



УДК 666.3/7

А.Г. Хузагарипов – ассистент

М.Г. Габидуллин – кандидат технических наук, доцент

Кафедра строительных материалов

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕНОКЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

В последние годы на кафедре строительных материалов Казанского государственного архитектурно-строительного университета проводятся исследования по разработке эффективных строительных керамических материалов и механизмов регулирования их структуры путём изменения состава и технологии. Одним из перспективных направлений этих исследований является отработка технологии производства пенокерамики на основе местного сырья и отходов производств.

Цель работы – апробация новых технологических приёмов и составов, позволяющих регулировать структуру и свойства пеносырца и пенокерамики.

Для осуществления цели исследований была разработана технология получения пенокерамики, включающая следующие этапы: приготовление сырьевой шихты; получение шликера; раздельное приготовление пены; вспенивание шликера; формование, сушка и обжиг изделия.

Шихту готовили совместным перемешиванием в смесителе ингредиентов, соотношения которых приведены в таблице 1.

В процессе получения пенокерамического изделия по традиционному способу производства с целью регулирования структуры и улучшения свойств сырца пенокерамики (повышения прочности, снижения плотности, усадки и теплопроводности) были применены новые технологические приёмы,

изложенные ниже.

На первом этапе для улучшения физико-механических свойств черепка готовили шихту из глины, боя керамического кирпича производства Арского кирпичного завода и стекла, которое дополнительно активизировали путём совместного измельчения в шаровой мельнице до размеров частиц 70-100 мкм. Установлено, что измельчение указанных ингредиентов шихты до указанных размеров способствует активизации физико-химических процессов, происходящих при последующем обжиге пенокерамических изделий. Из таблицы 2 видно, что при тонкости помола 70-100 мкм обеспечивается наибольшая подвижность керамического шликера, что позволяет при равной подвижности шликера снизить В/Т отношение. Это способствует укреплению межпоровых перегородок, повышению прочности черепка и снижению водопоглощения изделия.

Для снижения усадки, повышения трещиностойкости сырца при сушке, снижения средней плотности и теплопроводности пенокерамического изделия в качестве выгорающей добавки использовали древесные опилки. Введение древесных опилок обоснованно их армирующим эффектом, т.к. частицы древесных опилок, дисперсно распределяясь в пеношликере, структурно укрепляют его, снижая усадку и трещинообразование. В процессе обжига опилки выгорают и образуют дополнительную

Таблица 1

№ состава	Состав смеси, масс %									
	Глина	Кирпичный бой	Молотое стекло	Древесные опилки	Отход травления алюминия	Пенообразователь	Портландцемент	Жидкое стекло	С-3	Вода
1	50,25	17,34	0	0	0	0,30	2,00	0	0	30,11
2	41,90	3,72	6,40	1,90	4,80	0,40	4,50	1,28	0,1	31,00
3	38,80	3,72	7,70	3,20	5,70	0,30	4,50	1,29	0,20	30,10
4	40,10	8,10	6,40	3,20	3,80	0,30	4,80	1,27	0,13	30,90
5	36,30	9,10	8,70	4,40	3,30	0,40	4,25	1,25	0,1	32,60
6	38,80	8,71	8,70	3,20	5,70	0,30	4,50	1,29	0,20	30,10



Таблица 2

№ п/п	Тонкость помола, мкм	Подвижность шликера, мм
1	менее 50	77
2	50-70	115
3	70-100	134
4	100-120	98

макропористость, которая снижает плотность и теплопроводность пенокерамики. Установлено, что наибольший эффект достигается при введении древесных опилок фракции 0,250-0,315 мм, т.к. при меньшем размере фракции резко повышается водопотребность, а при большем происходит разрушение мелкопористой структуры пеношликера, образованной введением пены.

На втором этапе приготовления пенокерамики готовят шликер. Для этого отдельно готовят смесь воды, портландцемента и жидкого стекла. Последнее вводят для закрепления структуры шликера во время сушки, снижения усадки и плотности пеносырца. В дальнейшем в шликер добавляют предварительно приготовленную шихту из боя кирпича, стекла и глины, перемешивают в течение 1-2 минут до получения однородного шликера. Совместное использование портландцемента с жидким стеклом способствует ускорению процесса структурообразования пеносырца, снижая его усадку (табл. 3).

С целью повышения подвижности шликера, а также снижения влагосодержания и времени, необходимого для влагоотдачи пеношликерной массы во время сушки изделий, в воду добавляли суперпластификатор С-3. Результаты исследований влияния различных пластификаторов на подвижность керамического шликера, представленные в таблице 4, подтвердили, что суперпластификатор С-3 способствует наибольшему повышению подвижности керамического шликера при равном количестве воды затворения для всех составов, что ускоряет процесс влагоотдачи при сушке пеносырца и снижает

трещинообразование.

На третьем этапе в приготовленный шликер добавляют пену и производят вспенивание до получения однородного пеношликера. Применение пены при изготовлении пенокерамических изделий обеспечивает получение ячеистой структуры с замкнутыми порами, что улучшает теплозащитные свойства и снижает теплопроводность. В таблице 5 представлены результаты исследования влияния вида пенообразователя на плотность и теплопроводность пенокерамики. Видно, что при использовании пенообразователей ПБ-2000 и «Пеностром» наблюдается наименьшая усадка, средняя плотность и теплопроводность, это связано с образованием более однородной пористости и замкнутого характера пор по сравнению с образцами, приготовленными с использованием других пенообразователей.

Полученный пеношликер заливается в металлические разборные формы размером 50х50х50 мм, выложенные изнутри бумагой, которая необходима для защиты сырца после распалубки от механических повреждений при дальнейшей транспортировке в печь. После формовки с целью завершения первоначального процесса структурообразования сырца производилось статическое выдерживание образцов в формах в течение первых 6 часов. При меньшем времени выдержки возрастала усадка и трещинообразование, большее время выдержки технологически и экономически не целесообразно. Затем образцы отправляют на сушку, которую осуществляют в течение 24 часов, до остаточной влажности изделия 5-7% при 40-60°C. При большей температуре разрушается пена и повышается трещинообразование. Свойства пеносырца одного состава при различных температурах сушки представлены в таблице 6.

Сушка пеносырца при температуре менее 40 °C приводит к замедлению процессов влагоотдачи и закрепления структуры пеносырца, что повышает усадку и трещинообразование. С другой стороны, если проводить сушку пеносырца при температуре выше

Таблица 3

№ п/п	Добавка	Свойства пеносырца		
		Плотность, кг/м ³	Усадка, %	Трещины, шт. (более 10 мм)
1	Портландцемент	590	11	4
2	Жидкое стекло	595	14,5	6
3	Портландцемент + жидкое стекло	590	9	2
4	Контр. состав (без добавок)	600	21,5	12



Таблица 4

№ сост.	Состав шликера, % (свыше 100%) от глины					В/Т	Расплав, мм
	Глина	С-3	Сода	ПЩ	Без добавок		
1	100	0,3				0,6	161
2			0,3			0,6	134
3				0,3		0,6	128
4					—	0,6	107

60 °С, также происходит повышение трещинообразования и усадки, вызванное тем, что при повышенных температурах пена разрушается и не успевает закрепить структуру пеносырца. Следовательно, оптимальной температурой сушки является 40-60°С, при которой, как видно из таблицы 6, наблюдается наименьшая усадка и трещинообразование. Это также связано с тем, что при равномерной влагоотдаче структура пеносырца успевает закрепиться без разрушения пены и возникновения внутренних напряжений. Элементом новизны технологии является то, что в процессе сушки после распалубки сырец переворачивается основанием вверх, чтобы изменить направление влагоотдачи, позволяющее снизить усадку и сохранить равномерную пористость.

Обжиг пенокерамики проводится при температуре 980-1050°С (оптимальная 1030°С) в течение 12 часов. Продолжительность обжига зависит от вида применяемой глины, количества отходов травления алюминия (далее ОТА) и молотого стекла. Установлено, что с повышением количества ОТА и молотого стекла температура обжига понижается. РФА и ДТА контрольных образцов пенокерамики, обожженных в указанном температурном интервале, позволили установить, что повышение прочности черепка при введении в шихту флюсующих компонентов в виде смеси ОТА и стеклобоя связано с образованием волоstonита и моноклинного пироксена.

По разработанной технологии на основе предложенного сырья и технологических приёмов были изготовлены контрольные образцы пенокерамики, результаты испытаний которых представлены в таблице 7.

Из данных таблицы 1 видно, что при повышении ОТА происходит повышение прочности черепка с 1 до 3,5 МПа. При введении молотого стекла, прочность повышается до 2,4 МПа, а при совместном введении отходов травления алюминия и молотого стекла прочность составила 3,8 МПа, что соответствует максимальному значению. При дальнейшем повышении флюсующих добавок в составе сырьевой смеси в процессе обжига происходит оплавление образцов. Показано, что использование эффективного пенообразователя «Пеностром», комплексного стабилизатора в виде смеси портландцемента, жидкого стекла и древесных опилок снижает усадку пенокерамического черепка с 20,5 % до 9,2 %, среднюю плотность на 19% и теплопроводность с 0,129 Вт/(м*°С) до 0,103 Вт/(м*°С).

Таким образом, результаты исследований позволяют сделать вывод, что разработана новая технология получения пенокерамики, направленная на регулирование структуры и конечных свойств пенокерамики. Это обеспечило повышение прочности пенокерамики при введении предлагаемых добавок флюсующего действия в виде ОТА и молотого стекла в оптимальных количествах, снижение плотности, усадки

Таблица 5

№ п/п	Вид пенообразователя	Свойства пенокерамического черепка		Примечание
		Средняя плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м*°С)	
1	ПБ 2000	520	0,106	—
2	Унипор	700	1,3	растрескался
3	Пеностром	575	0,108	—
4	ПО 6	650	0,125	—



Таблица 6

№ п/п	Температура обжига, °С	Свойства пеносырца		
		Усадка, %	Плотность, кг/м ³	Трещины, шт. (более 10 мм)
1	30-40	12	605	5
2	40-50	8,5	530	2
3	50-60	9	560	3
4	60-70	18	685	9

Таблица 7

№ п/п	Свойства пенокерамики			
	Средняя плотность, кг/м ³	Усадка пенокерамического черепка, %	Теплопроводность, Вт/(м*°С)	Прочность при сжатии, МПа
1	690	20,5	0,129	менее 1
2	586	9,7	0,107	2,1
3	598	9,5	0,110	3,5
4	577	10,1	0,106	1,6
5	587	9,7	0,107	2,4
6	609	9,2	0,115	3,8

и теплопроводности при использовании пенообразователя «Пеностром» и комплексного стабилизатора в виде портландцемента, жидкого стекла и фракционированных древесных опилок. Предложены новые составы для получения пенокерамики со средней плотностью 577-609 кг/м³, теплопроводностью 0,106 - 0,15 Вт/(м*°С) и прочностью 1,6-3,8 МПа.

Литература

1. Габидуллин М.Г. Научные и технологические основы управления структурой и свойствами энерго- и ресурсосберегающей строительной керамики: автореферат. дис. д.т.н. / Габидуллин М.Г. – Казань, 2007. – 51 с.
2. Габидуллин М.Г., Рахимов Р.З., Морозов В.П. Моделирование структуры черепка эффективной стеновой керамики, полученной путем регулирования ее пористости введением выгорающих добавок // Сб. трудов годичного собрания РААСН «Ресурсо- и энергосбережение как мотивация творчества в архитектурно-строительном процессе». – Москва-Казань, 2003. – С. 362-366.
3. Завадский В.Ф., Путро Н.Б., Максимова Ю.С. Поризованная строительная керамика // Строит. материалы, 2004, №2. – С. 21-22.
4. Хузагарипов А.Г., Габидуллин М.Г. Регулирование структуры сырца при производстве пенокерамики комплексными стабилизаторами. Академические чтения РААСН, вып. №9. – Казань, 2006.