

О.Б. ЛЯПИДЕВСКАЯ, канд. техн. наук, Е.А. БЕЗУГЛОВА, инженер (bezuglova-e@inbox.ru), Московский государственный строительный университет

## Эффективный обмазочный гидроизоляционный состав на минеральной основе для защиты подземных зданий и сооружений

Проблема защиты зданий и сооружений от воздействия воды остается актуальной на протяжении долгих лет. В большей степени воздействию воды в различных ее формах подвержены подземные конструкции сооружений. Проникновение воды в сооружение, как правило, вызвано отказом гидроизоляционной системы. Особенно интенсивно этот процесс происходит после выпадения дождей, таяния снега, подъема уровня грунтовых вод и т. д.

Одним из перспективных направлений защиты подземных зданий и сооружений является применение обмазочных гидроизоляционных материалов на минеральной основе.

По результатам проведенных аналитических и экспериментальных исследований в Московском государственном строительном университете был разработан новый эффективный обмазочный гидроизоляционный материал на минеральной основе «МИНСЛАШ-12». В состав сухой смеси входят следующие компоненты: портландцемент класса В42,5Н, кварцевый песок с модулем крупности  $M_k=1,93$ , микрокремнезем, механоактивированная силикат-глыба с удельной поверхностью  $S_{уд}=5000 \text{ см}^2/\text{г}$ , суперпластифицирующие и водоудерживающие добавки: поликарбоксилат, метилцеллюлоза. Основные физико-механические и гидрофизические свойства состава «МИНСЛАШ-12» приведены в табл. 1.

Водонепроницаемость разработанного состава при действии воды под давлением достигается за счет двух факторов. Первый заключается в оптимальном соотношении компонентов, которое обеспечивает создание особо плотной упаковки зерен вяжущего вещества и минерального наполнителя. Второй – в образовании водонерастворимых новообразований в результате химического взаимодействия микрокремнезема и механоактивированной силикат-глыбы с продуктами гидратации портландцемента.

При взаимодействии микрокремнезема (диоксида кремния) и гидроксиды кальция образуются низкоосновные гидросиликаты типа CSH с соотношением  $\text{CaO/SiO}_2$  равным 0,9–1,3, что значительно увеличивает прочность цементного камня. Кроме того, введение микрокремнезема имеет также физический эффект: оно не влияет на общую пористость, но значительно изменяет дифференциальную. Установлено, что количество капиллярных пор цементного камня уменьшается при одновременном увеличении количества гелевых пор. Такое изменение объясняется тем, что увеличивается степень гидратации цемента и количество низкоосновных гидросиликатов кальция CSH (I).

Введение в цементно-песчаную композицию микрокремнезема значительно увеличивает водопотребность смеси. Для устранения данного недостатка микрокрем-

незем применяют совместно с пластифицирующими добавками. В настоящее время наиболее эффективными являются суперпластифицирующие добавки – поликарбоксилаты, в основе действия которых лежит механизм стерического отталкивания боковых цепей адсорбированных макромолекул поликарбоксилатов.

Еще в 1960-е гг. при проведении исследований фазового состава, структуры и кинетики твердения цементного состава, структуры и кинетики твердения цементного состава, структуры и кинетики твердения цементного состава с добавкой жидкого стекла было установлено, что в присутствии  $\text{Na}_2\text{O}\cdot n\text{SiO}_2$  растворимость кальцийсодержащих фаз резко возрастает, а образование в системе реакционноспособного кремнезема способствует полному связыванию щелочи, образующейся при гидратации цемента.

Позже было установлено, что при добавлении жидкого стекла повышаются адгезионные свойства материала, в то время как прочность цементно-песчаной композиции заметно снижается, а также значительно сокращаются сроки схватывания смеси.

В основу данного исследования легла идея использования силиката натрия в качестве минеральной добавки к цементу. Авторами работы было предложено применение силикат-глыбы, которая не оказывает столь значительного влияния на сроки схватывания смеси и на прочностные характеристики материала. Была выдвинута гипотеза о том, что механоактивация силикат-глыбы за счет ее измельчения до удельной поверхности  $5000 \text{ см}^2/\text{г}$  приводит к разуплотнению силикат-глыбы, уменьшению степени полимеризации тетраэдров  $\text{SiO}_2$  в кристаллической решетке. Данный процесс сопровождается увеличением поверхностной энергии. Изменение энергетического состояния силикат-глыбы приводит к увеличению ее химической активности и повышению степени растворимости.

Таблица 1

Показатель	Единица измерения	Значение
Насыпная плотность	г/см <sup>3</sup>	1,2
Средняя плотность цементного камня	г/см <sup>3</sup>	1,8
Подвижность (по расплыву кольца)	мм	10,5
Сроки схватывания: начало, не ранее конец, не позднее	мин	45 110
Прочность при сжатии в возрасте: 28 сут 7 сут	МПа	55 30
Адгезия к основанию	МПа	1,7
Водопоглощение по массе	%	2
Марка по водонепроницаемости	атм	W8

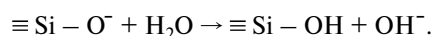
Таблица 2

№ серии образцов	Исходный состав
1	Портландцемент + микрокремнезем + силикат-глыба + вода
2	Портландцемент + микрокремнезем + вода
3	Портландцемент + силикат-глыба + вода
4	Портландцемент + вода

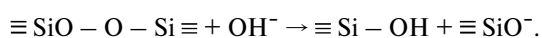
Таблица 3

№ серии образцов	Кристаллические фазы, %	
	Портландит	Этtringит
1	12,8	0,4
2	16,9	1,7
3	42,1	1,6
4	43	1,5

После смачивания водой частиц силикат-глыбы катионы щелочного металла, имеющие ионную связь, могут свободно переходить с поверхности в раствор за счет сольватационного взаимодействия с заменой молекулами воды. Часть молекул воды вступает в реакцию гидролиза с анионным каркасом, которая протекает по следующему механизму:



В результате образуются гидроксильные ионы, способные разрушать анионный каркас фазы стекла:



Эта реакция высвобождает анионы, существующие в стекле, и приводит к разрушению поверхности стекла и переходу кремнийкислородных ионов в раствор. Гидроксильные ионы обладают высокой подвижностью и не только вступают в реакцию, но также покидают реакционную зону на границе раздела фаз и переходят в раствор.

В МГСУ было проведено исследование продуктов взаимодействия системы портландцемент – микрокремнезем – силикат-глыба после затворения водой.

Выполнен качественный и количественный рентгенофазовый анализ образцов с различным сочетанием исходных компонентов. За постоянное было принято водотвердое отношение, т. е. расход добавок. Возраст испытуемых образцов составлял 28 сут, исходный качественный состав их приведен в табл. 2.

Рентгенофазовый анализ осуществляли на дифрактометре ARL X'tra (с медными анодами).

Цель анализа – изучение взаимного влияния отдельных компонентов на цементную систему и их комплексного взаимодействия в системе.

Изучение полученных дифракционных линий проб на наиболее информативном участке их наложения показало, что пробы образцов серий 1–2 имеют схожий минеральный состав, а серий 3–4 отличаются высоким содержанием  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Отсутствие пиков портландита (в образцах с добавлением микрокремнезема) на рентгенограмме гидратированного цементного состава позволяет сделать вывод, что весь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , образовавшийся в результате гидратации  $\text{C}_3\text{S}$  и  $\text{C}_2\text{S}$ , соединился с высокоактивными частицами микрокремнезема, в результате чего сформировались гидросиликаты кальция.

Более точные значения концентраций были определены в рамках нестандартного количественного рентгенофазового анализа, результаты которого представлены в табл. 3.

Из приведенных данных видно, что наличие микрокремнезема в составе (пробы образцов серий 2, 4) в 2,5–3 раза снижает содержание свободного  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , что свидетельствует об увеличении содержания гелевой фазы в системе.

Влияние механоактивированной силикат-глыбы как отдельной добавки (пробы образцов серий 3, 4) способ-

ствует снижению концентрации свободного  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  незначительно, однако при совместном действии силикат-глыбы и микрокремнезема содержание портландита и трехкальциевого алюмината заметно ниже, чем в системе портландцемент–микрокремнезем.

Концентрация этtringита в пробах образцов серий 2, 4 приблизительно одинакова. В пробе образцов серии 1 наблюдается уменьшение его концентрации в четыре раза; это позволяет сделать вывод, что совместное действие микрокремнезема и силикат-глыбы в цементной системе снижает интенсивность образования этtringита.

Таким образом, совместное введение микрокремнезема и силикат-глыбы в цементной системе позволяет получить высокопрочный состав повышенной водонепроницаемости и коррозионной стойкости за счет протекания следующих процессов:

- образование низкоосновных гидросиликатов кальция, уплотняющих структуру цементного камня;
- снижение концентрации свободного  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;
- уменьшение содержания этtringита в системе.

Преимуществами разработанного гидроизоляционного состава являются высокая прочность, водонепроницаемость, повышенная адгезия к бетонному основанию, коррозионная стойкость, экологичность, возможность применения как при позитивном, так и при негативном давлении воды, отсутствие необходимости устройства дополнительного защитного покрытия, возможность применения при защите новых и при ремонте старых конструкций.

**Ключевые слова:** гидроизоляция, обмазочные материалы, подземные сооружения.

#### Список литературы

1. Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарев И.А., Ляпидевская О.Б. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте. Киев: Оптима, 2005. 396 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Астрада, 1998. 697 с.
3. Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А., Самотесова Н.В. Новый гидроизоляционный материал на минеральной основе для защиты подземных сооружений от воздействия агрессивной среды // Вестник МГСУ. 2011. № 1. Т. 1. С. 127–130.
4. Falikman V.R. New High Performance Polycarboxylate superplasticizers based on derivative copolymers of male inicacid // 6-th International Congress «GLOBAL CONSTRUCTION» Advances in Admixture Technology. Dundee. 2005. Pp. 41–46.
5. Fennis S.A.A.M., Walraven J.C. Design of ecological concrete by particle packing optimization // Delft Technical University. 2010. Pp. 115–144.
6. Корнеев В.И., Данилов В.В. Жидкое и растворимое стекло. СПб.: Стройиздат, 1996. 215 с.



[www.interstroyexpo.com](http://www.interstroyexpo.com)



# ИНТЕРСТРОЙЭКСПО

Международная строительная выставка и форум

**10–13 АПРЕЛЯ 2013**

Санкт-Петербург

Ленэкспо

ГЛАВНАЯ  
СТРОИТЕЛЬНАЯ  
ВЫСТАВКА  
СЕВЕРО-ЗАПАДА

В рамках форума:



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
КОНГРЕСС ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ**

Получите электронный билет  
на [www.interstroyexpo.com](http://www.interstroyexpo.com)

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC



+7 812 380 6014/04, [build@primexpo.ru](mailto:build@primexpo.ru)

**ОРГАНИЗАТОР КОНФЕРЕНЦИИ**  
научно-технический и производственный журнал

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ®**

**Спонсоры конференции:**



**BEDESCHI S.p.A.**

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ»

# КЕРАМТЭКС

**30–31 мая 2013 г.**

**РОССИЯ, МОСКВА**

**RENAISSANCE**

**MOSCOW MONARCH CENTRE HOTEL**



**30.05.2013**

**Посещение нового современного предприятия  
ОАО «Гжельский кирпичный завод»**

*Visit to Gzhel brick-plant*



**31.05.2013**

**Торжественный Гала-ужин керамиков России в легендарном ресторане «Ярь»  
с вручением профессиональных наград**  
*Ceramic awards dinner at legendary restaurant «Yar»*

**Руководитель проекта – Юмашева Елена Ивановна**  
**Менеджер проекта – Лескова Елена Львовна**

**Россия, 127434, Москва, Дмитровское шоссе, д. 9, стр. 3**  
**Тел./факс: +7 (499) 976-22-08, 976-20-36, моб. +7 (910) 437-03-98**

[www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)

[mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru)

[www.keramtex.ru](http://www.keramtex.ru)