

Т а б л. 1. Свойства строительного и формованного пеностекла

Показатели	Строительное пеностекло	Формованное пеностекло
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	230	236
Механическая прочность при сжатии, МПа	0,7	1,6
Теплопроводность при 25 °С, Вт/(м·К)	0,093	0,095
Водопоглощение, об. %	8,0	6,2

700 °С приводит к незначительному увеличению плотности (от 210 до 242 кг/м<sup>3</sup>), возрастанию механической прочности (от 0,61 до 1,63 МПа) и снижению водопоглощения пеностекла (от 8,74 до 5,00 об. %).

В табл. 1 дана сравнительная характеристика свойств строительного (РСТ БССР 665—75) пеностекла и пеностекла, полученного методом формования в пиропластическом состоянии.

Из данных табл. 1 видно, что пеностекло, полученное формованием в пиропластическом состоянии, отвечает требованиям, предъявляемым к строительному пеностеклу [2].

Таким образом, проведенные исследования показали возможность получения изделий из пеностекла любой конфигурации путем формования его в пиропластическом состоянии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Д е м и д о в и ч Б.К. Пеностекло. — Минск, 1975. 2. РСТ БССР 665—75 "Блоки из пеностекла для строительства".

УДК 666.189.3.004

Н.П. САДЧЕНКО, канд. техн. наук,  
 Б.К. ДЕМИДОВИЧ, докт. техн. наук,  
 С.С. АКУЛИЧ, канд. техн. наук,  
 Л.А. КИСЕЛЕВА (Минск, НИИСМ)

#### ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЕНОСТЕКЛА

Техническое углеродистое пеностекло, разработанное в Минском НИИ стройматериалов, предназначается для эксплуатации при рабочих температурах от -180 до +400 °С и в условиях относительной влажности среды до 97 %. Пеностекло имеет однородную замкнуто-ячеистую структуру, в которой содержание сообщающихся ячеек, определяющее величину предельного водонасыщения, не превышает 7 % объема. При плотности 140—180 кг/м<sup>3</sup> и механической прочности не менее 1 МПа коэффициент теплопроводности пеностекла в воздушно-сухом состоянии при температуре 20±5 °С не превышает 0,7 Вт/(м·К). Выполненное в настоящей работе исследование эксплуатационных свойств пеностекла позволит дополнить уже имеющиеся сведения [1] по вопросу его применения.

Изучение влажностных характеристик показало, что пеностекло с величиной водонасыщения 5–7 % объема практически непроницаемо — коэффициент паропроницаемости 0,00140 кг/(м·4·МПа). Величину сорбционной влажности, составляющей 0,06; 0,25; 0,7 % по массе при относительной влажности среды соответственно 60, 80 и 97 %, следует рассматривать как незначительную адсорбцию, т.е. материал не поглощает влагу из окружающей среды. Подобные влажностные характеристики обусловлены как гидролитической стойкостью твердой фазы — стекла, так и структурным строением пеностекла.

Теплозащитные свойства пеностекла определяли в климатической камере при температуре — 24 °С. Исследуемые образцы — фрагменты стенового ограждения размером 1200 x 1300 мм — готовили в виде подложки из силикатного кирпича, на котором полимерцементным раствором крепили плиты пеностекла размером 350x200x80 мм. Фрагменты помещали в специальные проемы перегородки, разделяющей камеру на 2 отсека с температурой воздуха + 18 °С и —24 °С. В качестве датчиков тепловых потоков и температур использовали соответственно тепломеры типа ЛТИХП и хромель-копелевые термопары. Регистрацию температур тепловых потоков производили электронными потенциометрами ЭПП-09 после установления стационарного теплового режима в камере — на 9-е сутки после включения холодильной установки, поддерживающей в холодном отсеке температуру воздуха от — 22 до —24 °С. Установлено, что коэффициент теплопроводности изученных фрагментов ограждения при температуре климатической камеры — 24 °С на протяжении 24 дней составил 0,07 Вт/(м·К). Таким образом, структурное строение углеродистого пеностекла как дисперсной системы с замкнутыми однородными ячейками позволяет исключить фактор влажностного влияния на теплопроводность. Структурообразующий фактор материала определяет и устойчивость к действию знакопеременных температур: при испытании по режиму “воздух (+ 20 °) — холод (до — 180 °С) — воздух (+ 20 °С)” не наблюдали изменения показателей его структуры и свойств. Однако совместное действие знакопеременных температур и влажной среды вызывает нарушение целостности ячеек вследствие деструктивного действия льда и последующее локальное или сплошное повреждение структуры пеностекла. Поэтому даже при наличии высоких влагозащитных характеристик пеностекла его изделия, предназначенные для эксплуатации в полевых условиях, нуждаются в защитном покрытии.

При разработке составов защитных покрытий применяли материалы, которые обеспечивали возможность эксплуатации пеностекла в полевых условиях, в частности органосиликатные композиции марки ОС-12-03 и ОС-92-03 (ТУ 84-725-78), представляющие суспензии измельченных силикатов и окислов в толуольных растворах полиорганосилоксанов, а также кремнийорганическую эмаль КО-168. Покрытия из органосиликатных материалов (ОСМ) обеспечивают защиту поверхностей при высокой влажности и дождевании, устойчивы к условиям средней полосы и субтропического климата, гидрофобны, морозо- и радиационностойки; покрытия из эмали КО-168 гидрофобны и атмосферостойки. В составы защитных покрытий вводили наполнители в виде порошков пеностекла, стекла или пенообразующей смеси, измельченных до удельной поверхности 0,5 м<sup>2</sup>/г, а также технического углеро-

да ПМ-30В с удельной поверхностью  $25 \text{ м}^2/\text{г}$ . При подготовке исследуемых составов в емкость с основными материалами вводили наполнитель и смесь тщательно перемешивали до полной однородности. В органосиликатные композиции вводили в качестве отвердителя тетрабутоксититан (1,5 % по массе) совместно с толуолом в соотношении 1:5. Подготовленную таким образом суспензию наносили кистью на очищенную от пылевидных частиц поверхность пеностекла в 1,2 или 3 приема, при этом достигали толщины слоя 0,3–0,6 мм, и расход суспензии составлял  $1\text{--}1,5 \text{ кг}/\text{м}^2$ . Затем плиты пеностекла выдерживали на воздухе в условиях, исключающих попадание влаги и пыли, в течение 72 ч до полного отверждения покрытия.

Оценка защитных свойств покрытий производилась по результатам лабораторных испытаний морозостойкости в течение 40 циклов попеременного замораживания и оттаивания по режиму "(вода +  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) – (холод –  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) – (вода +  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ )"; водопоглощения (пребывания в воде в течение 40 сут); сорбционной влажности (в условиях влажности среды 97 % в течение 30 сут), а также испытаний в натуральных условиях в течение одного года и последующего определения водонасыщения.

Результаты исследования морозостойкости и водостойкости свидетельствуют о том, что водопоглощение пеностекла с покрытием значительно понижается; в наибольшей мере это характерно для образцов, защищенных кремнийорганической эмалью – с 6 до 0,7 % при выдержке в воде в течение 40 сут и до 0,6 % после испытания морозостойкости; у образцов с органосиликатными покрытиями – соответственно с 6 до 0,6 и до 1,8 %. Несмотря на высокие влагозащитные свойства, кремнийорганические покрытия обладают низкой адгезией к пеностеклу при испытаниях морозостойкости: так, уже на четвертом цикле на поверхности образцов появились отслоения покрытий совместно с тонким слоем пеностекла; в ходе испытаний наблюдались различные виды деформаций этих покрытий, а по истечении 25 циклов – их разрушение. Что же касается органосиликатных покрытий на основе композиций ОС-12-03 и ОС-92-03, то все образцы выдержали испытание на морозостойкость и в течение 40 циклов нарушений их целостности не отмечалось.

Исследование атмосферостойкости органосиликатных покрытий подтвердили их удовлетворительную адгезию к пеностеклу: после натуральных испытаний в течение года не обнаружено трещин, отслоений или воздушных прослоек между поверхностью пеностекла и покрытием. Увеличение толщины покрытия и введение наполнителей в виде тонкодисперсных порошков стекла и технического углерода ведет к развитию структуры поверхности, способной к дополнительной адсорбции влаги, что обуславливает некоторое возрастание водонасыщения. Поэтому не рекомендуется превышать толщину покрытия более 0,6 мм. Однако в целом влажностные свойства стабильны в течение испытания, что подтверждает атмосферостойкость покрытий и пеностекла. Зависимость сорбционной влажности от толщины органосиликатных покрытий и их адгезионная способность аналогичны результатам испытаний пеностекла в натуральных условиях.

Установлено, что изученные покрытия не оказывают значительного влияния на прочностные свойства пеностекла, обусловленные преимущественно его плотностью и структурным строением. Таким образом, органосиликатные композиции марки ОС-12-03 и ОС-92-03 обладают достаточной адгезией



к пеностеклу, повышают его влагозащитные свойства и морозостойкость. При получении покрытий на углеродистом пеностекле в состав композиций необходимо вводить наполнитель в виде порошка пеностекла с удельной поверхностью  $0,5 \text{ м}^2/\text{г}$  в количестве 5 %; расход композиции на  $1 \text{ м}^2$  поверхности составляет 1–1,5 кг.

Крепление плит пеностекла к силикатным поверхностям производится полимерцементным раствором с предварительной грунтовкой поверхности водной суспензией латекса типа СКС-65 ГП "Б". Прочность клеевого соединения не понижается после 40 циклов теплосмен при испытаниях морозостойкости, а также натуральных испытаниях в течение 15 месяцев. Опытно-промышленная партия пеностекла с органосиликатным покрытием, установленная на поверхности железобетонных плит на полимерцементном растворе, успешно эксплуатируется в климатических условиях средней полосы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О стабильности свойств пеностекла/Демидович Б.К., Садченко Н.П., Киселева Л.А. и др. — В сб.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1977, вып. 6, с. 80–83.

УДК 666.189.3.01:539.3

К.Ф. КРАСЬКО, Н.П. САДЧЕНКО, канд.техн.наук,  
В.И. ПИЛЕЦКИЙ, канд.техн.наук (Минск. НИИСМ)

#### АНИЗОТРОПИЯ СВОЙСТВ ПЕНОСТЕКЛА

В выполненной ранее работе [1] нами установлена неоднородность ряда свойств пеностекла — динамического модуля упругости, скорости ультразвука, механической прочности изгиба при их измерении в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Настоящее исследование посвящено изучению анизотропии свойств и их взаимосвязи со структурным строением пеностекла с целью последующего применения при оптимизации технологии его производства, разработке методов контроля и условий эксплуатации.

При исследовании свойств пеностекла были применены стандартные, а также резонансный и импульсный ультразвуковой методы. Эксперимент проводили на образцах строительного и технического пеностекла Гомельского стеклозавода при этом для измерения скорости ультразвука ( $C$ ) и предела прочности при сжатии ( $R_{сж}$ ) использовали образцы размером  $80 \times 80 \times 80$  мм, а для динамического модуля упругости ( $E$ ) и предела прочности при изгибе ( $R_{изг}$ ) — размером  $40 \times 40 \times 160$  мм. Скорость ультразвука определяли методом непрерывного (сквозного) прозвучивания на приборе УКВ-1М с помощью пьезодатчика на частоте 60 кГц, динамический модуль упругости — на измерителе частоты механических колебаний типа ИЧМК-3. Показатели свойств измеряли в трех плоскостях — параллельно ( $R_z$ ;  $E_z$ ;  $C_z$ ) и перпендикулярно ( $R_x$  и  $R_y$ ;  $E_x$  и  $E_y$ ,  $C_x$  и  $C_y$ ) направлению процесса вспенивания. Поскольку их величины, измеренные по осям  $x$  и  $y$ , различаются между собой в пределах ошибки опыта, при анализе результатов учитывали средние значения, обозначения их  $R_x$ ,  $E_x$ ,  $C_x$ .