

на Т.И. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1978, вып. 7, с. 102—108. 5. Стеклообразование и кристаллизационная способность стекол, полученных на основе шлаков комбината "Южуралникель"/Л.А. Жунина, Т.И. Ротман, Л.Г. Дашинский и др. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1980, вып. 9, с. 12—15. 6. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. — М., 1968. — 288 с. 7. Ротман Т.И., Дашинский Л.Г., Жунина Л.А. Исследование влияния примесей на кристаллизационную способность стекол, полученных на основе шлаков комбината "Южуралникель". — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1981, вып. 10, с. 63—68. 8. Жунина Л.А. Исследование и синтез пироксеновых ситаллов. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикатные материалы. Минск, 1970, вып. 1, с. 83—84.

УДК 666.189.3.004

Н.П. САДЧЕНКО,
С.С. АКУЛИЧ, канд-ты техн.наук,
Б.К. ДЕМИДОВИЧ, д-р техн.наук,
К.Ф. КРАСЬКО, Л.А. КИСЕЛЕВА (Минск. НИИСМ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЕНОСТЕКЛА

Пеностекло, производимое на основе углеродсодержащих газообразователей, характеризуется замкнуто-ячеистой структурой. При этом содержание сообщающихся ячеек определяет величину предельного водонасыщения материала. Выпускаемое Гомельским стеклозаводом строительное и техническое пеностекло при средней плотности 180 и 150 кг/м³, механической прочности не менее 0,7 и 1,0 МПа имеет предельное водонасыщение 2—7 и 10—14 % объема.

Выполненное в настоящей работе исследование эксплуатационных свойств пеностекла дополняет ранее полученные результаты [1, 2], позволяет расширить методы его испытания и область применения. Значительное влияние на свойства пеностекла оказывает его макроструктура, определяемая размером и формой ячеек, их распределением, а также количественным соотношением газовой и стекловидной фаз.

Поскольку существующие методики определения макроструктурных характеристик пеностекла трудоемки, для интегральной оценки структуры и прочности пеностекла может быть использован рассчитанный по скорости ультразвука динамический модуль упругости [3].

В ходе эксперимента нами была установлена достаточно тесная взаимосвязь между пределом прочности при сжатии ($R_{сж}$) и динамическим модулем упругости ($E_{дин}$), определенным по экспериментальной скорости УЗК в стержне. Эксперимент проводили на образцах технического пеностекла. При этом для измерения скорости ультразвуковых колебаний C и $R_{сж}$ использовали образцы размером

40x40x160 мм. Применение датчиков различной частоты (25, 60, 125 кГц) позволило изменить длину волны акустических колебаний от 1,2 (при 150 кГц) до 12,0 см (при 25 кГц). При таких вариациях длин волн и использовании образцов пеностекла размером 40x40x160 мм возможен переход от скорости в стержне $C_{ст}$ к скорости в массиве $C_{м}$. Определение независимых скоростей $C_{ст}$ и $C_{м}$ позволило рассчитать по известным формулам [4] $E_{дин}$. Значения $E_{дин}$, рассчитанные для технического пеностекла плотностью 131—181 кг/м³ двумя способами — по скорости ультразвуковых колебаний в стержне и резонансной частоте, приведены в табл. 1. Отклонение их средних значений (6—7 %) находится в пределах ошибки эксперимента

Зависимости предела прочности при сжатии ($R_{сж}$) от плотности γ и от динамического модуля упругости $E_{дин}$ для интервала плотности пеностекла 131—181 кг/м³ могут быть представлены с некоторым приближением в виде линейных функций:

$$R_{сж} = 0,024 \gamma - 2,24; \quad (1)$$

$$R_{сж} = 0,00182 E_{дин} - 0,83. \quad (2)$$

Анализ показателей прочности, рассчитанных по уравнениям (1,2), позволяет заключить, что $R_{сж}$, γ и $E_{дин}$ имеют достаточно тесную взаимосвязь (табл. 2). Причем коэффициент парной корреляции для функции (2) значительно выше ($r = 0,84$), чем для функции (1) ($r = 0,64$). Их среднеквадратичные отклонения σ , соответственно, 0,07 и 0,15.

Табл. 1. Показатели динамического модуля упругости технического пеностекла

Плотность γ , кг/м ³		Скорость ультразвуковых колебаний (УЗК) C , м/с				Динамический модуль упругости $E_{дин}$, МПа			
		в стержне, $C_{ст}$		в массиве, $C_{м}$		измеренный по скорости УЗК		измеренный резонансным методом	
min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
131	181	2516	3292	2658	3493	892	1954	644	1645

Табл. 2. Предел прочности при сжатии технического пеностекла

Плотность γ , кг/м ³		Прочность $R_{сж}$, МПа					
		экспериментальная		расчетная по (1)		расчетная по (2)	
min	max	min	max	min	max	min	max
131	181	0,67	2,98	0,92	2,14	0,79	2,72

Практическое использование полученной зависимости (2) позволит значительно увеличить объем проверяемой продукции и оперативно корректировать технологический процесс.

Испытание морозостойкости проводили на плитах технического и строительного пеностекла, а также на блоках строительного пеностекла, опиленных только с боковых сторон. Образцы размером 350x200x80 мм имели однородную ячеистую структуру и плотность, характерную для выбранных марок пеностекла. Разрушение пеностекла наблюдали в виде тонких (в 1—2 слоя) ячеек локальных отслоений на поверхности образцов. Их начало отмечали после 1—3 циклов у плит технического пеностекла и 1—2 циклов — у плит строительного пеностекла; блоки отслаивались после 1—4 циклов. В целом после 25 циклов объем отслоений невелик и не превышает 5 % объема у технического и строительного пеностекла.

Кинетика попеременного замораживания при -15°C и оттаивания технического пеностекла характеризуется плавным возрастанием водопоглощения и не превышает 4 % объема после 15 циклов и 9 % — после 25. Средняя прочность при сжатии пеностекла после 25 циклов испытания составила 1—1,8 МПа, что соответствует прочности, регламентируемой стандартом. Плиты технического пеностекла, изученные совместно с клеевыми композициями для крепления, выдержали испытания на долговечность — 15 условных лет (1 условный год включает 15 замораживаний и оттаиваний на воздухе с последующим пребыванием в камере искусственной погоды).

Плиты строительного пеностекла насыщаются водой до 23 % объема. При этом за первые 15 циклов — до 17 %, далее процесс замедляется и в течение 23—25 циклов стабилизируется. Промежуточное положение занимают блоки строительного пеностекла, которые увлажняются в ходе испытания до 16 %. Таким образом, в ходе попеременного замораживания и оттаивания в воде увлажнение строительного пеностекла превышает величину, регламентируемую стандартом, что свидетельствует о деструкции материала.

Было изучено водопоглощение строительного и технического пеностекла при действии гидростатического давления. Плиты размером 350x200x80 мм и образцы-кубы размером 70x70x70 мм выдерживали в воде, в автоклаве емкостью 400 л при давлении 2,5 и 8 атм в течение 14—15 сут. При этом через каждые 3—4 сут. сливали воду и определяли массу образцов. Условный водоток составил 4—6 л/ч.

По мере выдержки строительного пеностекла при гидростатическом давлении 2,5 атм водопоглощение образцов-кубов и плит увеличивается в равной мере. Причем средний градиент водопоглощения за 4 сут. (между 7 и 11, 11 и 15 сут.) составляет, соответственно, 19 и 10 %, 23 и 8 % объема, т.е. резко снижается.

Итак, при давлении 2,5 атм процесс водонасыщения строительного пеностекла замедляется после 7 сут. и стабилизируется после

15 сут. испытания. При гидростатическом давлении 8 атм образцы-кубы и плиты увлажняются до 46 и 51 % соответственно. При этом в течение 14 сут. процесс водонасыщения замедляется, о чем свидетельствует уменьшение градиента водопоглощения каждые последующие 3—4 сут. по сравнению с предыдущими. Средний предел прочности при сжатии строительного пеностекла после испытания соответствует стандартной величине — 1,2—1,5 МПа для образцов-кубов и 1,6 МПа — для плит.

При выдержке пеностекла под давлением 2,5 атм средние пробы воды отбирали перед заполнением автоклава после каждых 4 сут. испытания и определяли в них содержание ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} + K^{+} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , pH, а также окисляемость, сухой остаток, карбонатную, некарбонатную и общую жесткость. После 12 сут. испытания образцы-кубы увлажнились до 6,3 %, а плиты — только до 1,8 % объема, поскольку объем поврежденной при механической обработке структуры невелик. Однако для всех образцов отмечается некоторое увеличение градиента влажности. Пробы воды в ходе испытания аналогичны исходным по общей жесткости — 4,2—4,6 мг экв/л и относятся к умеренно жестким. Однако после 8 и 12 сут. на 20—25 % увеличивается содержание щелочных ионов, в меньшей степени — ионов SO_4^{2-} и сухого остатка.

При гидростатическом давлении 8 атм образцы-кубы и плиты наиболее интенсивно увлажняются в течение первых 9 сут. — в среднем до 16,5 %. При этом уже через 3 сут. наблюдается полное или локальное разрушение образцов, водопоглощение которых превысило 30 % объема. Далее водопоглощение возрастает не столь резко — до 21 % объема и разрушение пеностекла не наблюдается. Предел прочности при сжатии технического пеностекла после испытания при давлении 2,5 и 8 атм в среднем составляет 1,0—1,5 МПа, у отдельных образцов — 0,4—0,7 МПа.

Таким образом, увлажнение технического пеностекла при гидростатическом давлении 2,5 атм не превышает допустимых стандартом 7 % объема, при котором влагой насыщаются два поверхностных слоя ячеек в лабораторных образцах и один слой ячеек в изделиях-плитах. Средняя прочность плит соответствует стандартной. Строительное пеностекло также сохраняет достаточно высокую прочность — 1,5 МПа; его увлажнение не превышает величины, достигаемой при кипячении (4 % объема) по методике испытания зарубежного (ГДР, США) и отечественного технического пеностекла. При гидростатическом давлении 8 атм увлажнение технического пеностекла превосходит, а механическая прочность не достигает стандартной величины. Строительное пеностекло сохраняет стандартную прочность, однако увлажняется до 50 % объема, что свидетельствует о деструкции материала в ходе испытания.

Обобщение изученных влажностных и механических характеристик позволяет заключить, что строительное и техническое пеностекло пригодно для эксплуатации в воздушной среде с влаж-

ностью 97 % и в воде при гидростатическом давлении до 2,5 атм; техническое пеностекло, кроме того, может применяться в условиях попеременного замораживания до -15°C и оттаивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. О стабильности свойств пеностекла/Б.К.Демидович, Н.П. Садченко, Л.А. Киселева, С.С. Акулич. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1977, вып. 6, с. 80—83. 2. Эксплуатационные свойства пеностекла/Н.П. Садченко, Б.К. Демидович, С.С. Акулич, Л.А. Киселева. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1983, вып. 12, с. 51—54. 3. Красько К.Ф., Садченко Н.П., Пилецкий В.И. Анизотропия свойств пеностекла. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1983, вып. 12, с. 54—57. 4. Почтовик Г.Я., Злочевский А.Б., Яковлев А.И. Методы и средства испытания строительных конструкций/Под ред. Ю.А. Нилендера. — М., 1973, с. 80—81.

УДК 666.1:658.562

Н.С. БАСОВА, канд.техн.наук (БИСИ)

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО СТЕКЛА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЕГО ОЦЕНКИ НА БАЗЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ

В XI пятилетке в стекольной промышленности планируется увеличение выпуска продукции высшей категории качества на 20 % [1]. Важным средством выполнения этих планов, заданий и программ является стандартизация. На современном этапе возрастает научная обоснованность стандартизации. Разрабатываются принципы комплексной стандартизации и на основе программно-целевого метода. Программы комплексной стандартизации строительных материалов, как правило, предусматривают трехуровневую структуру: 1) общие требования по всей однотипной продукции; 2) общие требования к сырью, материалам, оборудованию; 3) технические условия на конкретные виды продукции [2]. Это соответствует принципам Единой системы государственного управления качеством продукции, согласно которым оно формируется на стадиях исследования и проектирования, воспроизводится на стадии изготовления, сохраняется на стадии обращения и реализации, восстанавливается на стадии эксплуатации.

На первоначальной стадии получения стекла важным является прогнозирование и выбор актуальной тематики НИР. Уровень качества может стать при этом критерием оптимизации планов научных исследований. В литературе приводятся структура и алгоритм расчета показателей качества продукции на этой стадии [3].

На стадии изготовления качество стекла предопределяется качеством стекольной шихты, стекломассы, оборудования, труда