

**ПЕНОСТЕКЛО ИЗ УЖУРСКИХ НЕФЕЛИНОВ**

А. В. ПЕТРОВ, С. С. НЕСТЕРЕНКО, Ж. В. РОДИОНОВА

(Представлена научным семинаром кафедры технологии силикатов)

Тепло и звукоизоляционный материал ячеистого строения, называемый пеностеклом, находит все большее применение для теплоизоляции холодильников, тепловых агрегатов и как звукопоглощающий материал в строительстве [1].

Производство пеностекла основано на вспенивании стекольного порошка газообразователями в температурном интервале 700—900°.

Ужурские нефелины, являющиеся одним из месторождений нефелинсодержащих пород Красноярского края, в последние годы исследуются на кафедре технологии силикатов как сырье для стекольной промышленности, заменяющее дефицитные щелочсодержащие и другие сырьевые материалы. Возможность использования нефелинсодержащих пород в производстве стекла, как показано ранее [2], обусловливается сходством их составов с составами стекломасс. Содержание щелочей, которые являются наиболее ценной составной частью, доходит в Ужурских нефелинах до 13%, высокое содержание окиси алюминия (до 25%) придает стеклу высокую термическую и механическую прочность и высокую химическую устойчивость по отношению к щелочам и воде. Значительное количество окислов железа (до 10%) позволяет вырабатывать стекла темно-зеленого и черного цветов в виде строительных марблитов, облицовочных плиток, зеленых бутылок и других изделий. Из литературы [3, 4] известно, что пористый материал из горных пород можно получать без перевода их в стеклообразное состояние и из стекольного порошка, полученного в результате плавления шихт, содержащих горные породы.

В задачу нашего исследования входило получение пористого материала непосредственно из нефелиновой породы и из стекольного порошка, приготовленного на ее основе. Проведенные исследования показали, что измельченная и смешанная с газообразователем (карбидом кремния) нефелиновая порода вспучивается при температуре около 1200°C (температура плавления породы — 1220°C), образуя пористый материал неравномерной структуры с широким диапазоном по объемному весу 0,5—1,3 г/см<sup>3</sup>. Введением плавикового шпата и кальцинированной соды удается снизить температуру вспенивания до 1100°C, но вследствие короткого интервала спекания (20°C) процесс вспенивания породы и ее синтетических смесей становится чрезвычайно чувствительным к колебаниям теплового режима печи, в результате чего образцы быстро деформируются и плавятся. Добавка кварцевого песка до 30% способст-



вует образованию расплава, обладающего способностью резко уменьшать вязкость даже при незначительном повышении температуры, отчего интервал спекания так же почти не расширяется (25—30°C), поэтому получать пористый материал по указанной технологии из исследуемого сырья в промышленных условиях невозможно.

Дальнейшие работы основывались на предварительном получении стекол из шихт, содержащих 50 и выше процентов нефелиновой породы, с последующим их вспениванием. Для этой цели использовался один из разработанных нами составов стекла (табл. 1). В состав шихты вводились нефелиновая порода, обогащенный кварцевый песок Туганского месторождения, мел и сульфат натрия, расчетные химические составы и весовые количества которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные химические составы и весовые количества сырьевых материалов

Сырьевые материалы	Кол-во в г	Химический состав в %							
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	сумма
Нефелин . . . . .	60,31	25,13	15,36	4,57	0,66	4,92	0,18	5,1	55,92
Песок . . . . .	29,39	29,10	0,06	0,006	—	0,02	0,01	0,04	29,24
Сульфат . . . . .	20,33	—	—	—	—	—	—	8,86	8,86
Мел . . . . .	10,50	—	—	—	—	5,88	—	—	5,88
Восстановитель . .	0,97	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма . . . . .	121,50	54,23	15,42	4,576	0,66	10,82	0,19	14,00	99,90
Заданный состав стекла . . . . .		55,0	20,0	—	—	11,0	—	14,0	100

Приготовленные шихты помещались в корундизовые тигли емкостью 100 см<sup>3</sup> и варились в электрической печи с силитовыми нагревателями при температуре 1350°C. До полного осветления расплавы не доводились, быстро охлаждались в холодной воде и полученный гранулированный порошок измельчался в фарфоровой шаровой мельнице емкостью 3 л до прохождения через сито 0,15 мм. В качестве газообразователя был выбран коксик, вводимый в количестве 3% от веса шихты. Из хорошо перемешанной и увлажненной шихты под давлением 400 кг/см<sup>2</sup> прессовались образцы цилиндрической формы, диаметром 25 мм, затем подвергались вспениванию в силитовой печи при установленных опытом температурах: 780, 820, 860, 880 и 900°C с выдержкой в 5, 10, 15 и 20 минут. Вспенивание стекольного порошка происходит газовой фазой, образующейся в результате термического разложения газообразователя и химических реакций, протекающих между газообразователем и некоторыми компонентами стекла.

Нами установлено, что в основе метода получения пористого материала из нефелинсодержащих стекол лежит реакция восстановления серы, содержащейся в стекле, углеродом газообразователя до сульфидной, как указывается в литературе [5], так как стекла, сваренные на кальцинированной соде не вспучивались ни при каких условиях. Вспененные образцы отжигались в муфеле. Отжиг тонких стенок изолированных пор пеностекла может быть завершен в короткий срок, но вследствие низкой теплопроводности его температурный перепад между поверхностью и ядром изделия сохраняется продолжительное время, поэтому для предотвращения появления напряжений, резко снижающих



механическую прочность, охлаждение образцов пеностекла велось со скоростью, не превышающей 5—7°C в минуту. После охлаждения образцы подвергались определению различных видов физико-механических свойств. Из стекла, приготовленного на основе Ужурских нефелинов в лабораторных условиях, получено пеностекло с объемным весом

0,36—0,5 г/см<sup>3</sup> (в плотном теле), водопоглощением до 30%, истинной пористостью около 85% и механической прочностью до 30 кг/см<sup>2</sup>. Температура начала размягчения пеностекла 700°C, коэффициент линейного расширения  $\alpha = 80 \cdot 10^{-7}$  град.<sup>-1</sup>. Структура полученного пеностекла — однородная мелкопористая с максимальным размером отдельных пор в 3—5 мм.

Петрографическим и рентгенофазовым исследованиями установлено, что при температуре 870°C и выше стенки ячеек пеностекла начинают интенсивно кристаллизироваться, образуя структуру типа пеноситалла. На это указывает также и быстро возрастающая механическая прочность образцов

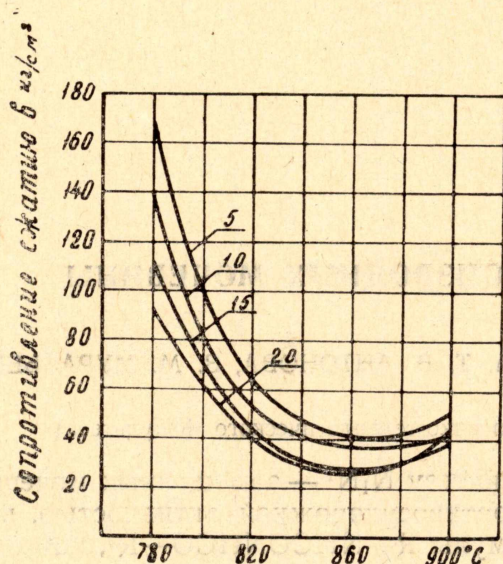


Рис. 1. Изменение прочности пеностекла при сжатии от температуры и времени выдержки

образцов (рис. 1), вспененных при температуре 900° ( $\sigma_{сж} > 50$  кг/см<sup>2</sup>). В качестве кристаллической фазы образуются пироксен, плагиоклаз и волластонит.

Таким образом, нефелинсодержащие породы Красноярского края с подшихтовкой сульфата натрия, мела и кварцевого песка могут быть использованы для получения пеностекла, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным и звукопоглощающим материалам. При этом экономия щелочей может достигать 65%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. И. Китайгородский. Стекло и стекловарение, Промстройиздат, 1950.
2. А. В. Петров, С. С. Нестеренко, Г. П. Анпилогова. Стекло из Горячегорских нефелинсодержащих пород, Труды ВХО им. Менделеева, Томск, 1969.
3. Способ получения пеностекла, патент США № 3174870, РЖХ, 16, 1966.
4. И. И. Китайгородский, Т. Н. Кешишян. Пеностекло, Промстройиздат, 1953.
5. F. Schill. Penove sklo, Praha, 1962.