УДК 691.33+691.54 (083.74)

ПЕНОБЕТОНЫ НА БЫСТРОТВЕРДЕЮЩЕМ ЦЕМЕНТЕ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ЯКУТИИ

Рожин В.Н., Местников А.Е.

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: barcelon@mail.ru, mestnikovae@mail.ru

В статье рассматриваются особенности производства быстротвердеющего портландцемента (БТЦ), получаемого совместным помолом привозного портландцементного клинкера от ОАО «Якутцемент» с активными минеральными добавками (АМД) на месте его применения. Приводится минералогический состав портландцементного клинкера и химический состав исходных компонентов, результаты оптимизации состава исходных смесей для получения БТЦ и его основные свойства. В качестве активных минеральных добавок применяются такие природные материалы, как кварцевый песок, цеолитсодержащая порода, гипсовый камень. Установлены зависимости прочностных характеристик цементно-песчаного камня от тонкости помола АМД и портландцементного клинкера. Уточнены составы и свойства пенобетонов неавтоклавного твердения на основе созданного БТЦ, тем самым обоснована эффективность производства БТЦ с активными минеральными добавками из местного природного сырья.

Ключевые слова: портландцементный клинкер, быстротвердеющий цемент, активные минеральные добавки, карьерный песок, цеолитсодержащая порода, гипсовый камень, цементно-песчаный раствор, пенобетон неавтоклавного твердения, составы, свойства

FOAM CONCRETES ON EARLY-STRENGTH CEMENT FROM LOCAL RAW MATERIALS OF YAKUTIA

Rozhin V.N., Mestnikov A.E.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov», Yakutsk, e-mail: barcelon@mail.ru, mestnikovae@mail.ru

In article features of production of a early-strength cement (BTTS) received by a joint grinding of imported Portland cement clinker from OAO «Yakut Cement» with the active mineral admixture (AMD) on a place of its application are considered. The mineralogical composition of Portland cement clinker and chemical composition of initial components is given, results of optimization of composition of initial mixes for receiving BTTS and its main of properties are provided. As active mineral additives natural materials as quartz sand, tseolitsoderzhashchy breed, a plaster stone are applied. Dependences of strength characteristics of a cement and sand stone on a subtlety of a grinding of AMD and Portland cement clinker are established. Structures and properties of foam concretes of not autoclave curing on the basis of the created BTTS are specified, production efficiency of BTTS with active mineral additives from local natural raw materials thereby is proved.

Keywords: portland cement clinker, early-strength cement, active mineral admixture, quartz sand, zeolite rock, gypsum stone, cement-sand grout, foam concrete, compositions, properties

В настоящее время портландцемент является широко используемым гидравлическим вяжущим. Одним из существенных недостатков данного вяжущего является его потеря активности при длительном хранении. Производитель гарантирует соответствие цемента требованиям в течение 45–60 суток после отгрузки при условии соблюдения правил его транспортировки и хранения. Республика Саха (Якутия) – самый крупный по площади субъект Российской Федерации, занимает 3,1 млн км². Цемент завозится водным транспортом в период краткосрочной навигации. В результате транспортировки в отдаленные районы республики и длительного хранения происходит частичная гидратация и слёживаемость цемента. Общеизвестно, что чем дольше цемент лежит на складах, тем более глубокие его слои теряют активность вследствие гидролиза и гидратации составляющих их минералов по широко известным реакциям. В то же время многочисленными исследованиями [1] установлено, что из лежалых клинкеров можно получать цементы с высокими свойствами в отличие от лежалых цементов, поверхность зерен которых была значительно выше поверхности зерен клинкера.

На наш взгляд, одним из решений обеспечения строительства высококачественным цементом в отдаленных районах северных регионов страны может быть использование привозного портландцементного клинкера с совместным помолом его с местными активными минеральными добавками (кварцевый песок, шлаки, другие горные породы).

Портландцементный клинкер представляет собой спёкшиеся гранулы, что предопределяет возможность его длительного хранения без потери гидравлических свойств.

В экспериментальных исследованиях для получения местного (на месте производства) цемента использован портландцементный клинкер производства ОАО «Якутцемент». По минералогическому составу портландцемент ОАО «Якутцемент» алитоалюминатный и относится к быстротвердеющим портландцементам (БТЦ), благодаря высокому суммарному содержанию трехкальциевого силиката и трехкальциевого алюмината (не менее 60 %).

В испытаниях в качестве активных минеральных добавок (АМД) использовались цеолитсодержащие породы месторождения Хонгуруу (цеолит Хонгуруу), кварцевый песок Кильдямского месторождения, гипсовый камень Олёкминского месторождения. Содержание в гипсовом камне $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ составляет 80,8 %, что соответствует III сорту.

Согласно ГОСТ 31108-2003 допускается ввод минеральных добавок до 65 % (шлакопортландцемент) от массы портландцементного клинкера. Цементные заводы, как обычно, используют не более 15 % минеральных добавок.

В испытаниях добавки вводились в количестве 5, 7, и 10 % от массы вяжущего. Совместный помол клинкера и АМД производился в планетарной шаровой мельнице Retsch PM-400. Удельную поверхность определяли методом газопроницаемости на приборе ПСХ-11(SP).

Определение влияния тонкости помола добавки из кварцевого песка и цеолита Хонгуруу на свойства БТЦ проводили на образцах 40×40×160 мм, изготовленных из цементно-песчаного раствора 1:3. Портландцементный клинкер без добавок размалывался до значения удельной поверхности 380 м²/кг. Результаты исследования свойств БТЦ приведены на рисунке.

Таблица 1

Минералогический состав портландцементного клинкера
(среднестатистические данные завода ОАО «Якутцемент»)

C_3S (алит)	C_2S (белит)	C_3A (3-кальциевый алюминат)	C_4AF	Силикатный модуль	Глиноземный модуль	Коэффициент насыщения
58,70	16,38	6,44	14,35	2,08	1,15	0,91

Таблица 2

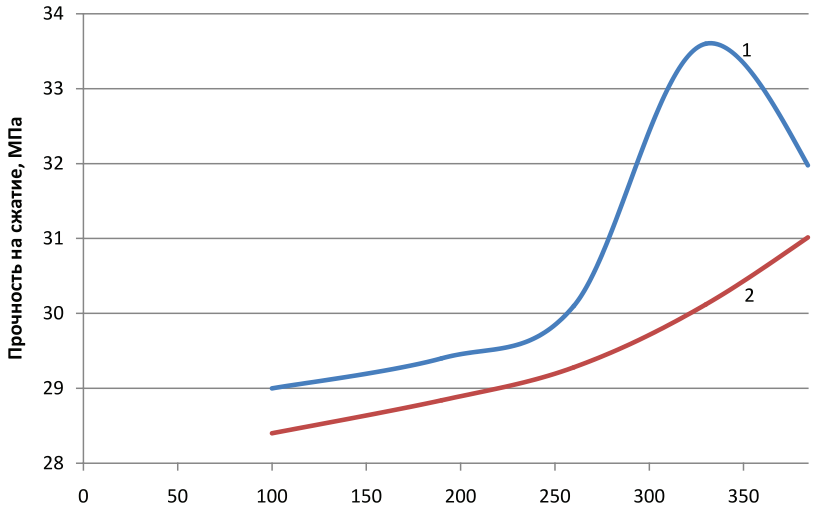
Химический состав исходных компонентов для изготовления БТЦ

№ п/п	Оксид	Содержание, %, мас.			
		Клинкер	Кварцевый песок	Цеолит Хонгуруу	Гипсовый камень
1	SiO_2	21,16	81,57	65,2	0,25–8,52
2	CaO	64,85	0,89	2,6	27,75–32,53
3	MgO	2,71	0,93	1,9	0,24–9,60
4	Al_2O_3	5,45	9,03	12,2	0,19
5	Fe_2O_3	4,72	1,73	1,1	0,01–0,22
6	п.п.п	0,11	1,23	13,5	1,38

Таблица 3

Составы исходных смесей для изготовления БТЦ

№ п/п	Исходные компоненты БТЦ	Содержание, % мас.					
		Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5	Состав 6
1	Клинкер	85	88	90	85	88	90
2	Кварцевый песок	10	7	5	–	–	–
3	Цеолит Хонгуруу	–	–	–	10	7	5
4	Гипсовый камень	5	5	5	5	5	5



Зависимости прочности цементно-песчаного раствора в возрасте 28 суток нормального твердения от тонкости помола клинкера с кварцевым песком 1 и цеолитом 2

Установлено, что повышение удельной поверхности клинкера с кварцевым песком до 410 м²/кг ведет к понижению прочности цементного раствора. В дальнейшем исследовался тонкомолотый клинкер с добавкой горного песка с удельной поверхностью 330 м²/кг. Максимальная прочность цементного раствора с добавкой природных цеолитов достигается при удельной поверхности 410 м²/кг.

Для определения влияния минеральных добавок на прочность цементного камня формовались образцы размерами 20×20×20 мм, которые твердели в условиях тепловлажностной обработки (ТВО) по режиму: 3 часа – подъем температуры до 95°С, 7,5 часов – изотермическая выдержка при данной температуре и 3 часа – снижение температуры до 20°С, и в нормальных условиях. Прочность образцов, твердевших при нормальных условиях, определялась в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток.

Установлено, что прочность образцов цементных камней на основе БТЦ соответствует прочностным характеристикам контрольных образцов, изготовленных на портландцементе марки ЦЕМ I 42,5Б ОАО «Якутцемент» (табл. 4).

На основе полученного БТЦ были исследованы образцы пенобетонов, изготовленных в лабораторных, заводских и построечных условиях. Среднестатистические показатели пенобетонов неавтоклавного твердения на основе портландцемента ОАО «Якутцемент» ЦЕМ I 42,5Б [3] и его аналога – БТЦ, изготовленного на месте его применения, за 2006–2015 годы приведены в табл. 5.

Таблица 4

Прочность при сжатии образцов цементного камня, изготовленных из молотого клинкера с минеральными добавками, МПа

Наименование добавки	Количество добавки, % от массы вяжущего		
	5	7	10
Твердение в нормальных условиях в течение 28 суток			
Тонкомолотый клинкер с кварцевым песком	48,9	50,1	52,4
Тонкомолотый клинкер с цеолитом Хонгуруу	46,5	47,3	47,2
Твердение в условиях ТВО			
Тонкомолотый клинкер с кварцевым песком	47,2	49,1	50,8
Тонкомолотый клинкер с цеолитом Хонгуруу	45,5	46,3	46,1

Таблица 5

Физико-механические характеристики неавтоклавного пенобетона

Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м^3	Пределы отклонений ср. плотности в сухом состоянии, кг/м^3	Состав сухой смеси, %		Класс по прочности для блоков	Средняя прочность на сжатие, МПа
		БТЦ (или ПЦ 500-Д0)	Песок $М_{кр}$ = 1,45		
300	250–350	100	–	В0,25	0,5
400	350–450	100	–	В0,5	0,8
500	451–550	100	–	В1	1,6
		70	30	В1	1,4
600*	551–650	100	–	В1,5	2,3
		70	30	В1	1,9
700	651–750	100	–	В2	3,4
		70	30	В1,5	2,7
		60	40	В1	2,1
800*	751–850	70	30	В2,5	3,9
		60	40	В2	3,0
		50	50	В1,5	2,5

Примечание. * – составы пенобетонной смеси апробированы на основе разработанного БТЦ.

Таким образом, производство и применение БТЦ на основе местного сырья, аналогичного по свойствам портландцементу марки ЦЕМ I 42,5Б «Якутцемент» (100 км от г. Якутска), может быть одним из весьма актуальных и целесообразных решений программы доступного жилья для отдаленных районов Крайнего Севера с слабой инфраструктурой. Для реализации технологии БТЦ и конкурентоспособных строительных изделий и конструкций следует предусмотреть на площадках ЖБИ, ДСК и других предприятий в промышленных (районных) центрах региональные помольные цеха мощностью 50–350 тыс. т цемента в год. С учетом экономии на транспорте цемента, возрастающих потребления и стоимости цемента окупаемость капиталовложений в такие цеха составит, в зависимости от объема производства, от двух до четырех лет.

В частности, Мирнинский район Республики Саха (Якутия), крупная алмазная провинция России, в последние годы закупает в ОАО «Якутцемент» только клинкер и производит в своих помольных цехах широкую номенклатуру цементов (от сульфатостойких до высокопрочных) для собственных нужд, добавляя в привозной клинкер местные минеральные добавки [4–5]. На наш взгляд, помольные цеха в первую очередь следует установить в пос. Тикси, находящемся в центре стратегически важного северо-восточного арктического региона страны, в городах Вилюйск и Ленск, находящихся на важных воднотранспортных артериях республики.

Список литературы

1. Бикбау М.Я., генеральный директор ОАО «Московский ИМЭТ». Инновационная нанотехнология цемента // Время инноваций. – Режим доступа: http://time-innov.ru/page/jurnal/2013-2/rubric/2/article/16 (дата обращения 15.10.2015).

2. Домол цемента на месте его использования // Информационно-справочный строительный портал «Все о строительных материалах и строительстве». – Режим доступа: http://www.asbocem.ru/cement07.html (дата обращения 15.10.2015).

3. Местников А.Е. Пенобетон в изделиях и конструкциях. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2013. – 139 с.

4. Федорова Г.Д., Матвеева О.И., Павлюкова И.Р., Васильев И.Г. Высококачественные бетоны для конструкций мостов и гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в климатических условиях Якутии // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону (Москва, 12–16 мая 2014 г.) – Т. 5. – М.: МГСУ, 2014. – С. 72–85.

5. Fedorova G.D., Alexandrov G.N., Yakovlev G.I., Polyanskikh I.S., Pudov I.A. Fine grain portland cement concrete with complex nanodisperse admixture for structure rehabilitating // Sanace a reconstrukce stav 2014, sbornic konferenct / CRRB-16th International Conference on Rehabilitation and Reconstruction of Buildings, sbornic obsornych abstraktu. – Brno: WTA CZ, 2014. – C. 147.

References

1. Bikbau M.Ja., generalnyj direktor OAO «Moskovskij IMJeT». Innovacionnaja nanotehnologija cementa // Vremja innovacij. Rezhim dostupa: http://time-innov.ru/page/jurnal/2013-2/rubric/2/article/16 (data obrashhenija 15.10.2015).

2. Domol cementa na meste ego ispolzovanija // Informacionno-spravochnyj stroitelnyj portal «Vse o stroitelnyh materialah i stroitelstve». Rezhim dostupa: http://www.asbocem.ru/cement07.html (data obrashhenija 15.10.2015).

3. Mestnikov A.E. Penobeton v izdelijah i konstrukcijah. Jakutsk: Izdatelskij dom SVFU, 2013. 139 p.

4. Fedorova G.D., Matveeva O.I., Pavljukova I.R., Vasilev I.G. Vysokokachestvennye betony dlja konstrukcij mostov i gidrotehnicheskih sooruzhenij, jekspluatiruemyh v klimaticheskih uslovijah Jakutii // Beton i zhelezobeton vzgljad v budushhee: nauchnye trudy III Vserossijskoj (mezhdunarodnoj) konferencii po betonu i zhelezobetonu (Moskva, 12–16 maja 2014 g.) T. 5. M.: MGSU, 2014. pp. 72–85.

5. Fedorova G.D., Alexandrov G.N., Yakovlev G.I., Polyanskikh I.S., Pudov I.A. Fine grain portland cement concrete with complex nanodisperse admixture for structure rehabilitating // Sanace a reconstrukce stav 2014, sbornic konferenct / CRRB-16th International Conference on Rehabilitation and Reconstruction of Buildings, sbornic obsornych abstraktu. Brno: WTA CZ, 2014. pp. 147.