

распределению микронапряжений в гранулах, снижению открытой пористости и, следовательно, уменьшению эффективности кристаллизации гематита.

Учитывая проведенные институтом НИИКерамзит исследования, констатирующие, что оптимальной является прочность при охлаждении со скоростью 25⁰/мин, принимаем указанный режим на первом этапе в интервале от максимальной до температуры изотермической выдержки.

Изотермическая выдержка предусмотрена в связи с тем, что скорость кристаллизации расплава сравнительно ниже, принятой на первом этапе скорости охлаждения керамзита, даже при наличии такого катализатора кристаллизации, как шлак.

Температуру изотермической выдержки принимали 1000, 800, 700 и 600⁰С, время - от 10 до 25 мин. Установили, что керамзитовый гравий с различной степенью замены глины шлаком, подверженный в процессе охлаждения выдержке при температуре 700⁰С в течение 15 минут, обладает максимальной прочностью.

Введение в исходные глины отвальных доменных шлаков в количестве 10-80% и последующая изотермическая выдержка обеспечивают повышение прочности полученного на их основе керамзитового гравия в 1,3-1,5 раза, насыпная плотность готового продукта при этом изменяется в пределах одной марки.

Снижение прочности керамзита, наблюдаемое при выдержке при температуре 1000⁰С, объясняется тем, что длительное пребывание керамзита в области температур, обеспечивающих продолжение процесса вспучивания, приводит к образованию крупных сообщающихся пор, понижающих прочность гранул. Падение прочности состоит также в том, что в интервале температур 1200-900⁰С закисное железо оболочки переходит в окисное. Этот переход сопровождается разрыхлением оболочки и падением ее прочности.

Таким образом, из приведенных исследований следует, что для производства высокопрочного глиношлакового керамзита рекомендуется следующий режим охлаждения:

1 этап - от конечной температуры обжига до 700⁰С необходимо охлаждать со скоростью 25-30⁰/мин;

2 этап - выдержка при температуре 700⁰С в течение 15 минут, способствующая получению его оптимального минералогического состава;

3 этап - скорость охлаждения керамзита ниже температуры 700⁰С не лимитируется, так как не оказывает существенного влияния на изменение его прочности.

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ ТОНКОСТЕННОЙ ЦЕМЕНТНОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ

асп. А.С.КОРОЛЕВ, проф. Б.Я.ТРОФИМОВ, доц. Л.Я.КРАМАР

Южно-Уральский государственный университет

Водонепроницаемость материала - его свойство не пропускать воду под определенным давлением через свою толщину в течение длительного времени. Следовательно, характеристика водонепроницаемости включает и пространственный показатель, определяясь не столько количеством воды проникающим в бетон с течением времени, сколько *глубиной проникания* воды при данном избыточном давлении [1, 2, 6].

Таким образом, водонепроницаемость является *не* кинетической или статической, а *динамической* характеристикой материала. Такую характеристику позволяют получить основные методы определения водонепроницаемости бетонов - по «мокрому пятну», по коэффициенту фильтрации воды или газа [4]. Однако основным недостатком этих методов является то, что, определив водонепроницаемость материала в слое одной толщины, невозможно без дополнительных испытаний установить его водонепроницаемость в слое другой толщины, так как в зависимости от толщины эта характеристика изменяется нелинейно [2, 6]. Особенно важно решение этой проблемы при проектировании тонкостенной цементной гидроизоляции, учитывая, что указанными методами затруднительно определить водонепроницаемость материалов с маркой W > 12-14 ат.

Изучение глубины проникания воды при подсосе ее образцом, стоящим на влажной ткани, показало, что капиллярный подсос влаги через единицу площади образца со временем затухает, и в каждый определенный момент времени составляет: $M = m_t/S = \rho I h$, где

ρ - плотность материала, г/см³;

I - максимальное влагосодержание, г/г;

h - высота проникания на данный момент времени t , см.

Достигнув определенной высоты проникания, подсос воды затухает до нуля, характеризуя уравнивание действующих *противонаправленных сил*. Затухание подсоса влаги не вызвано нарушением связности пор, поскольку толща бетона, подсыхающая воду характеризуется одинаковым (максимальным) влагосодержанием в любой точке пропитанного объема.

Что является причиной ограничения капиллярного подсоса в бетоны? Очевидно, что это не сила тяжести подсыхаемой влаги, так как в этом случае даже при завышенных диаметрах макрокапиллярных пор ($10^{-3} \dots 10^{-4}$) м, высота подсоса достигала бы (28...280) м, реально же она составляет (1...20) см. Нельзя говорить и об уравнивании подсоса испарением влаги из капилляров, что опровергнуто Г.П. Вербецким [2]. Влияние атмосферного давления также несоизмеримо мало. Эффект «тупиковых» пор предполагает нарушение связности и непрерывности пор в бетоне, что противоречит экспериментальным данным.

Исключив указанные предположения и рассмотрев явление водопроницаемости с позиции *движения влаги*, можно говорить о *прогрессирующей* силе противодействия этому движению, вызываемому лиофильностью стенок тонких проницаемых капилляров [2]. Условие неразрывности потока ставит необходимым для дальнейшего проникания воды передвижение *всего объема* поглощенной данным капилляром *влаги* по касательной к его стенкам на длину проникания, что приводит к возникновению *противоусилия*, вследствие тех или иных причин - четочности капилляров, вязкого трения воды в тонких капиллярах и т. д. [1, 2, 3]. Это противоусилие возрастает по мере увеличения высоты подсоса и, следовательно, площади контакта воды со стенками капилляров.

Исходя из вышеизложенного и учитывая, что водонепроницаемость цементного материала определяется водонепроницаемостью системы «сквозных» макрокапиллярных пор (диаметром $>10^{-5}$ см) в его теле [2, 7], было выведено уравнение баланса давлений в данный момент t в насыщаемом жидкостью бетоне: $\sigma \cos \theta / (V_c h_6) = \rho_v d/4 dw/dt + T$, где

- σ - сила поверхностного натяжения проникающей жидкости;

- θ - угол смачивания стенок капилляра проникающей жидкостью;

- V_c - объемное содержание влагопроницаемых, макрокапиллярных пор («сквозной» пористости [7]) в бетоне, л/л;

- h_6 -глубина капиллярного подсоса в данный момент времени t , м;

- ρ_v - плотность воды, кг/м³;

- d - эффективный диаметр капилляров, м [4];

- dw/dt - ускорение движения жидкости в капилляре, м/с²;

- T - потенциальное противодействие системы водопроницаемых макрокапилляров бетона, Па.

Первая составляющая в данном уравнении представляет собой давление подсыхающих лиофильных сил, вторая - инерционное давление.

Зададимся экстремальным условием: в некий момент t , когда влагоподсос останавливается, $dw/dt=0$. Тогда: $\sigma \cos \theta / (V_c h_{\max}) = T$. Задавшись $\cos \theta = 1$ для идеально смачиваемого материала [3], можно определить значение противодействия, которое можно считать постоянным при любом внешнем давлении.

Для случая приложения избыточного внешнего давления жидкости ΔP общее уравнение принимает вид: $\Delta P + \sigma \cos \theta / (V_c h_6) = \rho_v d/4 dw/dt + T$

при $dw/dt = 0$: $\Delta P + \sigma \cos \theta / (V_c h_\delta) = T$

Исходя из этого, можно предложить следующую методику определения величины жидкостной проницаемости цементных бетонов.

1. Расчет значения *противодавления системы пор* материала:

$T = \sigma \cos \theta / (V_c h_{\max})$, где h_{\max} - максимальная глубина капиллярного подсоса при отсутствии избыточного давления, м (время испытания - 24ч).

2. Расчет максимальной глубины капиллярного подсоса при приложении определенного избыточного давления ΔP : $h_{\max} = \sigma \cos \theta / [V_c(T - \Delta P)]$

3. Примерный расчет максимального удерживаемого избыточного давления при заданной δ - рабочей толщине бетона (при условии, что инерционное давление незначительно): $\Delta P = T - \sigma \cos \theta / (V_c \delta)$.

Таблица

Сравнительные данные по водонепроницаемости цементных материалов, определенной стандартным и разработанным методами

№№ п.п.	Состав раствора/бетона	h_{\max} , м	V_c , л/л	T, ат	δ , м	ΔP -расчетный, ат	a_s , см ² /с	W, ат /4/
1	Ц:П:Щ=1:2:4, В/Ц=0.7	0.080	0.150	0.6	0.15	0.3	0.530	-
2	Ц:П:Щ=1:2:4, В/Ц=0.5	0.035	0.064	3.3	0.15	2.53	0.290	2
3	Ц:П:Щ=1:2:4, В/Ц=0.45	0.025	0.052	5.7	0.15	4.8	0.196	4
4	Ц:П=1:2, В/Ц=0.47	0.030	0.051	4.9	0.15	4	0.217	4
5	Ц/П=1:2, В/Ц=0.42	0.025	0.033	8.9	0.15	7.4	0.110	6
6	Ц/П=1:1.6, В/Ц=0.43	0.025	0.055	5.4	0.15	4.5	0.195	4
7	Ц/П=1:1.6, В/Ц=0.43	0.015	0.025	19.7	0.15	17.8	0.020	16
	с уплотнителем, 3 сут				0.02	2	0.230	2
8	Ц/П=1:1.6, В/Ц=0.43	0.010	0.021	37	0.15	34.5	0.005	>20
	с уплотнителем, 28 сут				0.02	18.5	0.012	18

В результате разработана ускоренная методика, которая позволяет определять марку по водонепроницаемости в рабочем направлении для цементных материалов определенной толщины, при использовании экспресс-метода определения показателя проницаемой макрокапиллярной пористости [4, 5, 7]. В табл. приведены сравнительные данные расчета и стандартных испытаний по воздухопроницаемости (a_c - коэффициент воздухопроницаемости). В предлагаемой методике учитывается поверхностное натяжение и угол смачивания фильтрующейся жидкости.

Все вышеизложенное вероятно справедливо при условии гидрофильности вещества стенок капилляров, то есть для материалов, в которых не использовались гидрофобные добавки.

Библиографический список

1. Бовин Г.П. Возведение водонепроницаемых сооружений из бетона и железобетона. - М.: Стройиздат, 1969 г. - 260с.
2. Вербцкий Г.П. Прочность и долговечность бетона в водной среде. - М.: Стройиздат, 1976 г. - 128с.
3. Вода в дисперсных системах/Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, Ф.Д. Овчаренко и др. - М.: Химия, 1989г. - 288с.
4. ГОСТ 12730.5-84. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.
5. Коломиец В.К. Определение пористости цементных систем по их насыщению/Журнал прикладной химии №6, 1979г.
6. Чеховский Ю.В. Понижение проницаемости бетона. М.: Энергия, 1968 г. - 192с.
7. Шаровар М.К., Саввина Ю.А., Бруссер М.И. Исследование проницаемости бетонов и параметров поровой структуры. - «Труды НИИЖБ Госстроя СССР», 1977, вып.29, с.73-82