

77 сут в интервале углов 2θ от 10° до 30° , включающем основные рефлекссы двуводного и полуводного гипса.

Распределение интенсивностей линий двуводного гипса на дифрактограммах прессованных гипсовых образцов отличается от эталонного распределения интенсивностей линий двуводного гипса. В последнем наиболее сильная дифракция соответствует $2\theta = 11,69^\circ$ ($d = 7,56 \text{ \AA}$), в то время как в спектре прессованного гипсового камня наиболее сильная дифракция соответствует $2\theta = 20,8^\circ$ ($d = 4,27 \text{ \AA}$). Сравнивая интенсивность других линий, можно сделать предположение о том, что отдельные плоскости кристаллов двуводного гипса в прессованных образцах направлены избирательно, что свидетельствует об ориентированном характере структуры прессованного гипсового камня. Последнее подтверждается электронно-микроскопическими исследованиями [4].

Таким образом, в прессованных гипсовых образцах при гидратации исходного вяжущего вследствие меньшей скорости процесса гидратации создаются более благоприятные условия для формирования структуры твердения.

Л и т е р а т у р а

1. Кравцов В.М. Исследование процессов гидратации и структурообразования минеральных вяжущих веществ: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Челябинск, ЧПИ, 1972. - 22 с. 2. Способ получения высокопрочных облицовочных плит из гипса / В.Г.Каменский, Г.С.Раптунович, И.М.Ляшкевич и др. - Строит. материалы, 1979, № 6, с. 19. 3. Горшков В.С. Термография строительных материалов. - М.: Стройиздат, 1968. - 288 с. 4. Формирование структуры гипсового камня и ее связь с прочностью / Г.С.Раптунович, А.Б.Устимович, В.И.Пилецкий, И.М.Ляшкевич. - В кн.: Строительные конструкции и материалы: Защита от коррозии. Уфа: НИИПромстрой, 1981, с. 106-111.

УДК 691.311

И.М.Ляшкевич, канд. техн. наук (БПИ)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ГИПСОВОГО МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПРЕССОВАНИЯ

В последние годы широкое распространение за рубежом получили исследования по созданию высокопрочных строительных материалов с привлечением методов порошковой металлургии.

При этом можно выделить три основных способа получения высокопрочного цементного камня: способ прессования сухого вяжущего с последующей его гидратацией в воде или ее парах, способы холодного и горячего прессования системы вяжущее - вода [1, 2].

Основные недостатки первого способа: а) необходимость применять очень высокие прессующие давления; б) громоздкость и сложность используемого оборудования, в частности пресс-форм; в) невозможность прессования образцов толщиной более 0,01 м; г) ограниченная область применения полученного материала.

К недостаткам второго и третьего способов относятся: а) применение очень жестких смесей ($V/C \approx 0,1$), перемешивание которых в больших объемах затруднено; б) высокие значения прессующего давления при очень малых размерах получаемых образцов; в) значительный расход цемента, большая часть которого не участвует в реакции гидратации, а используется в качестве инертного заполнителя; г) усложнение оборудования в случае прессования при высоких (до 250°C) температурах.

Несмотря на высокие прочностные характеристики получаемых материалов (в среднем на порядок превышающих марочную прочность), эти способы при современном уровне развития техники не могут найти промышленного применения. Кроме того, использование водовяжущих отношений, меньших стехиометрически необходимых для 100% гидратации, является причиной низкой степени гидратации и приводит к саморазрушению материала с течением времени [3].

Применительно к мономинеральному гипсовому вяжущему, являющемуся модельным вяжущим веществом, разработаны способ получения высокопрочного ($R_{сж} = 80-100$ МПа) гипсового материала путем термопрессования дигидрата при давлении 80-120 МПа и температуре $150-160^{\circ}\text{C}$ [4] и способ получения изделий с $R_{сж} = 60-80$ МПа из жесткой смеси гипсового вяжущего с водой путем перевода в виброкипящее состояние и прессования при давлении 65-70 МПа с выдержкой до начала схватывания [5].

Однако наиболее эффективным оказался способ прессования пластичных водогипсовых смесей при низких прессующих давлениях (7-10 МПа) с одновременным удалением избыточной влаги до остаточного водосодержания, приближающегося к стехиометрическому [6].

Теоретические основы этого способа применительно ко всему классу мономинеральных вяжущих веществ изложены в [7]. Физико-химические исследования процессов гидратации и струк-

турообразования высокопрочного гипсового камня выполнены в работе [8].

Полученный путем прессования пластичной гипсовой смеси с одновременным удалением избыточной влаги гипсовый камень имеет степень гидратации 95–97%, пределы прочности при сжатии и изгибе в 4–5 раз большие, водопоглощение и пористость в 3–3,5 раза меньше, чем у гипсового камня стандартного

Таблица 1
Структурно-механические характеристики гипсового камня в сравнении с мрамором

Структурно-механические характеристики материалов	Гипсовый камень стандартного изготовления	Природный цветной мрамор	Высокопрочный гипсовый камень
Прочность при сжатии, МПа, 1 мес	8–15	40–100	50–70
Прочность при изгибе, МПа, 1 мес	2,5–3,5	5–10	10–15
Объемная масса, г/см ³	1,3	2,5–2,7	1,9
Плотность, г/см ³	2,3	2,5–2,7	2,35
Водопоглощение, %	25	0,2–0,5	7,0
Коэффициент размягчения	0,35	0,6–0,7	0,45
Коэффициент водостойкости	0,95	0,95	0,97
Твердость по Моосу	2	3,5–4	2,5–3
Морозостойкость	-	"МРЗ-25"	"МРЗ-35" "МРЗ-50"
Истираемость, г/см ²	1,4–2,5	0,8–1,5	0,7–1,4
Долговечность, годы	-	25	25
Модуль упругости, МПа	$0,6 \cdot 10^4$	$(0,5–0,9) \cdot 10^5$	$(1,7–1,9) \cdot 10^4$
Теплопроводность, Вт/м·град	0,9	2,75	1,3
Электросопротивление объемное удельное, Ом·см	$0,1 \cdot 10^9$	$10^{12}–10^{13}$	$(0,7–1,3) \cdot 10^{10}$
Электропрочность, кВ/мм	-	15–50	7,5–15
Огнестойкость, ч	1,5	1–1,5	1,5–3

изготовления. Высокопрочный гипсовый камень – морозостойкий и долговечный материал с повышенной истираемостью, огнестойкостью, хорошими электрофизическими показателями. По всем структурно-механическим показателям, кроме водостойкости, этот материал приближается к природному цветному мрамору, а по таким, как теплопроводность и огнестойкость, превосходит его (табл. 1).

Полученные на основе высокопрочного гипсового камня облицовочные изделия удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к материалам для внутренней облицовки (ГОСТ 9479-76), и могут применяться взамен природного мрамора и другого естественного декоративного камня. Применение специальных химических добавок способствует значительному уменьшению водопоглощения, повышению коэффициента размягчения, а также морозостойкости и износостойкости материала, что позволяет использовать его для наружных отделочных работ и устройства полов.

Технология производства высокопрочных облицовочных гипсовых изделий включает традиционное весовое или объемное дозирование гипсового вяжущего, воды и наполнителей, перемешивание этих компонентов при помощи широко используемых в промышленности гипсомешалок, создание декоративного рисунка, прессование пластичной гипсовой смеси нормальной густоты под давлением 7–10 МПа в стальной или полиуретановой прессформе с одновременным отводом избыточной влаги через фильтровальную бумагу, картон или ткань до остаточного водогипсового отношения 0,2–0,22. Гипсовые плиты после распрессовки в возрасте 1,5 ч имеют $R_{сж} = 25-28$ МПа, влажность 10%, в суточном возрасте $R_{сж} = 35-38$ МПа, влажность изделий 4%.

Для создания фактуры поверхности и цветовой гаммы, свойственных цветному мрамору, в процессе изготовления в гипсовую смесь вводятся соответствующие красители. Разработана рецептура и технология введения красителей в гипсовое тесто для имитации таких пород декоративного естественного камня, как цветные мраморы месторождений Узбекистана, Казахстана, Азербайджана, Армении, РСФСР.

К достоинствам новой технологии производства высокопрочных облицовочно-декоративных гипсовых изделий относятся возможность получения стабильной, повторяемой цветовой гаммы рисунка, создание нужной (зачастую не встречающейся в природе) текстуры материала, создание объемного рисунка и фактуры поверхности (наплывов, углублений, орнаментальных рисунков и др.), а также на 35–40% меньшая, чем у мрамора, объемная масса, значительно лучшие теплофизические свойства, высокие

кислотостойкость и огнестойкость. При производстве облицовочных изделий из высокопрочного гипсового камня отпадает необходимость в разработке дорогостоящего природного камня, его транспортировке из отдаленных районов страны, пилении и шлифовке, значительно снижаются трудоемкость и энергоемкость процессов производства, транспортные расходы, отпадает потребность в дорогостоящем и сложном импортном оборудовании. Кроме того, улучшаются культура и условия труда рабочих, производство изделий является безотходным и может быть полностью механизировано и автоматизировано. По сравнению с рассмотренными выше способами прессования жестких гипсовых смесей и порошков разработанная технология позволяет в среднем на порядок снизить величину прессующего давления при сохранении высоких прочностных показателей материала.

По сравнению с традиционной литьевой технологией производства гипсовых изделий новая технология позволяет значительно сократить цикл изготовления изделий, получать изделия после распрессовки с необходимой конструкционной прочностью, исключить из технологического цикла процесс сушки изделий, позволяет получать высокопрочные изделия, в среднем в 4–5 раз превосходящие по физико-механическим показателям материалы стандартного изготовления.

На новый облицовочный материал разработаны технические условия ТУ 21 БССР 226–82 "Плиты гипсовые облицовочные мраморовидные" и карта технологического процесса производства высокопрочных мраморовидных облицовочных гипсовых плит на Минском заводе гипса и гипсовых стройдеталей. Себестоимость производства 1 м² облицовочных гипсовых плит составляет 4,5–6 руб., а энергозатраты – примерно 0,8–1 кВт·ч.

Технология производства высокопрочных облицовочно-декоративных гипсовых плит внедрена на Усть-Джегутинском гипсовом заводе, Тульском кирпичном заводе № 2, Минском заводе гипса и гипсовых стройдеталей и др.

Экономический эффект от внедрения на предприятиях стройиндустрии составляет 500 тыс. руб. в год.

Л и т е р а т у р а

1. Lawrence C.D. The properties of cement paste compacted under high pressure. – Research Reports 19. Cement and Concrete Association, BSC, ARIC, 1968. 2. Roy D.M., Gouda G.R. Optimization of strength in cement pastes. – Cem. Concr. Res., 1975, № 5, p. 153–162. 3. Волженский А.В., Карпова Т.А. Влияние низких водоцементных отношений на свойства камня при длительном твердении. – Строит. материалы, 1980, № 7,

с. 18–20. 4. А. с. 528279 (СССР). Способ изготовления искусственного камня / В.Г.Каменский, И.М.Ляшкевич, Г.С.Раптунович и др. – Оpubл. в Б. И., 1976, № 34. 5. А. с. 548582 (СССР). Способ изготовления строительных изделий / В.Г.Каменский, И.М.Ляшкевич, Г.С.Раптунович и др. – Оpubл. в Б. И., 1977, № 6. 6. Способ изготовления облицовочных плит / В.Г.Каменский, Г.С.Раптунович, И.М.Ляшкевич, В.П.Самцов. – Положит. решение по заявке на изобретение № 2373005/29. 7. Ляшкевич И.М., Раптунович Г.С. О возможности получения высокопрочных строительных материалов на основе мономинеральных вяжущих веществ. – Настоящий сборник, с. 24 – 27. 8. Раптунович Г.С. Исследование процесса формирования и свойств структуры высокопрочного материала на основе строительного гипса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Минск, 1982. – 25 с.

УДК 691.16.002.5:665.775

Е.М.Дерешук, М.Т.Солдаткин, д-р техн. наук (БПИ)

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИТУМОВ ПРИ ИХ РАЗОГРЕВЕ В УСТАНОВКАХ С ПУЛЬСИРУЮЩИМ ДВИЖЕНИЕМ ТОПОЧНЫХ ГАЗОВ

Битумы широко применяются при производстве холодных битумных мастик и паст, для гидроизоляционных, кровельных и других работ в строительстве. Их разогрев осуществляется, в основном, в жаротрубных котлах периодического действия, в которых битумы длительное время (свыше 4 ч) находятся под влиянием высоких температур и в процессе разогрева теряют свои первоначальные свойства. Это отрицательно сказывается на долговечности конструкций [1].

В целях получения разогретых битумов высокого качества, повышения производительности и экономичности нагревательного оборудования предложено битумы разогревать в битумоплавильной установке с пульсирующим горением (рис. 1) [2]. Она имеет емкость 3, свободно установленную на опорную поверхность накопителя [2], расположенного под теплообменником 5, у которого Л-образные газоходы с одной стороны соединены с камерой пульсирующего горения (КПГ) 1, с другой – с выхлопной трубой 4.

В установке жидкое (газообразное) топливо подается к форсунке (горелке), поджигается любым запальным устройством, и КПГ выводится на пульсационный режим работы. Горячие пульсирующие топочные газы последовательно проходят каналы на-