

УДК 691.015.42

М.С.ЗОЛОТОВ, канд. техн. наук, А.А.ШЕЛКОВИН

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

СТОЙКОСТЬ И ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

Приводятся результаты физико-механических характеристик жидкостекольных композиций, разработанных авторами, при воздействии на образцы разбавленных и концентрированных кислот.

Наводяться результати фізико-механічних характеристик рідкоскляних композицій, розроблених авторами, при впливі на зразки розведених і концентрованих кислот.

The results of physical and mechanical characteristics of liquid-glass compositions, developed by authors, when influence to samples of diluted and concentrated acids, are given.

Ключевые слова: жидкое стекло, акриловый компаунд, фурфуроловый спирт, кислотостойкость, проникаемость, прочность.

Кислотостойкие растворы на основе жидкого стекла широко применяются в промышленном и коммунальном строительстве, а также при ремонте и реконструкции промышленных объектов для защиты конструкций и сооружений от кислых агрессивных сред [1-3].

Стойкость жидкостекольных композиций в кислых агрессивных средах является обязательным условием их применения в практике. Известно, что кислотоупорные цементы противостоят действию всех органических и неорганических кислот, исключая плавиковую, кремне-фтористоводородную и горячую фосфорную. По мнению П.Н. Григорьева и М.А. Матвеева [4], наивысшая кислотостойкость наблюдается у цементного камня с кварцевым наполнителем. Оптимальные параметры жидкого стекла: модуль – 3,9...4,0; плотность – 1,3...1,35 г/см³. Однако смеси с таким жидким стеклом очень быстро схватываются, что исключает их практическое использование. Составы жидкостекольных композиций подбирают исходя из условий наименьшего расхода жидкого стекла, соблюдения хорошей удобоукладываемости и высокой плотности раствора или бетона. В качестве вяжущего применяют водорастворимое натриевое или калиевое стекло плотностью 1,38-1,40 [5].

Исследовались разработанные авторами составы кислотостойких, безусадочных полимерсиликатных бетонов с добавками оксида алюминия, алюминиевой пудры, каолининовой глины, алюмотермического шлака, а также с добавкой акрилового компаунда и фурфуролового спирта [6-11]. Для изготовления разработанных композиций применялось жидкое стекло с модулем 2,88 и плотностью 1,4 т/см³, что, в соче-

тании с использованием кварцевого микронаполнителя, в наибольшей степени способствовало повышению их кислотостойкости.

В настоящей работе изучалась кислотостойкость порошков цементного камня как обычных составов, так и без кварцевого микронаполнителя, приготовленных после твердения в течение года. Испытания цементного камня без микронаполнителя позволили оценить кислотостойкость собственно полисиликатов, а также роль активных добавок в процессах поликонденсации жидкого стекла.

Данные о кислотостойкости цементного камня различных составов приведены в таблице.

Кислотостойкость цементного камня

Вид состава	Без кварца	С кварцем
Контрольный состав	23,55	87,98
Состав I с добавкой оксида алюминия, алюминиевой пудры, каолининовой глины	66,17	90,12
Состав II с добавкой алюмотермического шлака	70,33	88,97
Состав III с добавкой каолининовой глины и алюмотермического шлака	65,13	90,58
Состав IV с добавкой акрилового компаунда	-	91,14
Состав V с добавкой фурфуролового спирта	-	91,34

Как видно из таблицы, кислотостойкость затвердевшей смеси жидкого стекла с кремнефторидом низка – 23,55 %. Отсюда следует, что роль мелкодисперсных добавок весьма велика для формирования полноценной структуры и обеспечения высокого качества материалов, в том числе кислотостойкости. Из представленных данных ясно, что кислотостойкость цементного камня без кварцевого микронаполнителя с введением мелкодисперсных добавок алюмотермического шлака и каолининовой глины значительно возрастает, что вызвано, по-видимому, модификацией процессов твердения и увеличением молекулярного веса продуктов поликонденсации силикатов жидкого стекла. Поэтому формирование совершенной структуры жидкостекольного цементного камня в принципе возможно и без введения минеральных наполнителей. Роль же кварцевого и других высококислотостойких наполнителей заключается, помимо модификации процессов и продуктов твердения, в повышении кислотостойкости цементного камня за счёт инертности самого наполнителя.

Анализ полученных данных показывает, что введение каолининовой глины в оптимальных количествах несколько повышает кисло-

стойкость композиций. Так, кислотостойкость цементного камня состава III (по 10 % шлака и каолининовой глины) составляет 90,58 % по сравнению с 88,97 % у состава II (10 % шлака), хотя кислотостойкость глины ниже, чем шлака. Это вызвано дополнительным активным влиянием каолининовой глины на процессы твердения и увеличением степени поликонденсации жидкого стекла. Кислотостойкость цемента состава I с добавками оксида алюминия и каолининовой глины – 90,12 %. Наиболее кислотостойки составы IV и V – 91,14 % и 91,34 % соответственно. В целом составы имеют кислотостойкость на 1-3,5 % выше контрольного.

При введении в композиции кварцевого песка и гранитного щебня стойкость материалов несколько возрастает, поскольку кислотостойкость песка составляет 99,70 %, а щебня – 95,52 %. Действительно, кислотостойкость бетонов K, I, II и III повысилась до 90,3; 91,88; 90,02 и 93,07 % соответственно. Стойкость бетонов IV и V составила 93,65 % и 93,86 %.

В целом предлагаемые композиции являются стойкими как в разбавленных, так и в концентрированных кислотах.

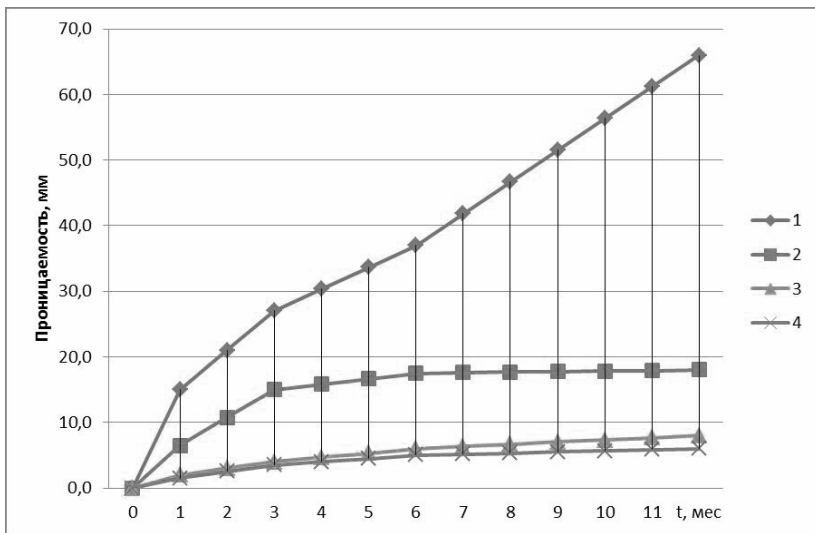
Проницаемость жидкостекольных материалов служит определяющим критерием при сооружении антикоррозионной защиты того или иного промышленного объекта, и возрастает при уменьшении концентрации кислоты.

В настоящей работе исследовалась проницаемость материалов в 10 % растворе серной кислоты (рис. 1), поскольку сернокислая среда наиболее часто встречается при эксплуатации сооружений чёрной и цветной металлургии, энергетической и химической промышленности.

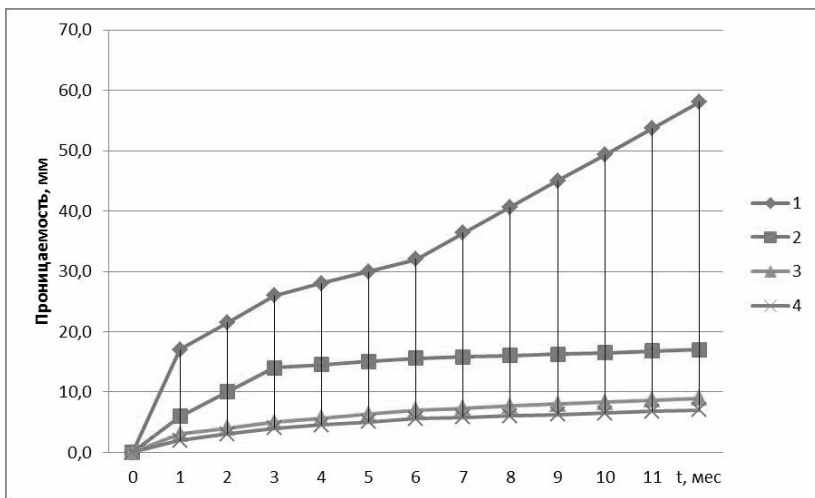
Проницаемость образцов контрольного состава в этом растворе весьма велика и составляет 37 мм для раствора и 32 мм для бетона после 6 месяцев пребывания в кислоте; после первого года – 66 и 58 мм соответственно (рис. 1).

Введение 10 % алюмотермического шлака (состав II) резко снижает величину проницаемости цементного камня, что обусловлено, очевидно, изменением характера и формы пор при выделении газа. При этом возникают более мелкие поры сферической формы, а сквозные поры и капилляры кольматируются при расширении, вызванном газообразованием. Однако общая пористость возрастает, что и обуславливает высокий уровень проницаемости, неприемлемый на практике.

Дополнительное введение 10 % каолининовой глины (цементы III) приводит к дальнейшему значительному снижению проницаемости. Роль глины как уплотняющей и кольматирующей добавки к гид-



а)



б)

Рис. 1 – Проницаемость расширяющихся жидкостекольных композиций в 10 % растворе серной кислоты:

а) растворы: 1 – состав К; 2 – состав III; 3 – состав IV; 4 – состав V;

б) бетоны: 1 – состав К; 2 – состав III; 3 – состав IV; 4 – состав V

равлическим вяжущим хорошо известна. Приводимые данные свидетельствуют о том, что и в жидкостекольных смесях глина повышает их плотность и непроницаемость.

В итоге последовательного подбора комплекса уплотняющих добавок удалось снизить проницаемость цементного камня на основе жидкого стекла в 5...10 раз в зависимости от сроков испытаний. Это является значительным достижением, поскольку разработанные цементы обладают качественно новым свойством – пониженной проницаемостью.

По предварительным соображениям, введение заполнителей должно снижать проницаемость за счёт увеличения длины путей фильтрации и возрастания общей кислотостойкости массы. Действительно, проницаемость растворов снизилась в среднем на 30 % а бетонов – на 40 % относительно цементов (при годичном сроке испытаний). При этом проницаемость бетонов на 2...5 мм меньше соответствующего показателя растворов (рис. 1). Наименьшую проницаемость имеет состав V с добавками фурфурилового спирта, после 15 суток – 1,5 мм, после 30 суток – 3,5 мм.

При нанесении покрытий методом полусухого торкретирования и оптимизации соотношения жидкого стекла и сухих компонентов (отсутствие оплывания – минимум отскока) структура материала будет более плотной, и можно будет ожидать некоторого снижения проницаемости жидкостекольных композиций. При средних и высоких концентрациях кислот, а также в условиях воздействия аэрозольных и газообразных кислых сред величина проницаемости значительно уменьшается.

Были проведены испытания на коррозионную стойкость составов IV и V. Анализ был проведен по результатам физико-механических исследований бетонных образцов, которые подвергались коррозионным испытаниям в растворах щелочи (КОН – pH 12), соляной кислоты 10% концентрации, 10% раствора железного купороса, а также воды. Состав сред выбран таким образом, чтобы имитировать среды от щелочных до слабокислых, а также содержащих агрессивные ионы сульфата и хлорида.

Три образца из каждой серии испытывались на механическую прочность (сжатие и изгиб) до погружения в агрессивные среды, а также через каждые 6 месяцев после погружения в течение 18 месяцев. Анализ проведенных испытаний показан на рис. 2, 3.

Результаты исследований прочностных характеристик образцов, погруженных в агрессивные среды, показал, что составы являются стойкими как в разбавленных, так и в концентрированных кислотах,

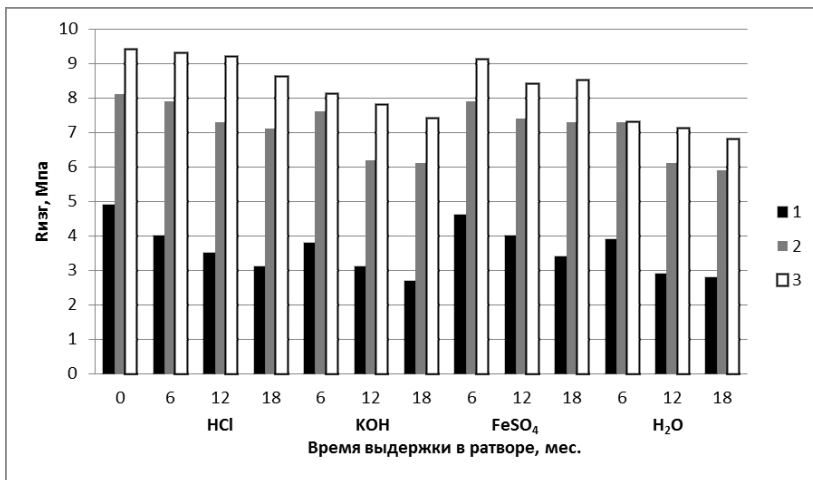


Рис. 2 – Прочность при изгибе бетонов, погруженных в агрессивные среды:
1 – состава К, 2 – состава IV, 3 – состава V

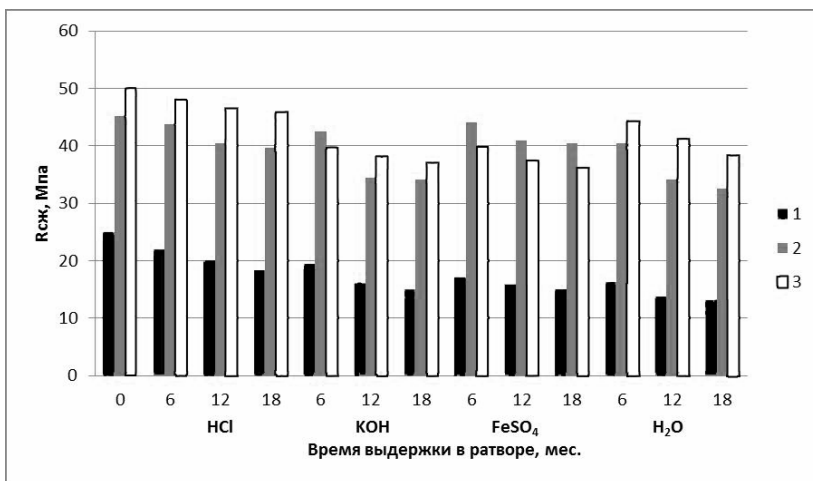


Рис. 3 – Прочность при сжатии бетонов, погруженных в агрессивные среды:
1 – состава К, 2 – состава IV, 3 – состава V

однако, имеют большую проницаемость в слабокислых средах, чем в концентрированных кислотах. Составы с фурфуроловым спиртом и

акриловым компаундом имеют значительно большую прочность при воздействии агрессивных сред, чем контрольный. Проницаемость разработанных материалов в 10 % серной кислоте в течение первого года составляет для цементного камня 12-28 мм, раствора – 7-16 мм, бетона – 6-14 мм, что в 4-6 раз ниже, чем у контрольного состава. Минимально проницаемые композиции с добавками фурфурилового спирта и акрилового компаунда. В газообразных, аэрозольных кислых средах, в концентрированных кислотах, а также при использовании торкретирования проницаемость значительно уменьшается.

1. Бабушкина М.И. Жидкое стекло в строительстве / М.И. Бабушкина. – Кишинев: Карта молдовеняскэ, 1971. – 223 с.
2. Репин А.А. Антикоррозионные кислотоупорные материалы и покрытия в промышленном строительстве / А.А. Репин, Н.В. Хрусталева, А.Е. Кем. – Челябинск: Кн. изд-во, 1988. – 155 с.
3. Золотов М.С. Жидкостекляная композиция для защиты строительных конструкций от коррозионных воздействий / М.С. Золотов, С.В. Волювач, А.А. Шелковин // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2011. – Вип. 66. – С. 176-183.
4. Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло. – М.: Промстройиздат, 1956. – 443 с.
5. Патуроев В.В. Полимербетоны // НИИ бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1987. – 286 с.
6. Шелковин А.А. Особенности фазового состава кислото- и теплостойких жидкостекляных композиций / А.А. Шелковин, М.С. Золотов, С.В. Волювач // Строительство, машиностроение: сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА», 2012. – Вип. 65. – С. 219-226.
7. Шелковин А.А. Структура кислотостойких материалов на основе жидкостекляных композиций со специальными добавками / А.А. Шелковин, М.С. Золотов, С.В. Волювач // Містобудування та територіальні планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2012. – Вип. 46. – С. 246-253.
8. Волювач С.В. Фурановые добавки в кислотостойкие растворы и бетоны на основе жидкого стекла / С.В. Волювач, М.С. Золотов, А.А. Шелковин // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: X Междунар. науч.-техн. интернет-конф.; тезисы докл. – Х.: ХНАГХ, 2012. – С. 82-85.
9. Полімерсилікатний розчин для реставрації будівельних споруд / Л.М. Шутенко, С.В. Волювач, М.С. Золотов, О.О. Шелковін // Патент України на корисну модель № 65769. – 2011.
10. Кислототривкий полімермінеральний розчин / Л.М. Шутенко, С.В. Волювач, М.С. Золотов, О.О. Шелковін // Патент України на корисну модель № 63416. – 2011.
11. Полімерсилікатна композиція / В.М. Бабаєв, С.В. Волювач, М.С. Золотов, О.О. Шелковін // Патент України на корисну модель № 76809. – 2013.

Получено 21.05.2013