

ский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие и изделия. - М.: Госстройиздат, 1960, с. 17-68. 3. Способ получения высокопрочных облицовочных плит из гипса / В.Г.Каменский, Г.С.Рапгунович, И.М.Ляшкевич и др. - Строит. материалы, 1979, № 6, с. 19. 4. Юшкевич М.О., Забежинский Я.П., Смирнова И.А. Гидрофобизация гипса с помощью кремнийорганических добавок. - В кн.: Сб. трудов. ВНИИ железобетон. М.: Стройиздат, 1957, вып. 1, с. 98-107. 5. Черная Л.Г., Скачкова Г.Б., Потапова И.Л. Технология изготовления высокопрочных гипсовых материалов с уменьшенной адгезией пыли. - В настоящем сборнике, с. 82 - 86.

УДК 666.972

Л.В.Красулина (БПИ)

СТРУКТУРНЫЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРОЧНОСТИ

В настоящей работе предлагается метод расчета структурных характеристик тела на основании зависимостей потенциала влагопереноса от влагосодержания и температуры в гигроскопической области. Ранее получены аналитические соотношения, устанавливающие взаимосвязь между термодинамическими параметрами массопереноса и дифференциальной характеристикой поровой структуры тела [1]. На основании выражений для химического потенциала μ в гигроскопической области и уравнения Кельвина—Томпсона [2] определена формула, связывающая производную объема пор по радиусу $dW/(dr)$, удельную изотермическую массоемкость c_m и химический потенциал μ

$$\frac{dW}{dr} = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial U}{\partial \mu} \right)_T \frac{\mu^2(U)_T}{A} = \frac{1}{A\rho} c_m \mu^2(U)_T, \quad (1)$$

где U - удельное влагосодержание; ρ - плотность сорбированной жидкости, кг/м³; σ - поверхностное натяжение жидкости, Н/м; V - молярный объем, м³/моль; T - абсолютная температура, К; $A = 2\sigma V = \text{const}$.

Из соотношения (1) следует, что $c_m = (\rho/A)r^2(dW/dr)$.

На основании уравнения Кельвина—Томпсона, выражения для термоградиентного коэффициента [2]:

$$\delta = \left. \frac{dU}{dT} \right|_{j=0}$$

и зависимости влагосодержания от дифференциальной характеристики пор [2]

$$U = \rho \int_{r_0}^{r_{\max}} \frac{dW}{dr} dr$$

получено соотношение, связывающее величину δ с производной объема пор по радиусу:

$$\delta = r\rho \left(\frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma}{dT} - \frac{1}{T} - \frac{1}{\ln \varphi} \frac{d \ln \varphi}{dT} \right) \frac{dW}{dr}. \quad (2)$$

Полученные соотношения (1) и (2) позволяют рассчитать структурную характеристику $dW/(dr)$ материала исходя из значений термодинамических параметров массопереноса: c_m, μ и δ . Значения c_m и δ определяются при этом по зависимости $\mu(U, T)$.

Для определения взаимосвязи термодинамических параметров массопереноса и структурных свойств капиллярно-пористых тел были исследованы [1] химический потенциал, удельная изотермическая массоемкость и поровая структура методом М.М.Дубинина [3] для восьми силикагелей эталонного ряда по данным А.В.Киселева [4]. Зависимости $\mu(U)_T$ определялись по изотермам десорбции силикагелей. Установлено, что характер зависимостей $c_m(U)_T$ соответствует ходу кривых $(dW/(dr))(r)$, а средняя величина c_m пропорциональна полному поровому объему материала. Получено полное соответствие результатов расчета дифференциальной характеристики поровой структуры силикагелей по известному методу М.М.Дубинина и по соотношению (1).

Цель настоящей работы – определить структурные свойства образцов стандартного и пресованного цементного камня в результате исследования термодинамических параметров на основании полученных зависимостей.

Объектами исследования явились образцы, полученные из цементного теста нормальной плотности путем пресования по способу [5] и стандартного твердения в нормальных условиях. Использовался цемент Кричевского завода марки 400. Образцы обезвоживались с помощью абсолютизированного спирта и выдерживались при температуре 378 К до постоянного веса. Через трое суток прочность стандартных образцов составляла 10–12 МПа, а пресованных – 110–120 МПа. Для определения структурных свойств материалов снимались изотермы сорбции-десорбции (рис. 1), по которым рассчитывались параметры μ и c_m . Из представленных графиков очевидно, что максимальное сорбционное влагосодержание стандартных образцов ($U_c \sim 0,2$) почти в 3 раза превышает значение $U_c \sim 0,7$ для прес-

сованных образцов, что говорит о резком различии их влагоаккумулирующей способности.

Полученные изотермы сорбции и десорбции дают возможность определить форму пор, преобладающую в данном материале. Для этого необходимо рассмотреть зависимость относитель-

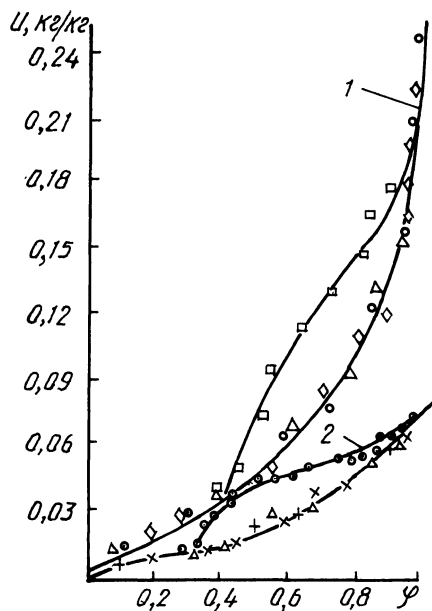


Рис. 1. Изотермы сорбции-десорбции цементного камня:
1 — нормального твердения; 2 — прессованного.

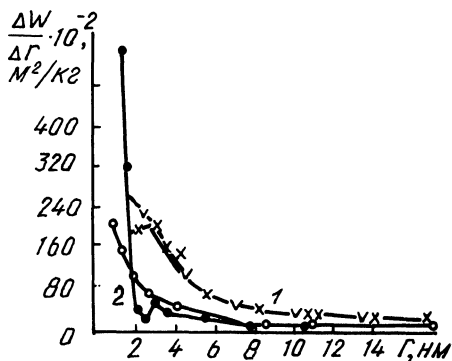
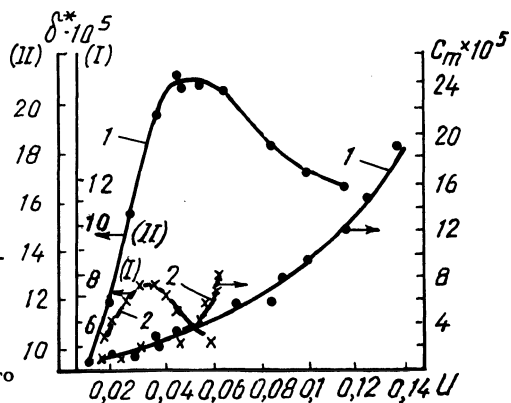


Рис. 2. Кривые распределения пор по радиусу, рассчитанные по методу Дубинина (•, x) и по формуле (1) (o, x):
1 — цементного камня нормального твердения; 2 — прессованного цементного камня.

Рис. 3. Зависимость удельной изотермической массоемкости и термоградиентного коэффициента от влагосодержания:
1 — для цементного камня нормального твердения; 2 — для прессованного цементного камня.



ного давления вдоль адсорбционной ветви p_a от относительного давления вдоль десорбционной ветви p_d . Как известно [6], для цилиндрических пор, открытых с двух сторон, справедливо соотношение $p_a^2 = p_d$; для конических и цилиндрических открытых с одной стороны пор — $p_a = p_d$, так как в этом случае нет гистерезиса, а "бутылкообразные" поры приводят к соотношению $p_a^2 > p_d$.

Для исследованных материалов получена зависимость $p_a^2 > p_d$, что отвечает "бутылкообразным" порам.

Расчет структурных характеристик выполнен на основании сорбционных данных по методу М.М.Дубинина [3] при постоянной толщине адсорбционной пленки с учетом ее изменения и по формуле (1). В области пор от 4 до 20 нм полученные значения находятся в хорошем соответствии друг с другом, а в области малых радиусов пор от 4 до 1,5 нм эти значения становятся несоизмеримыми (рис. 2) за счет того, что большая часть малых пор занята адсорбционной пленкой.

Из рис. 2 видно, что образцы нормального твердения по своим структурным характеристикам значительно отличаются от полученных по технологии [5]. Поровая структура образцов цементного камня в интервале радиусов пор 10–20000 нм была исследована методом ртутной порометрии. Общий объем пор с радиусом до 20000 нм приблизительно в 4 раза больше для образца нормального твердения по сравнению с образцами цементного камня, полученного в результате прессования. При этом объем пор с радиусом от 4 нм и ниже намного меньше для образца нормального твердения по сравнению с объемом пор такого же размера образцов повышенной прочности. Это хорошо объясняет различие в прочностных характеристиках исследованных образцов.

На рис. 3 представлены зависимости $\delta(U)$, $c_m(U)$, определенные на основании сорбционных изотерм для образцов цементного камня. Кроме того, термоградиентный коэффициент рассчитывался также и по соотношению (2). Очевидно, что стандартные образцы характеризуются значительно большими величинами c_m и δ , чем прессованные. Это свидетельствует о различных качественных особенностях исследованных материалов: способности к поглощению сорбционной влаги при различных температурных изменениях. Таким образом, в результате исследования и расчета параметров c_m и δ (рис. 3) определены качественные особенности материалов: установлено, что прессованные образцы обладают меньшей влагоаккумулирующей способностью и могут быть использованы в условиях более резких температурных изменений, чем стандартный цементный камень.

Л и т е р а т у р а

1. Каменский В.Г., Раскина Е.А., Черная Л.Г., Красулина Л.В. Исследование термодинамических параметров массопереноса капиллярно-пористых тел в зависимости от их структуры. – В кн.: Теплофизика и технология сушильно-термических процессов. Минск: ИТМО АН БССР, 1975, с. 66–75. 2. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968, с. 79, 74, 34. 3. Дубинин М.М. Методы вычисления статистического распределения объема и поверхности пор сорбентов на основании сорбционных измерений. – В кн.: Методы исследования структуры высокодисперсных и пористых тел. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 107–116. 4. Экспериментальные методы адсорбции и молекулярной хроматографии / Под ред. А.В.Киселева, В.В.Древинга. – М.: Изд-во МГУ, 1973, с. 115–214. 5. А. с. 528279 (СССР). Способ приготовления искусственного камня / В.Г.Каменский, И.М.Ляшкевич, Г.С. Раптунович и др. – Оpubл. в Б. И., 1976, № 34. 6. Жданов С.П. Применение теории капиллярной конденсации для исследования структуры пористых адсорбентов. – В кн.: Методы исследования структуры высокодисперсных и пористых тел. М.: Изд-во АН СССР, 1953, с. 114–112.

УДК 691.311:620

Г.С.Раптунович, канд. техн. наук (БПИ),
А.Д.Лобанок (НИИСМ), А.Б.Устимович (БПИ)

ОСОБЕННОСТИ ГИДРАТАЦИИ ПРЕССОВАННОГО ГИПСОВОГО КАМНЯ

Одна из причин низкой прочности изделий на основе гипса – чрезвычайно быстротекущий и рано заканчивающийся процесс гидратации, не обеспечивающий условия упрочнения сформировавшейся на начальной стадии твердения низкопрочной структуры. В работе [1] показано, что по скорости гидратации минеральные вяжущие вещества можно расположить следующим образом:
 $\beta\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{C}_3\text{A} > \text{C}_4\text{AF} > \text{C}_3\text{S} > \beta\text{C}_2\text{S}$.

В связи с этим значительный интерес представляло исследование скорости гидратации в гипсовых образцах, сформованных под давлением с одновременным удалением избыточной влаги по способу [2], в сравнении с образцами стандартного твердения (литыми). Указанный способ позволяет получать изделия высокой прочности при относительно умеренных значениях прессуемого давления.

О скорости гидратации в самые ранние сроки твердения су-