

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 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 .

Установлено, что с увеличением плотности строительного пеностекла в интервале $160\text{--}280 \text{ кг/м}^3$ возрастают его прочностные и упругие свойства; при этом их показатели, измеренные в двух взаимно перпендикулярных направлениях, значительно различаются между собой. Так, предел прочности при сжатии увеличивается от 0,46 до 1,80 ($R_{\text{ср}} = 0,97$; $\Delta R = 1,34$) МПа по оси z и от 0,79 до 3,21 ($R_{\text{ср}} = 1,88$; $\Delta R = 2,42$) МПа по осям x, y , возрастая в направлении z в среднем на 94 %. Подобным же образом изменяется скорость ультразвука, ее величина составляет $1365\text{--}2721$ ($C_{\text{ср}} = 1922$; $\Delta C = 1356$) м/с по оси z и $2602\text{--}3390$ ($C_{\text{ср}} = 2886$; $\Delta C = 788$) м/с по осям x, y , возрастая в среднем на 50 %; при этом зависимости от плотности пеностекла не наблюдается.

В меньшей степени наблюдается неоднородность показателей предела прочности на изгиб и динамического модуля упругости: в первом случае — $0,69 \div 1,24$ ($R_{\text{ср}} = 0,98$; $\Delta R = 0,55$) МПа по оси z и $0,77 \div 1,38$ ($R_{\text{ср}} = 1,09$; $\Delta R = 0,61$) МПа по осям x, y ; во втором — $997\text{--}2097$ ($E_{\text{ср}} = 1513$; $\Delta E = 1100$) МПа по оси z и $1064\text{--}2312$ ($E_{\text{ср}} = 1623$; $\Delta E = 1248$) МПа по осям x, y . Таким образом, средняя величина прочности изгиба и модуля упругости в направлении x, y возрастают на 7–14 %.

Техническое пеностекло, выпускаемое с плотностью $130\text{--}190 \text{ кг/м}^3$, отличается более высоким уровнем однородности прочностных и акустических свойств в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Так, средний предел прочности при изгибе, изученный в направлениях z (0,85 МПа) и x, y (0,87 МПа), различается в пределах ошибки опыта и возрастает в зависимости от плотности в пределах 0,55–1,24 МПа по всем трем осям; равнозначны в направлениях z и x, y и средние показатели динамического модуля упругости (1131 и 1183 МПа).

Предел прочности при сжатии составляет $0,33\text{--}1,45$ ($R_{\text{ср}} = 0,77$; $\Delta R = 1,12$) МПа по оси z и $0,76 \div 1,84$ ($R_{\text{ср}} = 1,21$; $\Delta R = 1,08$) МПа по осям x, y , т.е. прочность в среднем возрастает на 57 %, минимальный и максимальный ее показатели, соответственно, на 113 и 27 %, но интервал прочности по осям z и x, y практически постоянный — 1,12 и 1,08 МПа.

Скорость ультразвука изменяется в диапазоне $1278\div 2500$ ($C_{\text{ср}} = 1946$; $\Delta C = 1222$) м/с по оси z и $2372\div 2951$ ($C_{\text{ср}} = 2752$; $\Delta C = 579$) м/с по осям x, y .

Зависимость прочности сжатия (R_z, R_x , МПа) и модуля упругости (E_z, E_x , МПа), измеренных в двух взаимно перпендикулярных направлениях, от плотности (γ , кг/м^3) пеностекла представлены с некоторым приближением в виде линейных функций (1–6) и на рис. 1:

для строительного пеностекла:

$$R_z = 0,010 \gamma - 1,14; \quad (1)$$

$$R_x = 0,023 \gamma - 3,04; \quad (2)$$

$$E_z = 8,56 \gamma - 249; \quad (3)$$

$$E_x = 9,43 \gamma - 317; \quad (4)$$

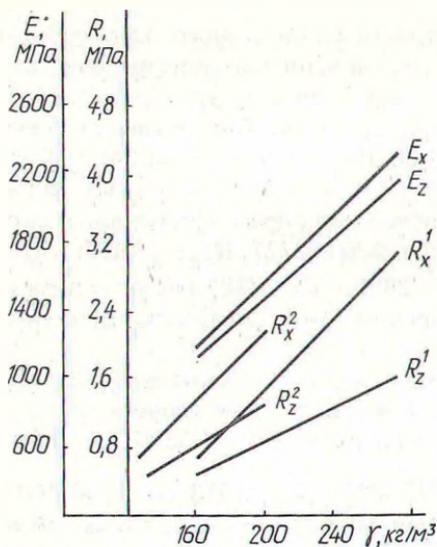


Рис. 1. Зависимость динамического модуля упругости (E) и предела прочности при сжатии (R) от плотности (γ) строительного пеностекла в направлениях z и x (E_z, R_z^1 и E_x, R_x^1) и технического пеностекла в направлениях z и x (R_z^2, R_x^2).

для технического пеностекла:

$$R_z = 0,0124 \gamma - 1,14; \quad (5)$$

$$R_x = 0,0193 \gamma - 1,74. \quad (6)$$

Для характеристики неоднородности показателей свойств использованы коэффициенты анизотропии предела прочности при сжатии и изгибе ($K_R = R_x/R_z$), модуля упругости ($K_E = E_x/E_z$) и скорости ультразвука ($K_C = C_x/C_z$) строительного и технического пеностекла, приведенные в табл. 1.

Табл. 1. Коэффициенты анизотропии прочностных, упругих и акустических свойств пеностекла

Свойства	Коэффициенты анизотропии пеностекла	
	строительное	техническое
Предел прочности при сжатии	1,93 (K_{cp})	1,57 (K_{cp})
Предел прочности при изгибе	1,12 (K_{cp})	1,02 (K_{cp})
Динамический модуль упругости	$\frac{1,07}{0,93 - 1,39}$	$\frac{1,04}{0,95 - 1,15}$
Скорость ультразвука	$\frac{1,50}{1,01 - 2,20}$	$\frac{1,41}{1,04 - 2,15}$

Средний коэффициент анизотропии для изученного интервала плотности пеностекла определяли из отношения средних значений свойств, измеренных в направлениях x , y и z . Минимальные и максимальные коэффициенты анизотропии (см. табл. 1) приведены только для динамического модуля упругости и скорости ультразвука, поскольку данные свойства измеряли в направлениях x , y и z на одних и тех же образцах. Определение же аналогичных коэффициентов для прочностных свойств не представляется возможным, поскольку параллельные образцы равнозначной плотности зачастую характеризуются неоднородным строением и, как следствие, различной прочностью.

Таким образом, установлена взаимосвязь между структурным строением пеностекла и его прочностными, упругими и акустическими свойствами. Строительное и техническое пеностекло Гомельского стеклозавода обладает анизотропией свойств. При этом направления, перпендикулярные к вспениванию, характеризуются более высокими их показателями, что обусловлено формированием структуры с эллипсоидными ячейками, вытянутыми в направлениях x , y , и, соответственно, увеличением площади активного (по стеклу) сечения пеностекла. Поскольку формирование пеностекла протекает в стекломассе с достаточно низкой вязкостью ($10^{5,9} - 10^{4,5}$ Па·с) и сформировавшаяся структура пены может фиксироваться почти без изменений при последующем резком охлаждении и увеличении вязкости стекла, для получения высокопористой однородной структуры пеностекла необходимы эластичные, устойчивые к высокому давлению стенки ячеек в процессе структурообразования. Сравнительный анализ коэффициентов анизотропии подтверждает целесообразность оптимизации температурно-временного режима производства строительного пеностекла, в частности процессов вспенивания и стабилизации его структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красько К.Ф., Пилецкий В.И., Садченко Н.П. К вопросу об упруго-механических свойствах пеностекла. — В сб.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1982, вып. 11, с. 70—73.

УДК 666.295

О.С. БАБУШКИН, Е.М. КУРПАН, канд.-ты техн. наук,
В.В. БЕРЕЖНАЯ (БТИ)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ТИТАНАТА АЛЮМИНИЯ НА ТКЛР КРИСТАЛЛИЗУЮЩИХСЯ СТЕКОЛ*

Как известно [1], термостойкость керамики характеризует прочность при резких сменах температур. Термостойкость в основном определяется тремя показателями: прочностью образца, температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) и модулем упругости [1,2]. Для большинства видов керамики и стеклокристаллических материалов доминирующим показателем является температурный коэффициент линейного расширения [1,3].

* Работа выполнена под руководством докт. техн. наук, профессора Н.М. Бобковой.