

**О.Б. СКОРОДУМОВА**, канд. техн. наук,  
**О.А. РУДЫКА**, студ., НТУ «ХПИ»

## **РАЗРАБОТКА СОСТАВА ВСПЕНИВАЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ШАМОТНОГО ПЕНОЛЕГКОВЕСА**

Вивчено процеси, що впливають на ступінь спінення композиції на основі сульфону та різних стабілізаторів. Розроблено оптимальний склад спінюючої композиції та перевірено ефективність її використання у виробництві шамотної легкової цегли марки ШЛ-0,4.

The processes influencing on degree of foam composition based on sulphonol and different stabilizing agents have been studied. The optimum phase composition of the foam composite has been elaborated and the effectiveness of use at foam-light brick production has been investigated.

**Введение.** Появление на отечественном рынке огнеупоров зарубежного производства создает необходимость разработки новых технологий или усовершенствования существующих с целью повышения физико-механических и теплофизических свойств отечественных огнеупоров до уровня зарубежных аналогов.

Низкие теплопроводность и теплоемкость, высокая пористость и малый объемный вес ультралегковесных огнеупоров делают их труднозаменяемыми во многих тепловых агрегатах. Однако высокая пористость, которая по существу предопределяет их наиболее ценные свойства, значительно снижает прочность изделий. Поэтому главной задачей по улучшению свойств высокопористых огнеупорных материалов является повышение их прочности и термической стойкости.

На свойства легковесных огнеупоров оказывают значительное влияние методы их производства. Наиболее широко для производства ультралегковеса используется пенометод, позволяющий получать огнеупоры с пористостью до 85 %. Свойства легковеса, полученного по пенометоду, определяются, прежде всего, технологией получения пеномассы, и в частности, физико-химическими свойствами используемой пены и степени ее устойчивости.

Традиционно шамотный пенолегковес получают при использовании многокомпонентной вспенивающей композиции на основе карбамидоформальдегидной смолы и абиетата натрия [1 – 3]. Получение такой вспенивающей композиции является достаточно сложным и длительным процес-

сом, требующим точного соблюдения технологических параметров проведения основных его стадий:

- получение растворов карбамидоформальдегидной смолы, абиетиновой кислоты, каустика и костного клея заданной плотности;

- синтез абиетата натрия из абиетиновой кислоты и каустика;

- смешение растворов в заданном соотношении для получения вспенивающей композиции.

Структура пен определяется соотношением объемов газовой и жидкой фаз. В ряду увеличения этого соотношения форма ячеек пены изменяется от сферической до полиэдрической. Состояние пены с многогранными ячейками близко к равновесному, поэтому такие пены обладают большей устойчивостью, чем пены со сферическими ячейками.

В пенах пленки жидкости микронной толщины легко подвергаются внешним воздействиям (движение воздуха, испарение, температура и т.д.), поэтому нарушение технологических параметров получения вспенивающей композиции приводит к снижению степени ее вспенивания, потере мелкопористой структуры пены за счет коалесценции пузырьков воздуха и преждевременному оседанию пены [4]. Применение неустойчивой пены в производстве шамотного пенолегковеса повышает процент брака сырца при сушке и снижает прочность кирпича после обжига.

Известно, что пенообразующая способность в значительной степени зависит от строения молекул ПАВ, а также их концентрации в растворе [5]. Наилучшую пенообразующую способность имеют растворы алкилбензолсульфонатов  $C_{11} - C_{12}$  при умеренной разветвленности цепи.

В связи с вышесказанным необходимо использовать ПАВ, обладающие высокой вспенивающей способностью, которая бы обеспечивала образование полиэдрических ячеек в пене.

Для повышения стабильности пен в раствор ПАВ вводят различные вещества – стабилизаторы. Эти вещества обеспечивают увеличение вязкости раствора ПАВ, что способствует замедлению процесса истечения жидкости из пен. Использование двухкомпонентных составов вспенивающей композиции обеспечивает сокращение количества технологических операций получения пены, значительно упрощает технологию шамотного пенолегковеса и снижает его стоимость, что указывает на актуальность проводимых исследований.

Целью настоящих исследований являлась разработка двухкомпонентного состава вспенивающей композиции для производства шамотного пенолегковеса марки ШЛ-0,4.

**Материалы и методики исследований.** Для исследований использовали анионоактивные поверхностно-активные вещества: сульфол (алкилбензолсульфонат натрия) марки МП-3 и Hostapur OSB (Германия). В качестве стабилизаторов использовали растворы столярного клея (СК), триполифосфата натрия (ПФ), а также неионогенное ПАВ, которое далее по тексту будет обозначаться «СТ».

Пену получали методом взбивания ершиком в цилиндре емкостью 1 л [5]. Продолжительность приготовления пены составляла 2 мин.

Кратность пены определяли по величине отношения объема полученной пены  $V_n$  (мл) к объему раствора  $V_{ж}$ , затраченного на ее образование:

$$K_n = \frac{V_n}{V_{ж}}$$

Потери объема пены через  $\alpha_t$  через 1( $\alpha_1$ ) и 2( $\alpha_2$ ) часа после приготовления определяли по формуле:

$$a_t = \frac{V_0 - V_t}{V_0} \cdot 100\%,$$

где:  $V_0$  – объем свежеприготовленной пены, мл

$V_t$  – объем пены через  $t$  часов после приготовления.

Принимая во внимание, что многие вспенивающие композиции с высокими значениями кратности пены быстро теряют объем, рассчитывали отношение  $K_n/\alpha_t$ , которое связывает два основных показателя пены и дает представление о ее устойчивости и эффективности применения.

Полученные результаты сравнивали с характеристиками вспенивающей композиции на основе карбамидоформальдегидной смолы и абиетата натрия (КЗ), применяемой на технологической линии получения шамотного пенолегковеса ШЛ-0,4 ООО «Михайловские огнеупоры» (Сумская обл.).

**Экспериментальная часть.** Снижение температуры исходного раствора приводит к заметному увеличению вспенивающей способности сульфонола, что указывает на возможность его эффективного использования в осенне-зимний период, когда температура водопроводной воды снижается до 10 – 12 °С.

Повышение концентрации раствора сульфонола (табл. 1) приводит к некоторому снижению коэффициента вспенивания. При этом наибольшей живучестью характеризуются пены, полученные на основе 0,5 и 1 %-ного сульфонола. Для дальнейших исследований была выбрана концентрация раствора сульфонола 1%, обеспечивающая не только высокую степень вспенивания, но и устойчивость пены в течение двух часов после приготовления.

Таблица 1

Устойчивость пены на основе раствора сульфонола различной концентрации

Концентрация сульфонола, %	Кп	$\alpha_1$	Кп/ $\alpha_1$	$\alpha_2$	Кп/ $\alpha_2$
0,5	17,6	3,25	5,42	39,0	0,45
1,0	16,9	6,8	2,49	32,2	0,52
2,0	14,0	8,16	0,5	20,4	0,69
4,1	12,9	5,6	2,3	-	-

ПАВ-стабилизаторы вводили в раствор сульфонола в соотношении 1 : 1. В табл. 2 приведены результаты определения основных показателей пены в зависимости от концентрации стабилизаторов.

Использование в качестве стабилизаторов раствора столярного клея или триполифосфата натрия не обеспечивает достаточной степени устойчивости пены через 1 час после приготовления, что не технологично с точки зрения промышленного получения шамотного ультралегковеса.

Использование стабилизатора СТ обеспечивает высокую устойчивость пены в течение 2 часов и более (табл. 2). Как видно из таблицы, при добавлении 0,75 %-ного стабилизатора СТ к 1 %-ному раствору сульфонола достигается наивысшая устойчивость пены, поэтому такая концентрация стабилизатора была принята за оптимальную.

Было установлено, что температурные условия и продолжительность хранения сульфонола не снижают его вспенивающую способность, что делает его более перспективным материалом для использования в производстве

шамотного легковеса в сравнении с обычно применяющейся вспенивающей композицией КЗ (табл. 3).

Таблица 2

Характеристика пены на основе сульфонола и различных стабилизаторов

Концентрация компонентов, %				Кп	$\alpha_1$	Кп/ $\alpha_1$	$\alpha_2$	Кп/ $\alpha_2$
Сульфо-нол	«СТ»	Триполи-фосфат натрия	Столяр-ный клей					
1,0	0,2	-	-	15,6	3,67	4,3	6,4	2,4
1,0	0,4	-	-	16,7	5,98	2,8	8,5	2,0
1,0	0,5	-	-	16,0	8,75	0,2	-	-
1,0	0,75	-	-	15,7	2,73	5,8	3,6	4,4
1,0	-	0,2	-	17,1	9,17	1,9	33,3	0,51
1,0	-	0,4	-	17,4	10,66	1,6	33,0	0,53
1,0	-	0,5	-	16,6	7,76	2,1	31,0	0,54
1,0	-	0,75	-	16,0	10,71	1,5	37,5	0,43
1,0	-	-	0,2	18,4	13,18	1,4	65,1	0,28
1,0	-	-	0,4	17,6	24,39	0,7	59,3	0,3
1,0	-	-	0,5	18,9	35,6	0,5	73,5	0,26
1,0	-	-	0,75	17,7	22,58	0,8	63,7	0,27

Таблица 3

Сравнительная характеристика устойчивости пены на основе различных вспенивающих композиций

№	Состав вспенивающей композиции, %					Кп	$\alpha_1$	Кп/ $\alpha_1$	$\alpha_2$	Кп/ $\alpha_2$
	КЗ	сульфонол 1 %-ный	Hostapur		СТ 0,75 %-ный					
			1 %-ный	0,5 %-ный						
1	100	-	-	-	-	14,3	16	0,89	-	-
2	-	50	-	-	50	15,7	2,73	5,8	3,6	4,4
3	-	50*	-	-	50	14,6	7,3	2	12,2	1,2
4	-	-	50	-	50	16,1	0	max	0	max
5	-	-	-	50	50	14,6	0,48	30,41	0,48	30,41

\* – использован сульфонол после длительного хранения (в течение 5 лет) в неотапливаемом помещении.

Использование сульфонола после длительного хранения приводит к снижению степени устойчивости пены примерно втрое. Однако даже в таком случае показатели пены на основе сульфонола остаются значительно выше

показателей устойчивости пены КЗ. Под микроскопом в отраженном свете хорошо видна грубодисперсная структура пены КЗ, содержащей до 50 об. % пузырьков воздуха диаметром до 3 мм. Мелкие пузырьки легко коалесцируют. При разрушении крупных пузырьков происходит истечение жидкости из межячеевых пленок, приводящее к разрушению пены. Форма ячеек пены КЗ – сферическая. Пена на основе сульфонола представлена как сферическими, так и шестигранными ячейками размером 1мм и ниже.

Использование сильного вспенивателя “Hostapur OSB” обеспечивает получение наиболее устойчивой пены, которая не меняет своих характеристик в течение 24 часов. Из табл. 3 видно, что потерь объема пены в первые 2 часа после приготовления не наблюдается. Размер (< 1 мм) и шестигранная форма ячеек пены сохраняются в течение 12 – 16 часов после приготовления.

На основе лучших составов вспенивающих композиций были выпущены опытно-экспериментальные партии шамотного пенолегковеса ШЛ-0,4 в условиях ООО «Михайловские огнеупоры» (табл. 4) и определены их физико-механические характеристики.

Таблица 4

Физико-механические свойства опытно-экспериментальных партий пенолегковеса

№ замеса	Состав пены	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>			Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа
		Шликера	Пориз. шликера	пенomассы		
1	КЗ	1,405	0,64	0,59	0,45	8,6
2	1 %сульф. + 0,75 %СТ	1,41	0,64	0,57	0,46	11,2
3	1 %Hostapur + 0,75 %СТ	1,41	0,59	0,585	0,42	10,5
4	0,5 %Hostapur + 0,75 %СТ	1,41	0,57	0,58	0,42	6,3

По результатам испытания опытно-экспериментальных партий были выпущены 2 опытно-промышленные партии в количестве 1,3 т каждая с использованием вспенивающей композиции на основе сульфонола. На статистически представительной партии образцов была определена средняя кажущаяся плотность пенолегковеса (0,40 г/см<sup>3</sup>) и предел прочности при сжа-

тии (0,65 МПа). Анализ полученных результатов испытаний показал, что определяющее влияние на кажущуюся плотность образцов оказывает качество пены и связанное с ним значение объемного веса пеномассы. При объемном весе пеномассы 0,56 г/см<sup>3</sup> средняя плотность обожженного кирпича составляла 0,34 г/см<sup>3</sup>. Увеличение объемного веса пеномассы до 0,59 г/см<sup>3</sup> приводило к повышению плотности кирпича до 0,42 г/см<sup>3</sup>.

Прочность кирпича определяется преимущественно режимом сушки сырца и тем выше, чем мягче режим. Так, мягкая сушка в течение 2,5 суток обеспечивала достижение значения прочности кирпича до 1,2 МПа.

Сокращение продолжительности сушки за счет повышения температуры в туннельных сушилах приводит к резкому снижению прочности кирпича до 0,5 – 0,6 МПа.

Теплопроводность образцов легковеса плотностью 0,4 г/см<sup>3</sup> на основе сульфонола составила 0,237 Вт/мград (при 340 °С) по сравнению со значением 0,246 Вт/мград (при 340 °С), соответствующим теплопроводности пенолегковеса, выпускаемого на ООО «Михайловские огнеупоры».

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования в качестве вспенивающего компонента сульфонола отечественного производства.

**Выводы.** В результате проведенных исследований:

- разработан состав вспенивающей двухкомпонентной композиции на основе сульфонола;
- показано влияние типа стабилизатора на устойчивость пены сульфонола;
- на основе разработанной вспенивающей композиции оптимального состава выпущены экспериментальные и опытно-промышленные партии шамотного пенолегковеса ШЛ-0,4, результаты испытания которых показали перспективность внедрения разработанной композиции в производство.

**Список литературы:** 1. *Гузман И.Я.* Высокоогнеупорная пористая керамика. – М: Металлургия, 1971. – 208 с. 2. Foam ceramics process development // *Ceram. Ind. Int.* – 1996. – 106, № 1118. – Р. 2 – 11. 3. *Черепанов Б.С.* Физико-химические процессы в технологии пенокерамики // *Техника и технология силикатов.* – 1994. – Т. 1, № 2. – С. 37 – 39. 4. *Абрамзон А.А.* Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение. – Л: Химия, 1975. – 248 с. 5. *Тихомиров В.К.* Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М: Химия, 1975. – 264 с.

*Поступила в редколлегию 11.09.08*