

УДК 691.3

Ю. В. Устинова, Т. П. Никифорова

СОЛЕВАЯ КОРРОЗИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Анализируются причины солевой коррозии кирпичной кладки. Приводятся результаты адгезионных испытаний системы «керамический кирпич + цементно-песчаный раствор» на сдвиг после экспозиции образцов в солевых растворах. Описываются рекомендованные методы борьбы с солевой коррозией как для существующих, так и для вновь возводимых зданий.

Ключевые слова: высолы, солевая коррозия, кирпичная кладка, цементно-песчаный раствор, адгезионная прочность.

The reasons of salt corrosion of masonry are analyzed in the article. The results of the adhesion tests of the system «ceramic brick + cement-sandy solution» on a shift after post-exposure of image-samples in salt solutions are given. The methods of struggle against salt corrosion for both existing and newly constructed buildings are shown.

Key words: salt efflorescence, salt corrosion, masonry, cement-sandy solution, adhesion strength.

Одной из причин разрушения отделочных слоев, снижения долговечности и нарушения декоративных свойств зданий и сооружений являются высолы, которые образуются на поверхности строительных конструкций. Причины образования высолов можно объединить в две группы:

накопление солей в конструкциях за счет капиллярного всасывания грунтовых вод и атмосферных осадков;

содержание растворимых соединений в строительных материалах возводимых зданий.

Образованию высолов способствуют также воздействие температуры и медленное испарение влаги из материала на поверхности конструкции, что является условием образования кристаллогидратов. Особенности коррозионных процессов, происходящих в результате кристаллизации солей, представлены на рис. 1.

Капиллярный подсос грунтовых вод, содержащих растворенные минеральные соли, является одним из первостепенных факторов накопления солей в поровом пространстве материалов надземных частей сооружений и при показанных на рис. 1 условиях — причиной появления различных дефектов строительных конструкций.

Устойчивыми формами кристаллогидратов, образующихся в поровой структуре бетона, являются $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипс), $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (бишофит), $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (гексагидрит), $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гидрогалит), $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (мирабилит) и т. д. Следует отметить, что эти соединения, как правило, образуются в структуре строительных материалов за счет капиллярного всасывания грунтовых вод и атмосферных осадков [1].

В работе [2] отмечается, что при соприкосновении поверхности твердого тела и грани растущего кристалла возникают силы отталкивания, которые называются кристаллизационными силами. Они являются важной характеристикой механизма солевой коррозии, а кристаллизационное давление — ее удельной величиной.



Рис. 1. Особенности коррозионных процессов, происходящих в результате кристаллизации солей

В работе [3] приводятся средние значения кристаллизационного давления, вызванного кристаллизацией солей для растворов, МПа: MgSO_4 — 0,36; Na_2SO_4 — 0,44; NaCl — 0,27; Na_2CO_3 — 0,21; насыщенного раствора CaSO_4 — 0,09.

При присоединении воды безводными солями происходит образование кристаллогидратов, что приводит к увеличению объема твердой фазы и возникновению большого давления на стенки пор таких строительных материалов, как бетон, цементно-песчаный раствор и др. При взаимодействии солей и воды их объем увеличивается прямо пропорционально количеству присоединяемой кристаллизационной воды.

Кристаллизационное давление в порах каменного строительного материала (например, бетона или цементно-песчаного раствора) возникает в том случае, если объем находящихся в них кристаллогидратов превышает объем пор.

Следует отметить, что напряжения в строительном материале, вызываемые кристаллизационным давлением и возрастанием объема вследствие образования кристаллогидратов в поровом пространстве, являются растягивающими, а природные и искусственные каменные строительные материалы имеют низкую прочность на растяжение. Указанные напряжения — это постоянно действующая нагрузка, наличие которой снижает долговечность материала. Кроме того, морозостойкость засоленных материалов снижается в 2,5 раза [4].

Указанные напряжения снижают не только прочность строительного материала, но и адгезионную прочность отделочных слоев, поскольку в адгезионных системах эти напряжения также являются растягивающими. Поэтому

целью данной статьи является исследование адгезионной прочности системы «керамический кирпич + цементно-песчаный раствор» на сдвиг после экспозиции в солевых растворах.

Для достижения указанной цели из керамического кирпича М150 были вырезаны образцы-кубики со стороной 6,5 см, которые затем склеили цементно-песчаным раствором М150. Толщина шва составила 5 мм. Образцы выдерживались в течение 6 мес. в 5%-х водных растворах минеральных солей. Результаты исследований представлены в табл.

Результаты адгезионных испытаний

Вид раствора	Предел прочности, МПа	Снижение прочности, %	Характер разрушения
H ₂ O	9,8	0	По кирпичу
Na ₂ SO ₄	3,8	61,0	По раствору
Na ₂ CO ₃	7,6	22,0	По границе «кирпич — раствор»
NaCl	9,4	5,2	По кирпичу

Большая агрессивность раствора сульфата натрия объясняется увеличением его объема на 311 % в процессе перехода тенардита (Na₂SO₄) в мираболит (Na₂SO₄·10H₂O) [5]. Более низкая агрессивность раствора карбоната натрия связана с переходом Na₂CO₃ сначала в термонатрит (Na₂CO₃·H₂O), а затем в соду (Na₂CO₃·10H₂O). При этом объем кристаллогидрата по сравнению с безводной солью увеличивается на 148 % [5]. Низкое снижение прочности в растворе хлорида натрия объясняется тем, что эта соль при стандартной температуре не присоединяет и не отдает кристаллизационную воду: температура перехода хлорида натрия в гидрогалит (NaCl·2H₂O) составляет 0,15 °C [5].

Для эффективной борьбы с высолками, образующимися в результате накопления солей в конструкциях существующих зданий за счет капиллярного всасывания грунтовых вод и атмосферных осадков, необходимо прежде всего создание отсечной гидроизоляции [4]. Затем можно применять различные методы удаления и предотвращения образования высолов, например промывку солей с последующей гидрофобизацией поверхности, перевод растворимых солей в нерастворимые путем пропитки различными составами, нанесение штукатурных saniрующих покрытий, обеспечивающих обессоливание основного материала за счет переноса солей из его структуры путем осмоса, и др.

Для предотвращения образования высолов, возникающих вследствие содержания растворимых соединений в новых строительных материалах, необходимо соблюдать следующие требования:

- содержание щелочей в цементах не должно превышать 0,6 %;
- содержание растворимых солей в заполнителях не должно превышать 0,01 %;
- вода затворения должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732—2011;
- следует ограничивать применение противоморозных добавок.

Устранение высолов, возникающих в процессе нового строительства, проводится в следующей последовательности:

- обработка высолов слабощелочными либо слабокислыми растворами;
- последующая промывка горячей водой или паром;
- гидрофобизация поверхности.

Однако к гидрофобизации поверхности следует относиться с особой осторожностью, поскольку гидрофобизированные поверхности имеют низкую адгезию к наносимым отделочным материалам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидоров В. И., Никифорова Т. П., Устинова Ю. В. Физико-химические основы оценки состояния объектов недвижимости. М. : АСВ, 2010. 143 с.
2. Шестеркин М. Н. Ячеистый бетон неавтоклавного твердения на основе стеклобоя : дис... канд. техн. наук. М., 2002. 196 с.
3. МIRONENKO E. B. Физико-химические процессы высолообразования в кирпичной кладке и методы их устранения : дис... канд. техн. наук. Самара, 2006. 160 с.
4. Козлов В. В., Чумаченко А. Н. Гидроизоляция в современном строительстве. М. : АСВ, 2003. 192 с.
5. Федосов С. В., Базанов С. М. Сульфатная коррозия бетона. М. : АСВ, 2003. 120 с.
1. Sidorov V. I., Nikiforova T. P., Ustinova Yu. V. Fiziko-khimicheskie osnovy otsenki sostoyaniya ob"ektov nedvizhimosti. M. : ASV, 2010. 143 s.
2. Shesterkin M. N. Yacheistyy beton neavtoklavnogo tverdeniya na osnove stekloboya : dis... kand. tekhn. nauk. M., 2002. 196 s.
3. Mironenko E. V. Fiziko-khimicheskie protsessy vysoloobrazovaniya v kirpichnoy kladke i metody ikh ustraneniya : dis... kand. tekhn. nauk. Samara, 2006. 160 s.
4. Kozlov V. V., Chumachenko A. N. Gidroizolyatsiya v sovremennom stroitel'stve. M. : ASV, 2003. 192 s.
5. Fedosov S. V., Bazanov S. M. Sul'fatnaya korroziya betona. M. : ASV, 2003. 120 s.

© Устинова Ю. В., Никифорова Т. П., 2014

Поступила в редакцию
в феврале 2014 г.

Ссылка для цитирования:

Устинова Ю. В., Никифорова Т. П. Солевая коррозия строительных конструкций // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 2(33). Ст. 14. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

For citation:

Ustinova Yu. V., Nikiforova T. P. [Salt corrosion of the building constructions]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2014, no. 2(33), paper 14. (In Russ.). Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>