



ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ГИДРОФОБИЗАТОРОВ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

С.А. ГЛАДКОВ, генеральный директор Производственного объединения «САЗИ»

В предыдущем номере журнала был опубликован круглый стол, в ходе которого участники, в частности, коснулись вопросов управления физико-химическими свойствами керамического кирпича. В этом номере редакция публикует статью, которая продолжает эту тему, но в более широком аспекте.

Как известно, обработка кремнийорганическими гидрофобизирующими составами придает изделиям из пористых материалов водоотталкивающие свойства. Это происходит благодаря появлению на поверхностях пор и капилляров тончайшей гидрофобной пленки, вследствие чего для проникновения воды внутрь изделия требуется повышенное ее давление. Интуитивно понятно и доказано нами в эксперименте (вся подобная информация, упоминаемая далее в тексте, к моменту выхода статьи в печать будет размещена на нашем сайте в разделе «Интересненькое» (www.sazi.ru/interesnenkoe), что качество защиты от воды (повышение водонепроницаемости) тем больше, чем на большую глубину от поверхности обработки распространяется эта водоотталкивающая пленка по стенкам капилляров. Причина в том, что для продавливания воды сквозь несмачиваемые полости требуется создать давление, а после перехода фронта воды за границы этого участка, на гидрофильную часть капилляра, давление воды для поддержания движения воды становится ненужным — она проникает далее вглубь изделия уже под влиянием сил смачивания. Поэтому величина максимального давления воды пропорциональна длине несмачиваемой части полости.

Следует ожидать, что вместе с ростом водонепроницаемости будет расти и морозостойкость, которая, как известно, повышается с уменьшением содержания воды в материале. Но некоторое время назад к специалистам нашего предприятия обратилась с просьбой о помощи строительная компания. Используемая ею керамическая плитка известной европейской марки после обработки столь же известным европейским гидрофобизатором не прошла испытаний на морозостойкость по ГОСТ 7025-91: этот показатель после гидрофобизации понизился. Причем такой результат не был уникальным: как выяснилось позже, аналогичные результаты имели место в нескольких проведенных разными лабораториями экспериментах, на различных материалах и гидрофобизаторах.

После консультаций с нами и другими экспертами эта компания провела испытания плитки по методу, отличающемуся от требований ГОСТ 7025-91: вместо выдержки образцов под водой проводилось их дождевание. Это изменение Заказчик компании счел допустимым, поскольку плитка располагалась на вертикальной части фасада здания. Результаты такого испытания оказались положительными, и, как говорится, «вопрос был закрыт».

Но поскольку гидрофобизаторы рекомендуются для обработки не только вертикальных, но и горизонтальных и иных строительных элементов, то результаты испытаний по ГОСТ 7025-91 внушали нам опасение. Мы сочли необходимым провести углубленное изучение данной проблемы с целью уточнить свои рекомендации потребителям нашей продукции.

Исследовательский Центр нашей компании, занявшись этой проблемой, выдвинул несколько вариантов причин понижения морозостойкости, один из которых и получил впоследствии экспериментальное подтверждение в лабораториях Центра.

Методика ГОСТ 7025-91 требует, чтоб образцы перед испытанием на морозостойкость были предварительно выдержаны в ванне с водой в полном погружении, после чего быстро перемещались в морозильную камеру. Мы предположили, что повышение водонепроницаемости образца после гидрофобизации могло оказаться меньше создаваемого в ванне давления воды. В этом случае, как было сказано выше, вода при замачивании преодолит гидрофобный барьер и испытуемый образец будет насыщаться водой так же, как и необработанный (контрольный) образец, в сравнении с которым проводится проверка повышения морозостойкости. Но поскольку гидрофобный слой у поверхности образца все же существует, то в течение достаточно короткого времени после того, как образцы вынули из ванны, и до их замерзания в морозильнике, из контрольного образца воды должно вытечь больше, чем из обработанного. Таким образом, во время цикла замораживания обработанный образец будет более насыщен водой и поэтому должен показать результаты хуже, чем контрольный.

Проверка этой гипотезы была произведена в два этапа.

Целью первого поставленного нами эксперимента была оценка влияния гидрофобизации капилляров на движение воды по ним в процессе превращения воды в лед.

Известно, что причиной разрушения при циклах «замораживание-оттаивание» являются растягивающие нагрузки на материал, возникающие из-за увеличения объема воды при ее охлаждении ниже $+4^{\circ}\text{C}$. И практически все это увеличение происходит при 0°C из-за структурирования молекул во время образования льда. Но силовой фактор может возникнуть только при наличии сопротивления расширению воды, которое в нашем случае может создать только гидрофобный капилляр. Будет ли такой капилляр оказывать сопротивление воде в ее переходном состоянии (известном в обычной жизни как «шуга»), мы полагали фактом неустановленным, в связи с чем и организовали первую проверку.

Мы собрали модель «пора – капилляр» следующим образом. В прочный и практически нерастяжимый шар (был использован целлулоидный шар для пинг-понга) были вклеены с достаточной прочностью два стеклянных капилляра (трубки), один из которых предварительно был гидрофобизирован. Шар был наполнен водой так, чтобы не осталось воздушных «линз» в его пространстве, но капилляры при этом оставались сухими. Вся конструкция была с малой скоростью теплоотвода заморожена до -0°C . В результате гидрофильный капилляр был наполнен водой (льдом), а гидрофобный – выдавлен из шара с разрушением клеявого шва, что означало отсутствие движения «шуги» по этому капилляру (фото 1).

Таким образом, было показано, что наличие влаги в образце, имеющем вдоль поверхности слой гидрофобных капилляров, в определенных условиях может привести к созданию растягивающих напряжений во время замораживания. Целью следующего эксперимента было определение таких условий.

Эксперимент проводился на «макромодели» поры материала¹: в образцах были высверлены отверстия, сыгравшие в последующих испытаниях роль пор (фото 2).

На испытания были взяты образцы двух гидрофобизаторов – производимого нами состава «Типром-У», отличающегося большей глубиной проникновения в пористые материалы, и приобретенного на рынке состава малого проникновения. Впоследствии в ходе эксперимента было проведено прямое измерение толщины гидрофобного слоя образцов, обработанных этими составами, показавшее существенное отличие составов по проникновению в материал.

В эксперименте было показано, что при применении малопроницающего состава морозостойкость образцов значительно уменьшилась в сравнении с контрольными образцами, в то время как после обработки образцов составом «Типром-У» этот показатель столь же существенно вырос.

Кроме того, было зафиксировано, что в «макропорах» образцов, обработанных составом, приобретенным на



Фото 1



Фото 2

рынке, во время замораживания присутствовала вода, в то время как «макропоры» в других образцах (контрольных и обработанных «Типромом-У») воды во время замораживания не содержали. Поскольку в контрольный образец вода при замачивании должна была поступать не менее интенсивно, чем в обработанный малопроницающим составом, то ее отсутствие во время замораживания можно объяснить только большей скоростью ее вытекания из образца после извлечения последнего из воды. Это подтверждает, что основной причиной понижения морозостойкости является механизм, предложенный нашими специалистами.

Результаты описанных здесь исследований приводят к следующим выводам.

1. Методика проверки морозостойкости по ГОСТ 7025-91 не соответствует условиям эксплуатации гидрофобизированных строительных элементов, располагающихся вертикально или с большими углами наклона. Следует внести изменения в способ насыщения образца водой, заменив погружение в ванну дождеванием.

2. В случае использования гидрофобизаторов для защиты элементов, подвергающихся воздействию воды под давлением, методика по ГОСТ 7025-91 корректно отображает практику эксплуатации.

3. Способность кремнийорганических гидрофобизаторов проникать в обрабатываемый материал на значительную глубину, создавая на этой глубине водоотталкивающий слой на стенках пор и капилляров, является важной характеристикой составов. От нее в эксплуатации зависит морозостойкость в случае контакта обработанных изделий с водой под давлением. В связи с этим рекомендуется при выборе гидрофобизаторов проверять наличие такого показателя в Технических условиях на эту продукцию и его контроля у производителя состава.

¹ Поры в отличие от капилляров нами в изложении этой статьи понимаются как «резервуары» воды в пористо-капиллярной структуре. Из-за значительно больших в сравнении с капиллярами объемов воды в них поры вносят и значительно больший вклад в развитие внутренних напряжений в материале при замерзании воды. Капилляры в данном представлении являются лишь «транспортной системой» для доставки воды в поры.