

## СОВРЕМЕННЫЕ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПЕНОБЕТОНОВ

*А.А. Гайфуллина, Л.Я. Крамар*

В статье приведен сравнительный анализ пенообразователей для пенобетонов на основе магнезиального вяжущего. Показана эффективность белковых пенообразователей и их перспективность для применения в магнезиальных ячеистых бетонах.

Ключевые слова: магнезиальный пенобетон; пенообразователи.

Живя в России, где отопительный сезон длится семь месяцев и морозы порой за окном бывают до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , каждый из нас хотя бы раз задумывался как же сделать дом (квартиру), офис, склад и т.д., по настоящему теплым. Тепла можно добиться двумя способами: во-первых, высоким расходом энергоресурсов, во-вторых, утеплением дома.

Заметим сразу: снизить теплопотери дома до нуля – из области фантастики, но добиться значительного сокращения обогрева улицы не только можно, но и нужно.

Все теплоизоляционные материалы, помимо низкой теплопроводности, должны удовлетворять следующим жестким условиям:

- соответствовать требованиям пожарной безопасности и не должны быть токсичными при высоких температурах;
- быть безопасными для здоровья;
- быть долговечными.

Одним из таких энергосберегающих и экологически выгодными строительными материалами являются ячеистые бетоны, структура которых характеризуется наличием значительного количества (до 85 % объема бетона) искусственно созданных замкнутых пор (ячеек) размером 0,5–2 мм. Различают два основных вида ячеистых бетонов: пенобетон и газобетон, которые различаются по способу получения пористости. В первом случае пористость создается путем прямого введения в растворную часть пены, а во втором – газообразующей добавки.

По данным исследований рынка, большинство строительных предприятий, использующих ячеистые бетоны на цементном вяжущем автоклавного твердения. Это обусловлено несколькими причинами: газобетон и пенобетон автоклавного твердения имеют два преимущества он более прочный и у него меньше усадочные деформации.

Широкое распространение получило производство автоклавного пенобетона, в основном развито производство пенобетона на портландцементе. Бетон, твердеющий в нормальных условиях на цементном вяжущем отличается большими усадками, что может привести к разрушениям, особенно бетонов с низкой плотностью. Во времена Советского Союза, после нескольких аварий пенобетоны нормального твердения на портландцементе были запрещены и в настоящее время наиболее надежными являются заводские изделия автоклавного твердения, получаемые на основе портландцемента.

Одним из путей, позволяющих перейти на производство пенобетонов при нормальных условиях твердения, является частичный переход на магнезиальное вяжущее (цемент Сореля).

Для создания магнезиального пенобетона необходимо установить основные требования, которым должны отвечать бетонная смесь и будущий ячеистый бетон (табл. 1).

Таблица 1

Требования ГОСТов к конструкционно-теплоизоляционным газобетонам

Физико-механические свойства	ГОСТ 31359-2007 Автоклавный бетон	ГОСТ 25485-89 Неавтоклавный бетон
Средняя плотность	D 400...D 700	D 600...D 900
Класс по прочности при сжатии	Не ниже B 1,5	B 1...B 5
Морозостойкость	F 15...F 100	F 15...F 75
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	0,096...0,17	на песке 0,12...0,24
Коэффициент паропроницаемости, мг/(м·ч·Па)	0,23...0,15	на песке 0,20...0,12
Усадки при высыхании, мм/м	на песке 0,5	3,0
Отпускная влажность, %	–	25...35

По оценке специалистов, себестоимость изделий автоклавного пенобетона в 1,5–2 раза выше, чем бетона нормального твердения.

В отличие от ячеистых бетонов на цементных и цементно-известковых вяжущих, производство изделий на магнезиальных вяжущих связано с меньшим энерго- и трудозатратами, что делает его конкурентоспособным и дает возможность расширить ассортимента специальных материалов на строительном рынке.

Целью является получения магнезиального пенобетона различной плотности и прочности, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к ячеистым бетонам конструкционно-теплоизоляционного назначения.

Первой составляющей магнезиального пенобетона является магнезиальное вяжущее, которое благодаря своим положительным свойствам, таким как быстрый набор прочности, биостойкость, экологичность, беспыльность, низкая истираемость, безыскристность, низкая пожароопасность и др., находит все большее применение для производства различных строительных материалов, к которым относятся тяжелые бетоны для полов, стекломагниевого листы, фибролитовые, ксилолитовые плиты и особый интерес представляют ячеистые бетоны, для производства которых технологии еще не разработаны [2].

В табл. 2 сведены основные технологические свойства магнезиального вяжущего строительного назначения.

Второй составляющей цемента Сореля является затворитель. В качестве затворителей для магнезиального вяжущего в основном используют хлорид или сульфат магния. На сегодняшний день наиболее эффективным является водный раствор хлорида магния [1].

При производстве пенобетона на ПЦ многие производители сталкиваются с чередой проблем, которые кажутся неразрешимыми. Приведем самые распространенные:

- 1) медленный набор прочности;
- 2) проседание пенобетонной массы;
- 3) несоответствие продукции ГОСТу (низкая прочность).

Для практического применения (из того, что присутствует на рынке) пенообразователи делятся на два вида – синтетические и белковые. Рассмотрим основные свойства этих пенообразователей при работе с ПЦ:

1. Синтетические
  - увеличивает срок схватывания и твердение пенобетонной массы;
  - снижают прочность пенобетона;
  - понижают стойкость пенобетонной массы и устойчивость к различным ускорителям;
  - практически невозможно получать пенобетоны низкой плотности.

## 2. Белковые

- не влияет на увеличение срока схватывания и твердения пенобетонной массы;
- не снижает прочность пенобетона;
- создают устойчивую пену;
- получают пенобетоны плотностью от 300.

Таблица 2

### Свойства магнезиального вяжущего строительного назначения

Требования	Норма
Массовая доля (на абсолютно сухое вещество), %	
MgO, не менее	75
CaO, не более	4,5
SiO <sub>2</sub> , не более	3,5
Потеря массы при прокаливании, % не более	18
Массовая доля влаги, % не более	1,5
Проход через сито №002, %	100
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	1,15...1,3
Тонкость помола по остаткам на ситах, не более, %	
На сите 0,2 мм	5
На сите 0,08 мм	15
Сроки схватывания	
Начало, не ранее, минут	30
Конец, не позднее, часов	8
Равномерное изменение объема	
Образцы из теста нормальной густоты не должны разрушаться и иметь радиальные или сетчатые трещины после 1 суток твердения на воздухе и 1 суток нахождения в воде	
Прочность при сжатии, МПа, не менее	
1 сутки	20...35
28 суток	50...70

Таким образом, большинство показателей белковых пенообразователей превосходят синтетические. Вследствие этого возникла необходимость проверить действие пенообразователей на свойства магнезиального вяжущего.

Для приготовления смесей для ячеистого бетона был использован магнезиальное вяжущее ПМК-75 («Комбинат «Магнезит», г. Сатка) соответствующий ГОСТ 1216-87 и разработанным на кафедре «Строительные материалы» ТУ 5745-004-70828456-2005 со следующими основными свойствами [3], синтетический пенообразователь ПБ-2010, Ареком-4 и белковый Addiment SB3, GreenFroth.

Дозировка пенообразователей составляла 0,5; 0,6; 0,7 % от массы вяжущего в пересчете на сухое вещество.

В качестве затворителя использовался водный раствор хлорид магния  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , соответствующий ГОСТ 7759-73 и ТУ – 2152-005-53561075-03 плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup>.

Для исследований физико-механических свойств сырьевых материалов, магнезиального камня и магнезиального пенобетона использовали стандартные методики табл. 3.

Таблица 3

Физико-механические методы испытаний

Вид испытаний	Метод испытаний
Магнезиальный камень	
Сроки схватывания магнезиального вяжущего	ГОСТ 310.3-92
Магнезиальный пенобетон	
Прочность при сжатии	ГОСТ 18105-86 (92)

Целью работы является изучение влияние пенообразователей различной химической природы на сроки схватывания магнезиального теста. Результаты исследований приведены в табл. 4.

Таблица 4

Зависимость сроков схватывания каустического магнезита  
от концентрации пенообразователей

Пенообразователь	Концентрация ПО, %	Нач. схватывания, мин	Кон. схватывания, мин	Прочность при сжатии, МПа, 1 сутки
Контрольный состав	–	35	68	17,2
ПБ-2010	0,5	35	70	0,24
	0,6	35	68	0,28
	0,7	38	72	0,31
Ареком-4	0,5	35	69	0,23
	0,6	37	72	0,26
	0,7	39	78	0,29
Addiment SB3	0,5	36	68	0,32
	0,6	37	69	0,37
	0,7	37	69	0,43
GreenFroth	0,5	36	69	0,37
	0,6	36	68	0,35
	0,7	36	68	0,45

Согласно приведенным результатам, синтетические пенообразователи ПБ-2010 и Ареком-4 в минимальных размерах увеличивают сроки схватывания, в то время как биологические Addiment SB3, GreenFroth практически не влияют на сроки схватывания магниального теста в первые сутки, а также на набор прочности.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что предпочтительнее использовать белковые пенообразователи, так как они практически не влияют на сроки схватывания каустического магnezита. Но применение часто используемых биологических пенообразователей, как гидрализованная кровь нежелательно, так как присутствует неприятный запах у изделия и возникновение биологической коррозии.

#### Библиографический список

1. Крамар, Л.Я. Особенности твердения магниального вяжущего / Л.Я. Крамар, Т.Н. Черных, Б.Я. Трофимов // Цемент и его применение. – 2006. – № 9. – С. 58–61.
2. Крамар, Л.Я. Теоретические основы и технология магниальных вяжущих и материалов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Л.Я. Крамар. – Челябинск, 2007. – 42 с.
3. Крамар, Л.Я. О требованиях стандарта к магниальному вяжущему строительного назначения / Л.Я. Крамар // Строительные материалы. – 2006. – № 1. – С. 54–56.