

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Лешканов А.Ю., Анисимов С.Н., Кононова О.В., Минаков Ю.А., Смирнов А.О.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3), e-mail:KononovaOV@volgatech.net, ansernik3@gmail.com

Исследовалась кинетика твердения цементных паст в нормальных условиях при температуре 20 ± 2 °С и в условиях умеренного обогрева при 40 ± 2 °С. Исследования выполнены на четырех различных пробах портландцемента и при использовании двух видов модифицирующих добавок: суперпластификаторов Glenium®51 и Биотех-НМ. При температуре твердения 20 ± 2 °С суперпластификаторы замедляют рост прочности цементного камня в ранний период твердения. В возрасте 1 календарного дня прочность модифицированного цементного камня в 2–4 раза ниже прочности цементного камня, не содержащего суперпластификатор. Этот результат отмечается на всех типах цемента, независимо от их минералогического состава. Применение умеренного обогрева совместно с модифицирующими добавками позволяет ускорить твердение цементного камня в ранние сроки. Лучшие результаты по прочности при умеренном обогреве показали составы цементных паст с суперпластификатором Glenium®51.

Ключевые слова: цемент, модификатор, суперпластификатор, подвижность, прочность, водопотребность.

CEMENT STONE HARDENING PROCESS OPTIMIZATION

Leshkanov A.Y., Anisimov S.N., Kononova O.V., Minakov Y.A., Smirnov A.O.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia (424000, Yoshkar-Ola, Lenin square, 3), e-mail: KononovaOV@volgatech.net, ansernik3@gmail.com

The cement pastes normal conditions at 20 ± 2 °C and under moderate heating at 40 ± 2 °C hardening kinetics investigated. The studies were performed on four different samples of Portland cement and by using two types of modifiers: Glenium®51-HM and Biotech superplasticizers. At 20 ± 2 °C hardening temperature superplasticizers slow the strength growth of cement in early hardening period. At the age of twenty-four hours the modified cement stone strength is 2-4 times lower than the strength of cement stone containing no superplasticizer. This result was observed in all cement types, regardless of their mineralogical composition. Moderate heat in conjunction with modifiers application helps to speed up the early stages cement stone hardening. The best results for moderate heated cement pastes strength showed with Glenium®51 superplasticizer.

Keywords: cement, modifier, superplasticizer, mobility, strength, water demand.

В современном строительстве проблема совершенствования технологии бетонов с химическими модификаторами как никогда актуальна. Такая ситуация объясняется появлением на рынке химической продукции современных модификаторов, оказывающих непосредственное влияние на структурообразование цементных систем. Основная часть этих модификаторов относится к группе поверхностно-активных веществ. Наиболее часто используемые пластифицирующие добавки имеют нафталинсульфоформальдегидную или поликарбоксилатную основу [1; 2; 3; 4]. В присутствии большинства данных модификаторов удлиняются сроки схватывания цемента, и наблюдается замедление набора ранней прочности. Это частично объясняется присутствием в их составе регуляторов схватывания, способствующих увеличению периода сохраняемости бетонной смеси, а также протекающим во времени процессом адсорбции суперпластификаторов [5;7].

Одним из методов ускорения твердения цементного камня является применение обогрева. Повышение температуры при твердении ускоряет химические реакции гидратации и таким образом благотворно воздействует на рост прочности бетона в ранние сроки без каких-либо отрицательных последствий, влияющих на последующую прочность. Однако повышенная температура при укладке и схватывании, хотя и увеличивает раннюю прочность, может неблагоприятно повлиять на прочность в позднем возрасте [6].

В процессе быстрой начальной гидратации образуются продукты с более плохой физической структурой, возможно более пористой, поэтому значительная часть пор всегда остается незаполненной. Из отношения гель-пространство вытекает, что это может привести к более низкой прочности по сравнению с менее пористым цементным камнем, хотя в нем происходила медленная гидратация [6].

В присутствии пластифицирующих добавок, замедляющих твердение цемента, особенно важно ограничиться умеренным обогревом, с тем, чтобы свести к минимуму деструктивные процессы.

Целью исследования является анализ эффективности совместного применения умеренного обогрева и пластифицирующих добавок на кинетику твердения цементного камня в ранние и длительные сроки твердения.

Материалы и методы исследования

Кинетика твердения цементного камня исследовалась на четырех различных пробах портландцемента, отличающихся минералогическим и вещественным составом. Твердение проводилось в нормальных условиях при температуре 20 ± 2 °С и в условиях умеренного обогрева при 40 ± 2 °С в начальный период твердения.

В качестве модификаторов использовались суперпластификатор на основе поликарбоксилатного эфира Glenium[®]51 [3; 5; 7] в количестве 0,5 % от массы цемента и отечественный органоминеральный суперпластификатор Биотех-НМ – 2 % от массы цемента [4]. Дозировки добавок выбраны на основании предварительных испытаний с учетом технико-экономической эффективности [4; 5; 7].

Исследования выполнены с учетом равноподвижности на модифицированных цементных пастах с содержанием воды, обеспечивающим их удобоформуемость за 20 с. За критерий равноподвижности цементных паст принят расплыв 120–130 мм после 15 встряхиваний на встряхивающем столике по ГОСТ 310.4.

Характеристика используемых цементов приведена в таблице 1.

Таблица 1

Минералогический состав цементов

	Минералогический	Минеральная		Удельная
--	------------------	-------------	--	----------

№ п/п	состав клинкера, %				добавка:		SO ₃ , %	поверхность, м ² /кг
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	Вид	Кол-во, %		
1	58,0	16,6	7,2	13,0	Гр.шлак20		2,55	340
2	64,1	11,8	7,6	12,4	-	-	2,46	357
3	64,1	11,8	7,6	12,4	Гр.шлак 20		2,04	344
4	62,0	14,0	6,5	12,0	Опока	4,5	3,50	360

Примечание: Поставщик цемента: 1 – ЗАО «Ульяновскцемент»; 2 – ООО «Топкинский цемент»; 3 – ООО «Топкинский цемент»; 4 – ОАО «Мордовцемент» ЦЕМ I 42,5Б.

Из цементных паст формовались образцы кубы с ребром 20 мм. Контрольная серия образцов твердела в камере нормального твердения, при 20±2 °С. Основная серия образцов в течение первых трех суток подвергалась тепловлажностной обработке с изотермическим прогревом при 40±2 °С. После этого образцы продолжали твердеть в камере нормального твердения 20±2 °С.

Результаты исследования и их обсуждение

Основные результаты эксперимента представлены в таблице 2.

При температуре твердения +20±2 °С прочность цементного камня в присутствии модификаторов в ранний период твердения значительно отстает от прочности контрольных составов без модификаторов. В суточном возрасте прочность модифицированного цементного камня в 2–4 раза ниже прочности немодифицированного цементного камня, что отмечается на всех пробах цемента, независимо от их минералогического состава. Так, при введении добавки Glenium®51 в цементную пасту на основе Топкинского цемента наблюдается отставание в кинетике набора прочности на 75 % в сравнении с контрольным составом (таблица 2, п. 7 и 9). Следует отметить, что менее резкое отставание в наборе прочности (55 %) на первые сутки наблюдается у составов на основе цементов добавкой 20 % доменного гранулированного шлака.

Применение тепло-влажностной обработки при 40±2 °С позволяет значительно увеличить прочность цементного камня в ранние сроки твердения.

Таблица 2

Кинетика прочности цементного камня, модифицированного добавками Glenium®51 и Биотех-НМ

Состав цементного теста	Предел прочности при сжатии, МПа
-------------------------	----------------------------------

№/ п.п	Поставщик цемента	В/Ц	Добавка, %,от массы цемента	T, °C	1 сут.	28 сут.	365 сут.
1	1 - ЗАО «Ульяновскцемент»	0,24	Glenium®51 0,5	20	2,5	75	101
2		0,25	Биотех-НМ, 2%	20	2,8	68	82,3
3		0,28	-	20	6,0	65	99,3
4		0,24	Glenium®51, 0,5%	40	42	72	116
5		0,25	Биотех-НМ, 2%	40	43,6	61	76
6		0,28	-	40	46,3	72	87
7	2 - ООО «Топкинский цемент»	0,21	Glenium®51, 0,5%	20	5,0	97,8	132
8		0,23	Биотех-НМ, 2%	20	12,5	89,2	126
9		0,28	-	20	20,3	88,8	125
10		0,21	Glenium®51, 0,5%	40	65	96,9	133
11		0,23	Биотех-НМ, 2%	40	58,4	85	100
12		0,28	-	40	55,6	83,3	98
13	3 - ООО «Топкинский цемент»	0,23	Glenium®51, 0,5%	20	2,7	82,5	130
14		0,23	Биотех-НМ, 2%	20	3,3	72	101
15		0,27	-	20	6,8	69	141
16		0,23	Glenium®51, 0,5%	40	33,3	70	89
17		0,23	Биотех-НМ, 2%	40	37	62,5	82
18		0,27	-	40	42	75	90
19	4 - ОАО «Мордовцемент» ЦЕМ I 42,5Б	0,23	Glenium®51, 0,5%	20	13,6	105	129
20		0,23	Биотех-НМ, 2%	20	10,0	79	95
21		0,28	-	20	29,3	97	121
22		0,23	Glenium®51, 0,5%	40	69,3	95	110
23		0,23	Биотех-НМ, 2%	40	57,6	82	95
24		0,28	-	40	60,5	88	96

Более интенсивно при умеренном обогреве в первые сутки твердения набирают прочность составы с суперпластификатором Glenium®51. Прочность таких составов достигает 65–69,3 МПа (таблица 2, п. 10 и 22), что выше показателей аналогичных бездобавочных составов на 18–15 %. Данный результат свидетельствует об эффективности применения пластификаторов совместно с умеренным обогревом в целях достижения требуемой прочности бетонных конструкций и изделий за короткие сроки.

Скорость набора прочности цементного камня с модифицирующими добавками, которые твердели при 40 ± 2 °C в течение первых 3-х суток, после прекращения обогрева в

последующий период от 4 до 7 суток снижается, а затем вновь повышается. В составах нормального твердения прочность цементного камня с модифицирующими добавками в период от 4 до 7 суток продолжает плавно нарастать и достигает в возрасте 28 суток значений прочности в пределах 97,8 и 105 МПа (таб. 2, п. 7 и 19). Отметим, что в присутствии суперпластификатора Glenium®51 через 28 суток прочность цементного камня в сравнении с бездобавочным составом повысилась на 16 %, а с добавкой Биотех-НМ, на 1 %.

В таблице 2 также приведены результаты испытания образцов в возрасте 1 года. Результаты испытаний показали, что составы, не подвергавшиеся умеренному обогреву в ранние сроки твердения, имеют более высокие показатели прочности. Так, прочность модифицированного цементного камня на основе ЦЕМ I 42,5Б, твердеющего в нормальных условиях выше аналогичного состава, получившего 3-х суточный изотермический прогрев на 17 %.

Результаты исследований выявили заметное влияние вещественного состава всех проб цемента на формирование прочности цементного камня, а также тонкости помола цементов. Характер роста прочности аналогичен для всех типов, но протекает с более низкой интенсивностью у цементов с содержанием гранулированного шлака в количестве 20 %.

Наилучшие прочностные результаты показали образцы с добавкой Glenium®51 на основе поликарбоксилатного эфира.

Выводы

1. Результаты исследования свидетельствует об эффективности применения пластификаторов совместно с умеренным обогревом в целях достижения требуемой прочности бетонных конструкций и изделий в ранние сроки.

2. Применение умеренного обогрева совместно с модифицирующими добавками позволило сократить индукционный период твердения цементного камня приготовленного на всех пробах цемента, независимо от минералогического и вещественного состава.

3. Наилучшие прочностные результаты показали образцы с добавкой Glenium®51 на основе поликарбоксилатного эфира.

Список литературы

1. Анисимов С.Н., Кононова О.В., Лешканов А.Ю., Смирнов А.О. Исследование влияния комплекса модификаторов на кинетику твердения бетонов // Современные проблемы науки и

- образования. – 2014. – № 4; URL: www.science-education.ru/118-14082 (дата обращения: 30.07.2015).
2. Вовк А.И. О некоторых особенностях РСЕ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosbaltgrupa.lv/?id=157&ln=ru> (дата обращения: 30.07.2015).
3. Добшиц Л.М., Кононова О.В., Анисимов С.Н. Кинетика набора прочности цементного камня с модифицирующими добавками // Цемент и его применение. – 2011. – № 4. – С. 104-107.
4. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. – М.: Изд. Палеотип, 2006. – 244 с.
5. Синайко Н.П. Новые бетоны самоуплотняющегося типа. Добавки Relaporm и средства испытаний // Будівельні матеріали, вироби та санітарнотехніка. – 2011. – № 39. – С.95.
6. Штарк Й., Больман К. Химия цемента и долговечность бетона. Позднее образование этtringита в бетоне // II международное совещание по химии и технологии цемента. – М., 2000. – Т. I. – С. 64–93.
7. K. Yamada, S. Ogawa, S. Hanahara. Working mechanism of poly-beta-naphthalene sulfonate and polycarboxylatesuperplasticizers types from point of cement paste characteristics. ACI SP-145.

Рецензенты:

Краснов А.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры Строительных технологий и автомобильных дорог ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола;

Салихов М.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительных технологий и автомобильных дорог ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Пенза.