

## СТОЙКОСТЬ СИЛИКАТНОГО ПРЕССМАТЕРИАЛА

В.Н. Мишин, О.П. Гнып, С.Н. Щербина (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

**Исследование стойкости силикатного прессматериала от циклического воздействия высоких температур. На стойкость гидратированного известково-кремнеземистого цемента оказывает влияние распределение пор по размерам, которое зависит от оптимизации гранулометрического состава шлакового наполнителя.**

Повышение срока службы зданий и сооружений, особенно зданий памятников градостроительства и архитектуры, является одной из важнейших задач общества. Восстановление строительных конструкций, разрушенных воздействием различных факторов – влиянием окружающей среды, технические аварии инженерно-коммуникационных систем, нерациональное замещение материалов на современные, требует огромных трудовых, материальных и энергетических затрат.

Так как строительные материалы и изделия являются капиллярно-пористыми телами (кирпич, бетон, штукатурка, кладочные и отделочные растворы), то их разрушение под воздействием воды и растворимых соединений получило название солевой формы физической коррозии. Капиллярный подсос растворов солей и минеральных грунтовых вод является одним из первостепенных факторов накопления солей в порах материалов надземных частей сооружений и при переменчивых температурных условиях является причиной появления различных дефектов. Наибольшая скорость капиллярного подъема, как воды, так и растворов солей наблюдается в цементном камне, изготовленном на пуццолановом портландцементе. Высота подъема растворов солей в затвердевших строительных растворах значительно меньше, чем в кирпичной кладке. Наиболее интенсивное накопление солей происходит в строительных растворах, изготовленных на пуццолановом портландцементе, что связано с их повышенной пористостью и смачиваемостью растворами.

Одной из важных характеристик механизма солевой коррозии является величина кристаллизационной силы. Известно, что когда грань растущего кристалла начинает соприкасаться с посторонним телом, она отталкивает его. При присоединении безводными солями



воды, сопровождающемся образованием кристаллогидратов, объем твердой фазы увеличивается. Это является причиной возникновения больших давлений в порах строительных материалов, содержащих растворы солей. По мере взаимодействия солей с водой их объем возрастает прямо пропорционально количеству присоединенной кристаллизационной воды. Кристаллизационное давление в порах строительного материала возникает тогда, когда объем находящихся в них кристаллогидратов превысит объем пор.

Обследование многочисленных зданий, сооружений памятников градостроительства и архитектуры г. Одессы позволили установить зависимость прочности стенового материала, в том числе и установленного в результате реставрационных работ силикатного кирпича, от объема открытых пор и содержания растворимых солей в них. Важнейшим критерием оценки результатов солевой коррозии кирпичных стен обследованных зданий стали данные об изменении их прочности и водостойкости. На основании результатов визуального и инструментального исследований было установлено, что возникновение дефектов кирпичных стен связано не только с механическими факторами - неравномерной осадкой фундаментов оснований, значительной перегрузкой и др., но и с факторами химическими. Наибольшее количество растворимых солей обнаружено на лицевых поверхностях кирпича и отделочного штукатурного раствора, а также в кладочных растворах. При этом относительную долговечность гражданских и промышленных зданий можно объяснить тем, что в большинстве случаев кирпичные стены испытывают непосредственное воздействие только очень разбавленных кислот и щелочных растворов или паров, конденсирующихся на поверхности и в порах кирпича.

Стойкость силикатного прессматериала изучалась переменным насыщением в воде и высушиванием до постоянной массы при  $t=105...110^{\circ}\text{C}$  следующим образом. Для исследования были изготовлены образцы-балочки из смеси кварцевого песка (80%) и известково-песчаного вяжущего в соотношении 8:10, в состав которого вводился наполнитель - ваграночный шлак в количестве  $20\pm 10$ , %. Дисперсность наполнителя колебалась в пределах от 20 до 300 нм. Одновременно проводились испытания на интенсивность водопоглощения и относительное изменение размеров при насыщении, которые изучались в течение 72 часов. В течение испытаний после каждых 25 циклов увлажнения-высушивания образцы испытывались на сжатие.



Результаты исследований показывают, что нахождение силикатного кирпича в питьевой воде Одесского водоканала уже через 75 циклов испытаний заметно снижает его прочность. Также исследованиями установлено, что снижение прочности материала взаимосвязано с повышением пористости и распределением пор по размерам. Так, у образцов без наполнителя после 75 циклов увлажнения-высушивания прочность при сжатии снизилась на 14%, а у образцов с наполнителем 10 и 30% - на 1...4%. Кроме этого, при циклических испытаниях установлено, что общая пористость материала – как с так и без наполнителя начинает снижаться, что дает возможность судить о «зарастании» пор отложениями солей, содержащихся в питьевой воде.

Наименование добавки	Добавка, %	Общая пористость, %	Интенсивность водопоглощения, ε мм/мин	Распределение объемов по размерам эффективных радиусов				Физико-механические характеристики образцов				Изменение массы, %
				от 5 до 20 мкм		от 50 до 200 мкм		Стартовые характеристики		После 75 циклов увлажнения-высушивания		
				см <sup>3</sup> /г	%	см <sup>3</sup> /г	%	Водопоглощение, %	R <sub>c</sub> МПа	K <sub>вув</sub>	R <sub>c</sub> МПа	
Без добавки	0	26,0	0,107	0,023	12,9	0,023	26	11	33	0,86	28,4	-12,5
С добавкой ваграночного шлака	10	20,7	0,106	0,017	11,6	0,027	23	7,6	38	0,93	35,3	-6,25
	30	22,7	0,0937	0,011	7,06	0,035	18	8	37	0,99	36,6	-5,0

Наибольшая скорость водопоглощения, а также ее количественное выражение отмечено у материала без введения добавок. За счет оптимизации количества и дисперсности наполнителя стало возможным понижение водопоглощения материала и повышения его стойкости.

Количество пор различных размеров – 5-20 и 50-200 мкм, (P<sub>5-20</sub> и P<sub>50-200</sub>) определялось путем расчета по следующей модели:

$$K_{\text{вув}} = 11,29 * (P_{5-20}^{0,323} / P_{50-200}^{0,03}) * V^{0,373} * N^{0,053},$$



где  $V$  – общая пористость, %;  $N$  – количество циклов увлажнения-высушивания.

Эта зависимость была получена на основании обработки данных с использованием методов математического моделирования после испытания образцов на поромере высокого давления.

При практически одинаковой пористости для исследуемых составов – от 20 до 22-х %, существенную роль играет распределение пор по размерам. Так, содержание в материале пор размером  $P_{5-20}$  без наполнителя составляет 12,9%-ов, при 10-ти процентном наполнении – 11,6 %, а при 30 %-ом наполнении – 7,06%. В то же время повышение стойкости материала идет в сторону уменьшения количества пор этих размеров. И наоборот, увеличение количества пор с размерами  $P_{50-200}$  приводит к повышению стойкости материала. На снижение пор размером  $P_{5-20}$  влияет также гранулометрический состав наполнителя – комбинации его дисперсности. Для образцов №2 использовалась смесь наполнителя – 0... 50 мкм и 100... 160 мкм в соотношении 1:1, для образцов №3 – 0... 50 мкм, 100... 160 мкм и 200... 300 мкм в соотношении 1:1:1. В сравнении с составом №2 стойкость материала №3 -  $K_{вув}$  через 75 циклов увлажнения-высушивания практически осталась неизменной. При испытании материала более 100 циклов увлажнения-высушивания прочность при сжатии возрастает на 8... 14% в сравнении с начальной. Этот эффект для силикатных материалов отмечается в исследованиях других ученых.

В реальных условиях эксплуатации зданий, кроме попадания в поры материала солей из атмосферной влаги, прежде всего большую опасность представляют кислотные дожди, проникающие не только в материал, но и в кирпичную кладку. Действие атмосферной влаги, содержащей кислые газы, такие как  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $CO_2$  и др., заключается в реакциях с составляющими цементного камня, в результате которых образуются легкорастворимые соли, вымываемые из строительного материала, что приводит к увеличению открытой пористости материалов.

Эксперименты позволили определить снижение сопротивляемости материалов по отношению к действию агрессивных жидкостей и зависимости от увеличения части пор с размером 50-200 мкм в материале и значительно меньшее снижение прочности у образцов с введением наполнителя оптимальной дисперсности.

Наиболее эффективными мероприятиями, связанными с профилактикой солевой коррозии стен, является импрегнирование (пропитка) штучного стенового материала растворами



гидрофобизаторов в условиях его производства, объемная гидрофобизация кладочных растворов кремнийорганическими соединениями, а также отходами — кубовыми остатками от их производства.

#### **Литература.**

1. Минас А.И. Результаты изучения солевой формы физической коррозии строительных материалов // Сб. тр. Казахского филиала Академии строительства и архитектуры СССР. 1960. №2(4).

2. Инчик В.В. Высолы и солевая коррозия кирпичных стен. СПб, СПбГАСУ, 1998.