогичных условиях. Создание более плотной, прочной и водостойкой структуры искусственного камня, основной вклад в формирование которого на ранних этапах твердения вносят гипс и этtringит, при длительном твердении обеспечивается образованием низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(B) в результате протекания реакций между компонентами комплексной гидравлической добавки и кальцита.

Результаты испытаний образцов искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего на воздухостойкость при попеременном увлажнении-высушивании демонстрируют достаточно высокие показатели эксплуатационных свойств. Образцы выдерживают 75 циклов попеременного увлажнения-высушивания и являются воздухостойкими.

На основе разработанных водостойких композиционных гипсовых вяжущих при введении заполнителя - кварцевого песка в количестве до 50 % по массе – были получены штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной водостойкости, представленные в таблице 2.

Таблица 2

**Показатели основных физико-технических свойств
штукатурных гипсовых сухих смесей повышенной водостойкости**

Наименование свойств	Показатели свойств разработанных штукатурных гипсовых сухих смесей	Нормативные требования по ГОСТ 31377-2008
Водопотребность, %	45-50	–
Подвижность, см	8-12	–
Начало схватывания, мин	90-120	90
Жизнеспособность, час	90-120	–
Водоудерживающая способность, %	97-98	95
Прочность при сжатии, МПа	5-16	не менее 2,0
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	2,5-5,8	не менее 1,0
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,5-0,6	не менее 0,3
Коэффициент размягчения	0,6-0,75	–

По показателям основных физико-технических свойств штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной водостойкости отвечают нормативным требованиям, соответствуют или превосходят существующие аналоги.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны водостойкие бесклинкерные композиционные гипсовые вяжущие, повышенные показатели физико-технических свойств которых обеспечиваются созданием усиленной структуры искусственного камня, благодаря введению комплексной гидравлической добавки, включающей подобранные в оптимальном количестве компоненты: молотый доменный гранулированный шлак – 15-35 %, молотую керамзитовую пыль – 10-20 %, известь – 2-4 %, суперпластификатор Полипласт СП-1 – 0,5-1 % от массы гипсового вяжущего.

Получены математические модели, описывающие влияние компонентов комплексной гидравлической добавки, включающей молотые доменные гранулированные шлаки, керамзитовую пыль, известь, суперпластификатор, на основные физико-технические свойства искусственного камня на основе композиционных гипсовых вяжущих.

В результате выполненных комплексных исследований с применением методов рентгенографического и дифференциально-термического анализа установлено, что создание более плотной, прочной и водостойкой структуры искусственного камня, основной вклад в формирование которого на ранних этапах твердения вносят гипс и сульфат алюмината кальция, при длительном твердении обеспечивается образованием низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(B) в результате протекания реакций между компонентами комплексной гидравлической добавки, а также кальцита, образующегося при карбонизации извести. Благодаря оптимально подобранному составу комплексной гидравлической добавки образование этtringита происходит на начальных этапах твердения, а при длительном твердении происходит уменьшение его содержания, что обеспечивает стабильность свойств твердеющего искусственного камня.

Полученные на основе разработанных водостойких композиционных гипсовых вяжущих штукатурные гипсовые сухие смеси по показателям основных физико-технических соответствуют нормативным требованиям, а по ряду показателей превосходят их. Высокие показатели водостойкости позволяют расширить область применения разработанных штукатурных гипсовых сухих смесей для отделочных работ в помещениях с повышенной влажностью (более 60 %). Так как составы разработанных композиционных вяжущих предусматривают замену до 55 % строительного гипса на промышленные отходы – молотые доменные гранулированные шлаки и керамзитовую пыль, разработанные штукатурные гипсовые сухие смеси являются конкурентоспособными относительно существующих аналогов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Чумаков Л.Д., Мельниченко С.В. Водостойкие гипсовые вяжущие низкой водопотребности для зимнего бетонирования//Строительные материалы, 1992, № 5. – С. 24-26.
2. Садуакасов М.С., Румянцев Б.М., Аасад М. Регулирование структурообразования камня из ГВНВ добавкой портландцемента// Изв. вузов. Строительство, 1993, № 5-6. – 19 с.
3. Айрапетов Г.А., Панченко А.И., Несветаев Г.В., Нечушкин А.Ю. Многокомпонентное бесклинкерное водостойкое гипсовое вяжущее// Строительные материалы, 1996, № 1. – С. 28-29.
4. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Композиционное гипсовое вяжущее на основе местного сырья// Актуальные вопросы строительства. Вторые Соломатовские чтения. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2003. – С. 156-157.
5. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его компонентов // Известия КазГАСУ, 2009, № 2. – С. 263-268.
6. Будников П.П. Гипс, его исследование и применение. – М.: Госстройиздат, 1943. – 373 с.
7. Булычев Г.Г. Смешанные гипсы. Производство и применение в строительстве. – М., 1952. – 134 с.

8. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие материалы и изделия. – М.: Госстройиздат, 1960. – 162 с.
9. Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Штукатурные сухие смеси на основе композиционного гипсового вяжущего повышенной водостойкости компонентов // Известия КазГАСУ, 2010, № 2. – С. 292-296.

REFERENCES

1. Ferronskaja A.V., Korovjakov V.F., Chumakov L.D., Melnichenko S.V. Waterproof gypsum knitting low water requirement for winter concreting//Building materials, 1992, № 5. – P. 24-26.
2. Saduakasov M.S., Rumjantsev B.M., Aasad M. Regulation of structurization of a stone from GK an additive of portland cement//Proceedings of the universities. Construction, 1993, № 5-6. – 19 p.
3. Ajrapetov G.A., Panchenko A.I., Nesvetaev G.V., Nechushkin A.J. Multicomponent clinker-free waterproof gypsum knitting//Building materialy, 1996, № 1. – P. 28-29.
4. Khaliullin M.I., Altykis M.G., Rakhimov R.Z. Composite gypsum knitting on the basis of local raw materials//Building Pressing questions. The second Solomatovsky readings. Materials of the All-Russia scientific and technical conference. – Saransk: Publishing house Mordov. Uny. 2003. – P. 156-157.
5. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Hozin V.G. Reological characteristics of water suspensions of composite gypsum knitting and its components// News of the KSUAE, 2009, № 2. – P. 263-268.
6. Budnikov P.P. Gypsum, its research and application: Gosstroyisdat, 1943. – 373 p.
7. Bulychyov G.G. The Mixed plasters. Manufacture and application in building. – М., 1952. – 134 p.
8. Volzhensky A.B., Rogovoi M.I., Stambulko V.I. Gypsumcement and gypsumshlag knitting materials and products. – М.: Gosstroyisdat, 1960. – 162 p.
9. Khaliullin M.I., Gaifullin A.R. Plaster dry mixes on the basis of composite gypsum knitting the raised water resistance// News of the KSUAE, 2010, № 2. – P. 292-296.