

ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ ТВЕРДЕНИЯ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Среди многих разновидностей цемента шлакопортландцемент по объему производства занимает второе место после портландцемента. В настоящее время накоплен большой опыт по выпуску шлакопортландцемента. Это вызвано тем, что замена части клинкера отходами производства черной и цветной металлургии, химической промышленности позволяет снизить энергозатраты на производство цемента [1,2]. Однако шлакопортландцемент является медленноотвердеющим цементом, что является следствием предпочтительности потребителя использовать портландцемент.

Скорость твердения шлакопортландцемента зависит от целого ряда факторов, наиболее важными из которых являются минералогический состав клинкера, содержание шлака в цементе и тонкость измельчения компонентов цемента. Наиболее высокие прочности достигает шлакопортландцемент, приготовленный на основе клинкера с высоким содержанием алита и трехкальциевого алюмината. Большой вклад в гидратационную активность цемента также вносит химический состав шлаков и их активность, которая зависит от скорости охлаждения шлакового расплава, обуславливающей формирование стекловидной или закристаллизованной фазы в шлаке.

В течение многих лет проводились многочисленные исследования с целью повышения гидратационной активности шлакопортландцемента [3-5]. Скорость твердения шлакопортландцемента зависит от целого ряда факторов, наиболее важными из которых являются минералогический состав клинкера, содержание шлака в цементе и тонкость измельчения компонентов цемента.

Обобщение исследований в этой области позволяет отметить, ускорения гидратации шлакопортландцемента необходимо использовать активаторы твердения цементного камня. Не смотря на определенные успехи в этой области, проблема остается актуальной.

Целью работы являлось повышение скорости твердения шлакопортландцемента за счет использования активатора твердения.

Для исследования были использованы портландцементный клинкер, сульфоалюминатный и сульфоферритный клинкера, доменный гранулированный шлак и гипс.

Химический состав исходных материалов представлен в табл.1.

Минералогический состав клинкера для получения портландцемента представлен (в %): $C_3S = 60$; $C_2S = 15$; $C_3A = 7$; $C_4AF = 14$; сульфогерритный клинкер (%): $C_2S = 14,5$; сульфогеррит кальция – 75, прочие – 10; сульфогерритный клинкер (САК) содержал в своем составе (%): сульфогеррит кальция ($3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$) – 40,6; C_2S – 29,4; C_3A – 10,0; $CaSO_4$ – 6,8; C_4AF – 13,2.

Цементы получали совместным помолом компонентов в лабораторной мельнице. Оценку тонкости помола осуществляли по остатку на сите №008 в пределах 7-8%.

Таблица 1. Химический состав материалов.

Материал	Содержание оксидов, %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	прочие
Портланд-цементный клинкер	21.60	5.15	4.85	65.40	0.30	2.60	0.25
Доменный шлак	37.73	10.98	0.24	40.74	9.42	0.07	0.82
САК	10.90	22.90	4.22	56.63	4.00	3.23	0.55
СФК	4.95	1.50	37.44	43.00	4.42	7.63	0.72
Гипс	2.80	0.50	0.40	32.20	1.50	40.50	22.60

Физико-механические испытания: растекаемость (по расплыву стандартного конуса), схватывание цементного теста, прочность цементного камня на изгиб и сжатие производили в соответствии с национальными стандартами РФ. Для физико-химических исследований использовали известные методы РФА, ДТА, оптическую и электронную микроскопию.

На первом этапе изучали роль сульфогерритного и сульфогерритного клинкеров в формировании свойства шлакопортландцемента, на втором – влияние пластификаторов на прочность цементного камня.

Результаты испытаний исходного шлакопортландцемента и с добавками САК и СФК приведены в табл.2.

Сульфатированные клинкеры: сульфогерритный (САК), сульфогерритный (САФК), сульфогерритный (СФК) гидратируются интенсивно. Процесс гидратации САК может быть представлен следующим уравнением:



Таблица 2. Свойства исследуемых цементов

Це- мент	Тон- кость помола, $R_{008}, \%$	В/Ц	Расплав конуса, мм	Прочность, М Па, через сут			
				при изгибе		при сжатии	
				3	28	3	28
ШПЦ	7,6	0,4	112	2	5.5	10	31
с 5% СФК	7,6	0,4	112	2,8	6,2	16	40
с 5% САК	7,9	0,4	110	3.2	6.9	20.8	43.6

Ранняя прочность цементного камня обеспечивается образованием гидроалюминатов и этtringита, а в более поздние сроки за счет гидратации белитовой составляющей.

При гидратации сульфогеррита образуется железистый этtringит и ферриты кальция, которые реагируя с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и шлаковыми частицами, обуславливают образование низкоосновных гидросиликатов кальция CSH и гидроксида железа. В результате формируется плотный цементный камень. Его пористость значительно снижается, что наглядно видно из данных, полученных при исследовании структуры цементного камня методом электронной микроскопии, представленных на рис.1.



а)



б)

Рис.1. Микроструктура цементного камня 28-сут твердения

а) ШПЦ, б) то же с добавкой СФК

СЭМ, увел., X 4000

Сульфогеррит кальция несколько уступает сульфогерриту кальция по скорости гидратации. Соответственно прочность шлакопортландцемента с добавкой СФК немного ниже его прочности с добавкой САК (см.табл.1). Но в целом добавка обоих видов клинкера активизирует процесс гидратации шлакопортландцемента, прочность его повышается. Исходный шлакопортландцемент по показателям

прочности относится к марке «300», а с добавками САК и СФК – к марке «400».

Результаты физико-механических испытаний шлакопортландцемента с добавками САК и СФК показывают возможность ускорения реакции его гидратации и твердения. Значительный прирост прочности цементного камня наблюдается на всех стадиях гидратации.

Использование сульфоалюминатных и сульфоферритных клинкеров для ускорения твердения цемента позволяет рассматривать выпуск и применение шлакопортландцемента одним из перспективных направлений для решения проблем снижения энергозатрат и увеличения объема выпуска цемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврюшин А.Д., Дмитренко И.В., Здоров А.И. Основные направления снижения энергоемкости производства цемента // Цемент и его применение. – 2009. №4. С. 14-15.
2. Кривобородов Ю.Р., Бурлов А.Ю., Бурлов И.Ю. Применение вторичных ресурсов для получения цементов // Строительные материалы. – 2009. №2. С. 44-45.
3. Самченко С.В., Земскова О.В., Козлова И.В. Влияние дисперсности шлакового компонента на свойства шлакопортландцемента. // Техника и технология силикатов. – 2016. Т. 23, №2. С. 19-23.
4. Самченко С.В., Зорин Д.А. Влияние дисперсности расширяющегося компонента на свойства цементов. // Техника и технология силикатов. – 2006. Т.13, №2. С. 2-7.
5. S.V. Samchenko, D.A. Zorin. Influence of fineness of expansive on cement properties. // Cement-Wapno-Beton. – 2008. Vol. XIII/LXXV, №5. P. 254-257.