

*О.Б. Скородумова, д.т.н., доцент, НУГЗУ,
Е.В. Тарахно, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
В.А. Шулика, курсант, НУГЗУ*

К ВОПРОСУ О СНИЖЕНИИ УРОВНЯ ОПАСНОСТИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ШАМОТНОГО ПЕНОЛЕГКОВЕСА

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

Исследованы пути снижения уровня опасности чрезвычайной ситуации природного характера на производстве шамотного пенолегковеса. Показано, что количество выделяющегося при сушке пенолегковеса формальдегида значительно превышает установленные ПДК, создавая опасность онкозаболеваний у работников завода. Предложено заменить вспенивающую композицию на основе карбамидоформальдегидной смолы безвредной композицией на основе сульфанола. Разработанный состав вспенивающей композиции обеспечивает не только снижение опасности возникновения чрезвычайной ситуации на производстве, но и улучшает физико-механические свойства пенолегковеса. **Ключевые слова:** сульфанол, карбамидоформальдегидная смола, формальдегид, уровень опасности чрезвычайной ситуации природного характера, шамотный пенолегковес.

Постановка проблемы. Карбамидоформальдегидная смола (КФЖ) используется в составе связующих материалов в качестве основы клеев для производства деревостружечных плит, для пропитки бумаги при выпуске синтетического шпона, приготовления лака, изготовления стержней и форм в металлургической промышленности, а также как основа вспенивающей композиции в производстве шамотного ультралегковеса, широко применяемого для теплоизоляции тепловых аппаратов в различных отраслях промышленности.

Шамотный ультралегковес традиционно производится пенометодом – смешением глино-шамотного шликера со вспученным перлитом и пеной. Получаемая пеномасса очень неустойчива и подвержена влиянию реологических характеристик шликера, состава вспенивающей композиции и температурных режимов сушки.

Для получения устойчивой пены обычно используется композиция на основе карбамидоформальдегидной смолы, клее-канифольной эмульсии и абиеата натрия. Сложность состава композиции обусловлена тем, что каждый компонент выполняет свою, строго определенную функцию: пенообразователя, стабилизатора пены, стабилизатора пеномассы.

Отформованный сырец пенолегковеса перед обжигом поступает в туннельное сушило для проведения мягкой сушки, обеспечивающей не только удаление избыточной влаги из сырца, но и его некоторое уп-

рочнение за счет завершения реакций полимеризации в пене на основе карбаминоформальдегидной смолы.

В процессе сушки из сырца пенолегковеса выделяется в атмосферу мономер - формальдегид, который всегда присутствует в карбаминоформальдегидной смоле.

По данным [1] ПДК формальдегида в воздухе рабочей зоны составляет $0,5 \text{ мг/м}^3$, среднесменная доза – $0,01 \text{ мг/м}^3$, ПДК в воде – $0,05 \text{ мг/л}$.

Из приведенных данных следует, что использование готовых материалов, содержащих карбаминоформальдегидную смолу, в основном, безвредно из-за очень малого содержания в этих материалах формальдегида, который постепенно выделяется в воздух из материала в микроколичествах, не нанося вред здоровью людей. Однако иной представляется экологическая ситуация на промышленных предприятиях, производящих эти материалы, особенно на тех, где используется тепловая обработка готовых изделий, приводящая к активному выделению формальдегида в окружающую среду.

Огнеупорный завод, специализирующийся на изготовлении огнеупорных легковесов разных марок, в среднем в месяц выпускает до 140 тонн продукции. На 1 тонну готового пенолегковеса необходимо 8кг смолы КФЖ [2]. Согласно ГОСТ 14231-99 в смоле содержание свободного формальдегида должно быть не более 0,9 масс.%. Несложные расчеты позволяют сделать вывод, что в процессе сушки легковеса из туннельного сушила в сутки выделяется 336г формальдегида, а значит, рабочие, обслуживающие в течение смены сушило, находятся в зоне повышенной опасности онкозаболеваний.

В связи с вышесказанным, возникла проблема снижения уровня опасности чрезвычайной ситуации на производстве шамотного пенолегковеса.

Анализ последних исследований и публикаций. Известно, что физико-механические свойства шамотного легковеса зависят от состава и структуры пены, которая, в свою очередь, 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 [2].

В пенах пленки жидкости микронной толщины легко подвергаются внешним воздействиям (движение воздуха, испарение, температура и т.д.) [4], 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. Применение неустойчивой пены в производстве шамотного пенолегковеса повышает процент брака сырца при сушке и снижает прочность кирпича после обжига [5].

Используемый на производстве состав вспенивающей композиции не обеспечивает стабильного качества легковеса, так как вспениваемость и устойчивость получаемой пены зависит от качества исходных компонентов, температуры воздуха и технической воды и атмосферного давления.

Известно, что пенообразующая способность в значительной степени зависит от строения молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ), а также их концентрации в растворе [5]. Наилучшую пенообразующую способность имеют растворы алкилбензолсульфонатов C_{11} - C_{12} при умеренной разветвленности цепи. Для повышения устойчивости пен в исходный раствор ПАВ вводят различные вещества – стабилизаторы. Эти вещества обеспечивают увеличение вязкости раствора ПАВ, что способствует замедлению процесса истечения жидкости при вспенивании.

Постановка задачи и ее решение. Задача исследований – поиск путей снижения уровня опасности чрезвычайной ситуации на производстве шамотного пенолегковеса путем разработки экологически чистой технологии шамотного ультралегковеса без использования смолы КФЖ.

С этой точки зрения перспективным представляется разработка двухкомпонентной вспенивающей композиции, свойства которой не зависят от температурно-влажностных характеристик окружающей среды.

Использование двухкомпонентных составов вспенивающей композиции сульфонол – стабилизатор позволит отказаться от многокомпонентного состава композиции, содержащей смолу КФЖ, что приведет к сокращению количества технологических операций получения пены, значительно упростит технологию шамотного пенолегковеса, а значит, снизит его себестоимость, а также улучшит экологическую обстановку на производстве и снизит уровень опасности чрезвычайной ситуации на производстве.

Для исследований использовали анионоактивные поверхностно-активные вещества: сульфонол (алкилбензолсульфонат натрия) марки МП-3 ($ПДК_{\text{в}} = 0,5 \text{ мг/л}$) и Hostapur OSB (Германия). В качестве стабилизаторов использовали растворы столярного клея (СК), триполифосфата натрия (ПФ), а также неионогенное ПАВ - стабилизатор (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 $V_{\text{п}}$ (мл) к объему раствора $V_{\text{ж}}$, затраченного на ее образование

$$K_{\text{п}} = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ж}}}$$

Потери объема пены через $\alpha_{\text{т}}$ через 1ч. (α_1) и 2ч. (α_2) после приготовления определяли по формуле:

$$\alpha_{\tau} = \frac{V_0 - V_{\tau}}{V_0} \cdot 100\%,$$

где V_0 – объем свежеприготовленной пены, мл.; V_{τ} – объем пены через τ часов после приготовления.

Принимая во внимание, что многие вспенивающие композиции с высокими значениями кратности пены быстро теряют объем, рассчитывали отношение $K_{\text{п}}/\alpha_{\tau}$, 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 абьетата натрия (КЗ), применяемой на технологической линии получения шамотного пенолегковеса ШЛ-0,4 ООО «Михайловские огнеупоры» (Сумская обл.).

Как показали предварительные исследования, сульфенол является эффективным пенообразователем, причем вспенивающая способность его возрастает с понижением температуры. Это открывает дополнительные перспективы его использования при производстве пенолегковеса в осенне-зимний период, когда температура водопроводной воды составляет 12-14 °С.

Снижение концентрации сульфенола до 0,5% приводит к незначительному увеличению коэффициента вспенивания композиции, однако живучесть пены несколько ниже, чем у состава на основе 1%-ного сульфенола (через 2 часа после приготовления пена более устойчива, о чем свидетельствует снижение величины α_2).

Использование стабилизатора СТ способствует повышению устойчивости пены на основе сульфенола (табл. 1). В дальнейших исследованиях использовали стабилизатор СТ 0,75%-ной концентрации.

В присутствии выбранного стабилизатора СТ пены на основе сульфенола показывают удовлетворительную устойчивость, однако композиции на основе Hostapur (Н) наиболее эффективны (рис. 1). Для того, чтобы сделать окончательный вывод о степени эффективности вспенивающих композиций были выпущены экспериментальные партии пенолегковеса, полученного с применением пены на основе сульфенола и Hostapur (рис. 2). Определение физико-механических свойств шамотного пенолегковеса показало, что оптимальным составом можно считать вспенивающую композицию 1% сульфенол + 0,75% СТ: прочность при сжатии и кажущаяся плотность легковеса удовлетворяют требованиям ГОСТ в отличие от других составов вспенивающих композиций.

Табл. 1. Влияние различных стабилизаторов на характеристики пены на основе сульфонола

Концентрация компонентов, %				Кп	α_1	Кп/ α_1	α_2	Кп/ α_2
Сульфонол	«СТ»	Триполифосфат натрия	Столярный 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

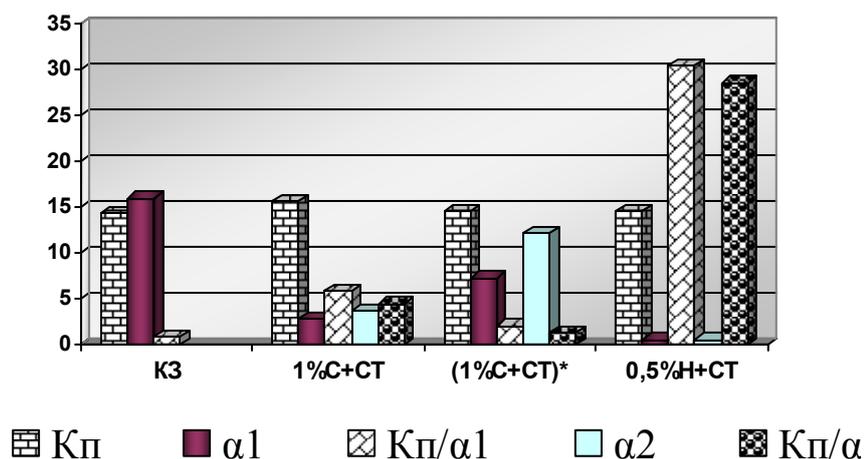


Рис. 1. Сравнительная характеристика устойчивости пены на основе различных вспенивающих композиций (1%С+СТ)* - использован сульфонол после длительного хранения (в течение 5 лет) в неотапливаемом помещении

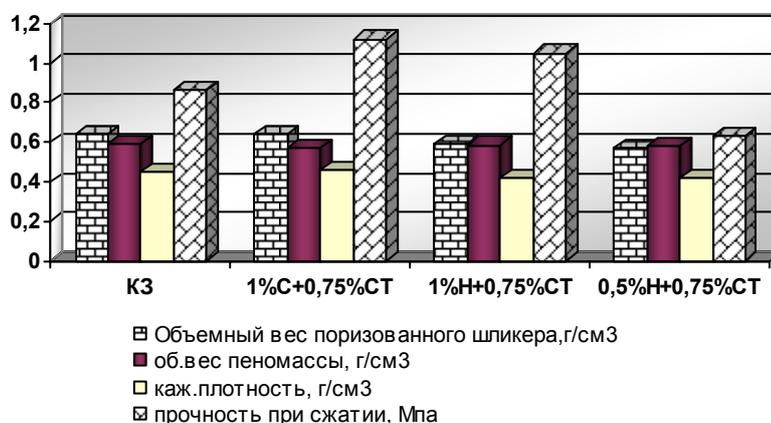


Рис. 2. Физико-механические свойства экспериментальных партий пенолегковеса

Выводы. В результате проведенных исследований решена проблема снижения уровня опасности возникновения чрезвычайной ситуации на производстве шамотного пенолегковеса путем разработки двухкомпонентного состава вспенивающей композиции, не содержащего канцерогенных веществ. Разработанная технология позволила повысить качество пенолегковеса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313—03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
2. Foam ceramics process development // *Ceram. Ind. Int.* – 1996. – N 1118. – P. 2.
3. Черепанов Б.С. Физико-химические процессы в технологии пенокерамики /Б.С. Черепанов // *Техника и технология силикатов.* – 1994. – Т.1. – № 2. – С. 37-39.
4. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение / А.А. Абрамзон. – Л.: Химия, 1975. – 248 с.
5. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В.К.Тихомиров. – М.: Химия, 1975. – 264с.

О.Б. Скородумова, О.В. Тарахно, В.О. Шуліка

До питання про зниження рівня небезпеки надзвичайної ситуації на виробництві шамотного легковагу

Досліджено шляхи зниження рівня небезпеки надзвичайної ситуації природного характеру на виробництві шамотного пінолегковагу. Показано, що кількість формальдегіду, який виділяється при сушінні піно легковагу, значно перевищує встановлені ГДК, створюючи небезпеку онкозахворювань у працівників заводу. Запропоновано замінити спінюючу композицію на основі карбамідоформальдегідної смоли нешкідливою композицією на основі сульфонолу. Розроблений склад спінюючої композиції забезпечує не тільки зниження небезпеки виникнення надзвичайної ситуації на виробництві, але і покращує фізико-механічні властивості пенолегковеса.

Ключові слова: сульфонол, карбамідоформальдегідна смола, формальдегід, рівень небезпеки надзвичайної ситуації природного характеру, шамотний пінолегковаг.

O.B. Skorodumova, E.V. Tarahno, V.A. Shulika

To the question of reducing hazard emergency at producing the fireclay lightweight

We studied the ecological situation in the production of fireclay lightweight. It is shown that the amount of formaldehyde released during drying lightweight significantly exceeds the maximum permissible concentration, creating the risk of cancer among the factory workers. It is proposed to replace the foaming composition based on a urea-formaldehyde resin composition on the basis of friendly sulphonol. Designed foaming composition provides not only improved the environmental conditions at the enterprise, but also improves the physical and mechanical properties of lightweight.

Keywords: sulphonol, urea-formaldehyde resins, formaldehyde, the level of danger natural emergencies, fireclay lightweight.