

СМЕШЕННЫЕ ГИДРОКАРБОНАТНЫЕ ЦЕМЕНТЫ ПОВЫШЕННОЙ ВОДОСТОЙКОСТИ

СТАРОСТИН Н.М., ОХЛОПКОВА А.В., МИТИНА Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: n.starostin@mail.ru

В настоящее время наиболее распространенным типом гидравлического цемента является портландцемент. Это достаточно хорошо известное и широко используемое вяжущее, применяемое в строительных технологиях. Производится портландцемент путем обжига при температуре до 1450 °С цементной сырьевой смеси, состоящей из карбонатного, глинистого компонентов и корректирующих добавок. После помола цементного клинкера с необходимыми добавками получают товарный продукт портландцемент различных марок. Это весьма энергоемкий процесс и сопровождается значительным выделением углекислого газа в атмосферу. Подсчитано, что 5 % всего антропогенного углекислого газа поступает из цементной промышленности. Поэтому производители и потребители вяжущих материалов нацелены на разработку более энергоэффективных способов производства и на разработку новых вяжущих материалов, получаемых при более низкой температуре и обладающих требуемыми характеристиками для производства эффективных строительных материалов.

Один из способов решения данной проблемы – это использование магнезиальных цементов. Хлормагнезиальный цемент или цемент Сореля был известен еще с середины девятнадцатого века, а оксисульфатные магнезиальные вяжущие были впервые разработаны в 1930-х годах. Эти вяжущие обладают уникальными свойствами: высокой прочностью на сжатие, безусадочностью, но имеют один большой недостаток – низкую водостойкость, что делает их непригодными для наружного применения. Это явление связано с получением при гидратации и твердении таких цементов водорастворимых продуктов – гидрооксихлоридов и гидрооксисульфатов магния.

В качестве альтернативы учеными ТПУ разработаны цементные композиции на основе оксида магния [1] не содержащие оксихлорид или оксисульфат магния. В основе разработки лежит использование в качестве жидкости затворения водного раствора бикарбоната магния, в результате чего структуру твердения образуют гидроксид магния $Mg(OH)_2$, $MgCO_3$ и гидрокарбонаты магния с общей формулой $xMgCO_3 \cdot yMg(OH)_2 \cdot zH_2O$ и $MgCO_3 \cdot xH_2O$. Получаемые вещества являются нерастворимыми в воде.

Учеными Великобритании [2] установлено, что при добавлении к каустическому магнезиту MgO искусственно синтезированных гидрокарбонатных кристаллических веществ, таких как гидромагнезит $4Mg(CO_3) \cdot Mg(OH)_2 \cdot 4H_2O$, несквигонит $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ и дипингит $4Mg(CO_3) \cdot Mg(OH)_2 \cdot 4H_2O$, и затворении этой смеси водой, можно получить гидравлический магнезиальный цемент с прочностными характеристиками до 29 МПа (в случае применения пластификаторов – до 60 МПа).

Целью настоящей работы является исследование свойств композиций из каустического магнезита с природными гидрокарбонатами магния при затворении водой и раствором бикарбоната магния.

В качестве основного компонента смеси использовали каустический магнезиальный порошок марки ПМК-75 производства ООО «Сибирские порошки», изготовленный из магнезиальной породы Савинского месторождения (Иркутская область). Для получения смешанного гидрокарбонатного вяжущего применяли добавку гидромагнезитовой породы Халиловского месторождения. Химический состав исходных материалов представлен в таблице 1. В качестве затворителя использовали воду и раствор бикарбоната магния (БКМ). Водный раствор бикарбоната магния готовили с помощью искусственной карбонизации суспензии каустического магнезита.

Для проведения эксперимента по получению смешанного гидравлического магнезиального вяжущего готовились композиции, состав которых представлен в

Секция 4. Силикатные и тугоплавкие неметаллические материалы из природного и технического сырья

таблице 2. Сухая смесь затворялась водой или раствором БКМ до получения цементного теста нормальной густоты. Формовались образцы-кубики 2×2×2 см, которые предварительно выдерживались на воздухе в течение 1 сут, а далее твердели в различных условиях: воздух, воздушно-влажные и вода. После 28 сут твердения образцы испытывали на прочность при сжатии и определяли коэффициент гидратационного твердения $K_{ГТ}$, который определяется как отношение прочности при сжатии образцов, твердевших в воде, к прочности образцов, твердевших на воздухе. Этот коэффициент показывает возможность твердения вяжущей композиции не только на воздухе, но и в воде, то есть наличие гидравлических свойств. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 1 Химический состав компонентов смеси

Материал	Содержание оксидов, мас. %							
	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO	Δ m _{пр}	Сумма
Каустический магнезит	75,64	3,18	0,62	4,24	0,83	0,32	16,85*	100
Гидромагнезиальная порода Халиловского месторождения	43,32	9,86	0,69	0,52	1,17	0,029	45,33	100,91

*- потери при прокаливании каустического магнезита, обожженного при 800 °С, связаны с наличием неразложившегося MgCO₃ с дефектной структурой.

Таблица 2 Состав и свойства композиций смешанного гидрокарбонатного вяжущего

Содержание гидромагнезита, % мас.	Прочность при сжатии, МПа							
	Жидкость затворения – вода				Жидкость затворения – БКМ			
	возд	возд-вл	вода	$K_{ГТ}$	возд	возд-вл	вода	$K_{ГТ}$
0	24,2	33,2	34,7	1,43	19,2	32,1	37,5	1,2
5	22,7	32,4	34,3	1,51	21,8	25,6	31,5	1,44
10	25,2	23,8	26	1,03	16,8	18,7	24,4	1,45
15	15,6	20	22	1,41	16,5	17,3	19,4	1,18
20	17,8	19,9	19,6	1,1	17,6	18,6	21,1	1,19
25	14,7	18,1	15,3	1,04	16,2	17,3	17	1,05
30	16,5	13,8	16	0,96	13,2	11,2	12,1	0,92
35	15,6	14,8	17,4	1,12	15,7	16,3	16,2	1,03
40	12,4	9,6	11,4	0,92	13,3	14,3	15,1	1,03

В результате проведенных испытаний магнезиальных вяжущих композиций установлено, что при использовании в качестве жидкости затворения воды и раствора БКМ прочность образцов достаточно высокая, при введении добавки до 40 % прочность составляет более 10 МПа. Коэффициент гидратационного твердения практически у всех образцов больше 1, что свидетельствует о том, что исследуемые композиции смешанного гидрокарбонатного цемента можно отнести к классу гидравлических вяжущих веществ, способных твердеть и эксплуатироваться как на воздухе, так и во влажных условиях.

Список литературы

1. Митина Н. А., Лотов В. А., Сухушина А. В. Жидкость затворения для магнезиального вяжущего // *Строительные материалы*. 2015. №. 1. С. 64-68.
2. Process for producing cement binder compositions containing magnesium. Patent US 20130213273A1, Nikolaos Vlasopoulos, May 8, 2013.