

ментом ускоряет развитие структуры твердой фазы прессованного гипсового камня во времени.

### Л и т е р а т у р а

1. Раптунович Г.С. К прочности гипсового камня. - В кн.: Массоперенос при получении высокопрочных строительных материалов. Минск: ИТМО АН БССР, 1978, с. 63-74. 2. Способ получения высокопрочных облицовочных плит из гипса / В.Г.Каменский, Г.С.Раптунович, И.М.Ляшкевич и др. - Строит. материалы, 1979, № 6, с. 19. 3. Устимович А.Б., Пилецкий В.И. Особенности формирования структуры высокопрочного гипсового камня. - В кн.: Материалы XI Всесоюз. конф. по электронной микроскопии: Физика. М., 1979, т. 1, с. 121. 4. Черная Л.Г. К вопросу об адгезии мелкодисперсных частиц к поверхности материалов на основе гипсового вяжущего. - В кн.: Тепломассоперенос в процессах структурообразования и гидратации вяжущих веществ. Минск: ИТМО АН БССР, 1981, с. 72-80.

УДК 666.815.4

Л.Г.Черная, канд. техн. наук,  
Г.Б.Скачкова, И.Л.Потапова (БПИ)

### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С УМЕНЬШЕННОЙ АДГЕЗИЕЙ ПЫЛИ

Создание высокопрочных строительных материалов на основе гипса и его сочетания с другими вяжущими - важнейшая проблема строительной индустрии. В результате исследований [1-3] разработан способ получения высокопрочного гипсового камня (прочность на сжатие составляет 60-90 МПа) путем прессования пластичных смесей при низких значениях прессующего давления с одновременным удалением из смеси избыточной влаги. На основании этого способа создана технология изготовления облицовочных гипсовых плит, заменяющих плиты из природных декоративных материалов, применяющихся на отраслевых предприятиях. В связи с необходимостью создания чистой обеспыленной атмосферы в помещениях ряда предприятий предъявляются специальные требования к свойствам облицовочных материалов относительно их пылеудерживающей способности. Поэтому создание высокопрочного и водостойкого материала с определенными адгезионными свойствами поверхности практически необходимо.

Адгезия частиц пыли и порошков к твердой поверхности обусловлена молекулярными, капиллярными и электрическими силами [4]. Анализ экспериментальных данных [4] показал, что дисперсионное взаимодействие максимально для молекул одинаковой полярности и минимально для молекул разной полярности. Изменения молекулярного взаимодействия могут быть достигнуты путем модификации контактирующих тел. Степень модификации зависит от обработки контактирующей поверхности определенными поверхностно-активными веществами и контролируется по величине краевого угла смачивания  $\theta$ . Молекулярная и капиллярная силы адгезии определяются значением  $\theta$ . Установлено, что с увеличением  $\theta$  твердой поверхности силы адгезии частиц падают. Например, возрастание  $\theta$  от  $33^\circ$  до  $95^\circ$  приводит к уменьшению средней силы адгезии на 2,5 порядка для стеклянных частиц диаметром  $2 \cdot 10^{-5}$  м к стеклянной поверхности. Таким образом, краевой угол смачивания является физической характеристикой, которая оценивает силу адгезии мелкодисперсных частиц, в том числе пыли, к твердой поверхности материала.

В настоящей работе исследована технология получения высокопрочных материалов, обладающих слабой адгезией частиц, на основе гипса и смешанных вяжущих. Объектами исследования явились образцы в форме цилиндрических таблеток диаметром 0,03 м, высотой 0,009 м. Таблетки изготавливались прессованием пластичной смеси нормальной густоты с одновременным удалением избыточной влаги по способу [3]. Модификация поверхности исследуемых образцов осуществлялась введением в материал различных поверхностно-активных веществ (ПАВ) [5]. В качестве вводимых добавок выбирались вещества, содержащие крупные асимметрично-полярные молекулы и способные при адсорбции на гидрофильной поверхности ориентироваться в строгом порядке. К числу таких ПАВ относятся, например, кремнийорганические соединения, которые способствуют образованию прочной гидрофобной пленки на поверхности материала, что приводит к уменьшению адгезии мелкодисперсных частиц.

При изготовлении прессованных образцов в воду затворения вводились гидрофобизаторы определенных концентраций. Образцы состояли из следующих композиций (с гидрофобизирующими добавками): гипса (100%), извести (2–5%); гипса (30–65%), доменного шлака (30–65%), извести (2–5%); гипса (50%), доменного шлака (30%), трепела (15%), извести (5%). Сухие смеси вяжущих готовились вручную путем перемешивания в течение 2–5 мин. Гашеная известь вводилась в воду затворения

с растворимыми гидрофобизирующими добавками. Сухие смеси затворяли водой из расчета получения теста нормальной густоты. Затем пластичную смесь прессовали с одновременным удалением избыточной влаги через фильтрующую поверхность при низких значениях прессующего давления. Образцы на основе гипса хранились на воздухе, гипсошлаковые образцы с добавками - в воздушно-влажной среде с относительной влажностью воздуха 95-100%.

Исследованы прочностные и адгезионные свойства полученных образцов со следующими добавками различных концентраций: силикатным клеем, продуктом разгонки раствора моноэтаноламина (КОМЭА), тальком, окисью меди, стеариновой кислотой, углеродом, глицерином, серой, бурой, органическими пластификаторами, алюминиевой пудрой и некоторыми кремнийорганическими соединениями.

В результате исследований установлено, что прочность на сжатие прессованного материала составляла 30-70 МПа в возрасте 28 сут. Образцы из чистого гипса без добавок обладают гидрофильной поверхностью. Капли воды растекаются, свободная поверхностная энергия на границе твердое тело - газ имеет большее значение, чем на границе твердое тело - жидкость. Краевой угол смачивания  $\theta$  равен 0 для гипсовых образцов без добавок. Введение определенных реагентов в материал приводит к модификации его поверхности и изменению гидрофобных свойств в различной степени в зависимости от вида и концентрации соответствующей добавки. Например, введение серы и буры неэффективно. Применение жидких органических пластификаторов, разработанных ИОНХ АН БССР, позволило получить значение  $\theta \sim 55^\circ$ . При объемном введении в материал силикатного клея (2-5%); КОМЭА (2-5%); талька (2-5%), окиси меди (2-5%), стеариновой кислоты (0,5-2%), углерода (1-5%), глицерина (1-5%), алюминиевой пудры (0,5-2%) в наибольшей степени снижается адгезия частиц к образцам с добавкой 1,5% глицерина ( $\theta = 63^\circ$ ), в остальных случаях величина  $\theta$  изменяется незначительно (от 19 до 45°). Наилучшими гидрофобизаторами явились кремнийорганические соединения Д-1 и Д-2. Гипсовые образцы и образцы на основе смешанных вяжущих с этими добавками характеризовались максимальным значением краевого угла смачивания поверхности порядка (85-110°), а следовательно, и минимальной пылеудерживающей способностью.

Для оценки электрических сил адгезии исследовались удельное объемное  $\rho_V$  и поверхностное  $\rho_S$  сопротивления, а также поверхностный заряд полученных образцов соответственно на

электрическом гераомметре ЕК-6 и электрометрическом вольтметре ВК2-16. Электрические силы адгезии частиц определяются способностью исследуемого материала накапливать заряды статического электричества, т. е. непосредственно зависят от значений объемного и поверхностного сопротивлений. Кроме того, кулоновская сила взаимодействия частиц с образцом определяется значением поверхностного заряда образца  $q_S$ . Известно, что диэлектрики, для которых  $\rho_V$  составляет  $10^{15} - 10^{17}$  Ом·см, а  $\rho_S \sim 10^{14} - 10^{16}$  Ом, характеризуются высокой степенью электризации: заряды статического электричества, сообщенные диэлектрическим материалам, за счет низкой электропроводности закрепляются на поверхности. Если значение  $\rho_V$  материалов не превышает  $10^6$  Ом·см, то они практически не электризуются и не накапливают зарядов, притягивающих частицы пыли. Материалы с удельным объемным сопротивлением  $10^9 - 10^{10}$  Ом·см не накапливают заметного количества электрических зарядов за счет их утечки и рассеяния.

Установлено, что гипсовые образцы без добавок обладали значениями  $\rho_V \sim 7 \cdot 10^9$  Ом·см и  $\rho_S \sim 5,8 \cdot 10^{10}$  Ом. Введение добавки Д-1 приводило к уменьшению значений  $\rho_V$  до  $2 \cdot 10^9$  Ом·см и  $\rho_S$  до  $25 \cdot 10^9$  Ом, а Д-2 - к увеличению  $\rho_V$  до  $13 \cdot 10^9$  Ом·см,  $\rho_S$  до  $15 \cdot 10^{10}$  Ом. Плотность поверхностного заряда  $q_S$  гипсовых образцов без добавок составляла  $0,13 \cdot 10^{-8}$  Кл/м<sup>2</sup>. Максимальное значение  $q_S$  образцов с добавками составляло  $0,4 \cdot 10^{-8}$  Кл/м<sup>2</sup>. Эти данные чрезвычайно малы. Следовательно, электрические силы адгезии частиц пыли за счет кулоновского взаимодействия для исследованных образцов без добавок и с указанными выше гидрофобизирующими добавками должны быть незначительны.

В результате исследования краевого угла смачивания и электрических характеристик прессованных образцов на основе гипса и смешанных вяжущих следует, что введение в пластичную смесь определенных гидрофобизирующих добавок приводит к значительному уменьшению сил адгезии мелкодисперсных частиц к поверхности материала. Таким образом, разработана технология получения материала, обладающего высокими показателями прочности и слабой адгезией пыли к поверхности.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ляшкевич И.М., Самцов В.П., Сушкевич В.Г. Получение высокопрочных строительных материалов. - В сб.: Тепло- и массоперенос. Минск: ИТМО АН БССР, 1978, с. 55-57.
2. Раптунович Г.С. Исследование процесса структурообразования гипса. - В сб.: Тепло- и массоперенос. Минск: ИТМО АН

БССР, 1978, с. 47-49. 3. Способ получения высокопрочных облицовочных плит из гипса / В.Г.Каменский, И.М.Ляшкевич, Г.С.Раптунович и др. - Строит. материалы, 1979, № 6, с. 19. 4. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков. - М.: Химия, 1976, с. 64-72, 205-209, 243-248. 5. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. - М.: Стройиздат, 1969, с. 116-121.

УДК 536.2

Л.В.Красулина (БПИ)

### ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЕЮЩЕГО БЕТОНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРАХ ТЕРМООБРАБОТКИ

Для разработки методов управления процессом термообработки строительных материалов без снижения их качества необходимо знать закономерности структурообразования и изменения тепловых свойств этих материалов в процессе обработки.

Экспериментальные исследования физико-механических свойств твердеющих бетонов проводились на образцах следующего состава: 1:2,5 (цемент : песок) на портландцементе марки 400 Кричевского завода с водоцементным отношением 0,45; 40% цементного клинкера замешали тонкомолотым кварцевым песком. Образцы термообработывали в индукционном автоклаве [1].

Свежеотформованные образцы обжимались путем повышения давления среды в автоклаве до 0,2-0,4 МПа. Это позволило исключить стадию предварительной выдержки твердеющего материала и проводить интенсивный нагрев образцов со скоростью 70-87 град/ч без риска ухудшения качества изделий.

Термообработка при температуре 403 К, 423 К и избыточном давлении среды 0,4 МПа, 0,6 МПа соответственно позволила за 6-8 ч получить образцы с отпускной прочностью 60-80% от марочной, к 28-суточному возрасту их прочность приближалась к марочной.

Продолжительность изотермической выдержки при температуре 448 К и избыточном давлении среды 0,96 МПа изменялась от 3 до 4 ч, а прочность полученных образцов превысила марочную.

Сведения об изменениях поровой структуры термообрабатываемого материала позволяют уяснить процесс твердения. Кинетику структурообразования можно проследить, изучая характеристики пористости. При этом важное значение имеет объем содержащихся в бетоне пор разных размеров.