

Р.Ш. ЯГУДЕЕВ, Н.У. АЛИЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЦЕМЕНТОВ

Показано, что с увеличением водо-цементного отношения уменьшается плотность и водопроницаемость цементного камня.

Известно, что тампонажные портландцементы при твердении в условиях температуры выше 120 °C и высоком давлении образуют камень низкой прочности и высокой проницаемости. В то же время цементно-песчаные смеси в этих условиях твердеют с образованием высокопрочного и низкопроницаемого камня. Такими же свойствами обладают цементы на шлаковой основе [1, 2].

Из числа «облегченных» цементов низкой проницаемостью обладают тампонажный трепельный цемент и шлако-бентонитовый цемент, высокой – гельцемент. Исследование свойств и структуры порового пространства цементного камня из этих цементов может дать ответ о предпочтительном направлении исследований.

На основе взятого нами цемента были изготовлены цементно-песчаная смесь с молотым чистым кварцевым песком ($S_{\text{песка}} = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$; цемент:песок = 60:40), тампонажный трепельный цемент с молотым измельчённым трепелом ($S_{\text{треп}} = 22000 \text{ см}^2/\text{г}$, цемент:трепел = 60:40), гельцемент с бентонитовой глиной (цемент:глинопорошок = 75:25) и шлако-бентонитовая смесь с той же глиной и таким же соотношением шлака и глинопорошка. Цементные пульпы приготавливались путём затворения водой вышеназванных цементов. Тампонажный портландцемент и цементно-песчаная смесь затворялись при $\text{В/Ц} = 0,5$, остальные – при $\text{В/Ц} = 1$. Водоцементные пульпы заливались в цилиндрические формы 18x18 мм и

Таблица 1. Прочность и водопроницаемость цементного камня из тампонажных растворов после твердения при $T = 200^{\circ}\text{C}$ и $P = 81060 \text{ кПа}$

№ опыта	Состав цемента	В/Ц	Продолжительность твердения, сутки	Предел прочности при сжатии, кгс/см ²	Коэффициент водопроницаемости
1	Тампонажный портландцемент	0,5	7	57	7,77
2	Тампонажный портландцемент	0,5	90	23	11,20
3	Тампонажный портландцемент + кварцевый песок 60:40	0,5	7	440	0,054
4	Тампонажный портландцемент + кварцевый песок 60:40	0,5	90	400	0,060
5	Тампонажный портландцемент + бентонитовая глина 75:25	1,0	7	23	1,21
6	Тампонажный портландцемент + кварцевый песок 60:40	1,0	7	38	0,49
7	Шлак + бентонитовая глина 75:25	1,0	7	78	1,28
8	Шлак + бентонитовая глина 75:25	1,0	90	10	12,3

помещались в автоклав, где выдерживались при температуре 200°C и давлении 800 атм. Высокая температура выдерживания применена в этом опыте с целью изучения пористости конечной структуры (при высокой степени гидратации), которая при высоких температурах достигается в короткие сроки.

После извлечения из автоклава образцы испытывались на водопроницаемость и прочность по вышеописанной методике. Обломки образцов после испытания на прочность обезвоживались в абсолютированном этиловом спирте и эфире, подвергались исследованию методом ртутной порометрии, электронной микрофотографии и рентгеноструктурного анализа. Результаты определения прочности и водопроницаемости приведены в таблице 1.

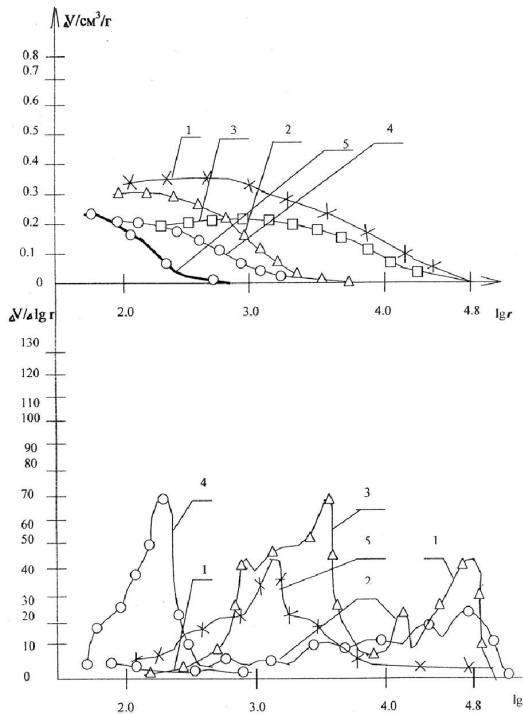
Кривые распределения пор по радиусам для этих проб приведены на рисунках 1 и 2. Сравнение этих кривых с данными таблицы 1 показывает, что высокая проницаемость цементного камня (8-12 мд) связана с наличием в его структуре пор размером более 1 мк, что хорошо согласуется с литературными данными. Значительное содержание пор радиусом 500-5000 А характерно для цементного камня с проницаемостью около 1 мд. Если же преобладает пористость радиусом менее 500 А, то проницаемость цементного камня незначительна – менее 1 мд. Хорошим подтверждением приведённых выше зависимостей между пористостью и проницаемостью цементного камня служат кривые 3 и 4 на рисунке 1. Несмотря на существенное различие в рас-

пределении пор радиусом менее 500 А значения проницаемости цементного камня оказались близкими.

Из числа исследованных облегчённых цементов наиболее благоприятное распределение пор в цементном камне из тампонажного трепельного цемента. Пористость цементного камня из этого цемента равномерна по крупности. Размеры большинства пор лежат в узких пределах 200-1000 А. Несмотря на высокую общую пористость – около 60% – проницаемость цементного камня остаётся достаточно низкой – 0,49. Одно лишь обнаружение этого факта ещё не даёт достаточно данных для выбора направления изыскания цемента для тампонажных растворов низкой плотности.

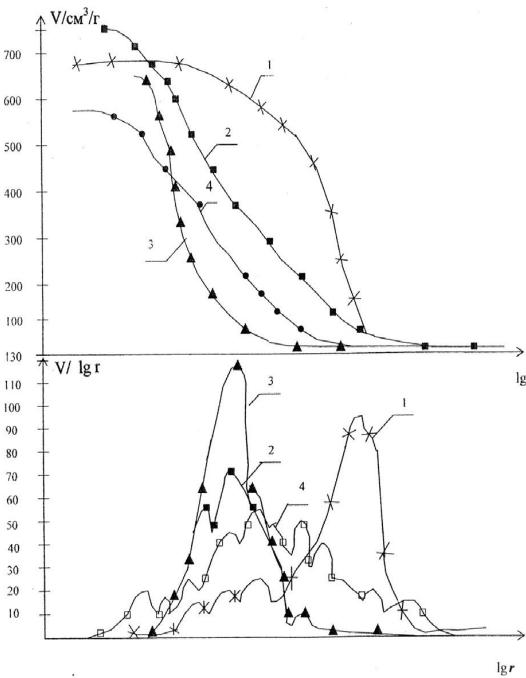
Необходимо выяснить, чем именно обусловлено благоприятное распределение пор по радиусам – присутствием тонкодисперсного материала в исходном вяжущем, формой кристаллов новообразований или их составом. С этой целью были проведены аналогичные исследования с белито-кремнезёмистым цементом (60 вес. частей белитового шлама + 40 вес. частей измельчённого кварцевого песка) и известково-кремнезёмистым вяжущим. Проба белито-кремнезёмистого цемента была отобрана из партии цемента, изготовленного опытным заводом НИИЦемента и применённого при цементировании Араскорской сверхглубокой скважины в Западном Казахстане.

Известково-кремнезёмистое вяжущее было изготовлено в лаборатории совместным помолом



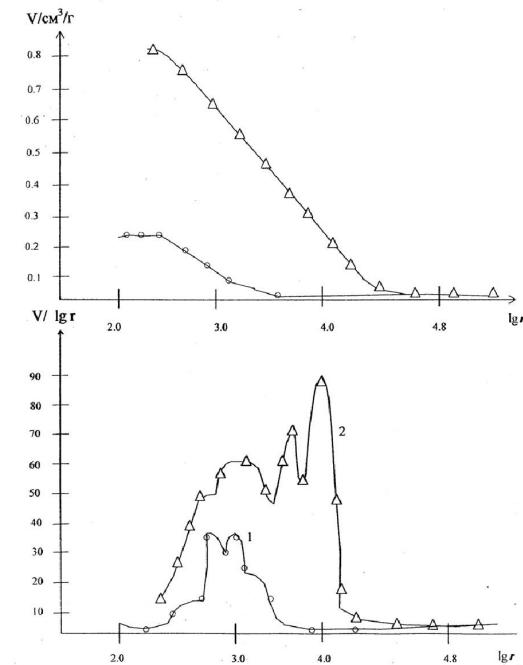
1 – тампонажный портландцемент, 90 суток;
2 – то же, 7 суток; 3 – песчанистый портландцемент,
90 суток; 4 – то же, 7 суток; 5 – тампонажный
портландцемент, 4 суток

Рис. 1. Распределение пор по радиусам в цементном камне при температуре 200°C , $\text{В/Ц}=0,5$



1 – гельцементный раствор, 7 суток; 2 – шлако-
бентонитовый раствор, 7 суток; 3 – тампонаж-
ный трепельный цемент, 7 суток; 4 – шлако-
бентонитовый раствор, 90 суток

Рис. 2. Распределение пор по радиусам в
цементном камне при температуре 200°C ,
 $\text{В/Ц}=1,0$



1 – белито-кремнезёмистый цемент; 2 – известково-
кремнезёмистый цемент, $\text{С/С}=2$

Рис. 3. Кривые распределения пор по радиусам
в цементном камне силикатных материалов

гидроокиси кальция и силикагеля. Соотношение $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ в исходной смеси было равным. Удельная поверхность составляла $12000 \text{ см}^2/\text{г}$. Результаты определения прочности и водопроницаемости для этих двух цементов приведены в таблице 2, кривые распределения пор по радиусам на рисунке 3.

Таким образом, приведённые данные показывают, что применение тонкодисперсного компонента при высокой основности исходной смеси не обеспечивает необходимых свойств и оптимальных размеров пор. В то же время низкая основность исходной смеси в белито-кремнезёмистом цементе обусловила значительно более благоприятное распределение пор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выродов И.П. О некоторых основных аспектах теории гидратации минеральных вяжущих веществ и формирования прочности цементного камня. Л.: Наука, 1968, 146 с.
2. Ягудеев Р.Ш., Алиев Н.У. Исследование структуры цементного камня из различных тампонажных цементов. // Материалы Международной научно-технической конференции «Иновационные пути развития нефтегазовой отрасли Республики Казахстан». Алматы, 2007. - С. 34-35.

Резюме

Тампонажды ерітінділердің тығыздығын су мөлшерін көбейту арқылы тәмендеуі үлкен кеуектердің көбеюіне, су өткізгіштік қасиетінің жоғарылауына және беріктіктің тәмендеуіне әкелетіні анықталды.

Поступила 3.03.2009 г.