

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОПРЕССОВАННОГО ШАМОТНОГО ЛЕГКОВЕСА

О. Б. Скородумова, Е.В. Тарахно, Н. С. Кайда¹

Национальный университет гражданской защиты Украины,
ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, Украина, 61023, e-mail: o_skorodumova@mail.ru

¹Украинская инженерно-педагогическая академия,
г. Харьков, ул. Университетская, 16.

Обоснован выбор метода вибропрессования для получения шамотного ультралегковеса, обсуждены его основные достоинства и недостатки. Приведены результаты исследований влияния гранулометрического состава шамотно-глинистых масс на физико-механические свойства шамотного ультралегковеса после обжига. Показано, что на прочность кирпича влияет не только количество пластифицирующей добавки, но и соотношение пластичные/непластичные компоненты, а также соотношение крупной и тонкой фракций шихты.

Ключевые слова: шамот, ультралегковес, вибропрессование, гранулометрический состав, кажущаяся плотность, прочность при сжатии.

РОЗРОБКА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІБРОПРЕСОВАНОГО ШАМОТНОГО ЛЕГКОВАГУ

О. Б. Скородумова, О.В. Тарахно, Н. С. Кайда¹

Національний університет цивільного захисту України,
вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023, e-mail: o_skorodumova@mail.ru

¹Українська інженерно-педагогічна академія,
м. Харків, вул. Університетська, 16.

Обґрунтовано вибір методу вібропресування для одержання шамотного ультралегковагу, обговорені його основні переваги та недоліки. Наведено результати досліджень впливу гранулометричного складу шамотно-глинистих мас на фізико-механічні властивості шамотного ультралегковагу після випалу. Показано, що на міцність цегли впливає не тільки кількість пластифікуючої добавки, але й співвідношення пластичні/непластичні компоненти, а також співвідношення крупної і тонкої фракції шихти.

Ключові слова: шамот, вібропресування, гранулометричний склад, уявна щільність, міцність при стисканні.

Постановка проблемы. Легковесные шамотные огнеупорные изделия широко используются для создания теплоизоляции тепловых агрегатов в различных отраслях промышленности, поэтому спрос на них постоянно растет. Традиционно шамотные легковесы марок ШЛ-0,4 и ШЛ-0,6 производят пенометодом [1, 2]. Пенотехнология проста, надежна, позволяет получать продукцию со стабильно повторяющимися физико-механическими свойствами [3]. Однако в условиях резкого повышения цен на энергоносители рентабельность этой технологии значительно снизилась. Это объясняется тем, что сырцы, полученные пенометодом, имеют влажность 50 - 55 %, требуют длительной мягкой сушки в туннельных сушилках, а это, в свою очередь, связано со значительными затратами энергоносителей.

Кроме того, в составе вспенивающей композиции имеется карбамидоформальдегидная смола, которая всегда содержит мономер – формальдегид, оказывающий канцерогенное воздействие на здоровье человека.

Согласно технологического регламента производства шамотного пенолегковеса процент

брака будет минимальным, если отформованные сырцы некоторое время подвяливать перед стадией сушки. Поэтому вагонетки с сырцами выдерживают на входе в туннельные сушилки, не допуская сквозняков, т.е. вентиляция на этом участке цеха не желательна. Учитывая, что при двухсменной работе завода с объемом производства приблизительно 140т/мес кирпича в процессе сушки сырцов в сутки выделяется выделяется 336 г формальдегида, а значит, рабочие, обслуживающие в течение смены сушилку, находятся в зоне повышенной опасности онкозаболеваний.

Анализ последних исследований и публикаций. Альтернативным решением является метод вибропрессования шамотно-глинистых масс с влажностью 10 – 15 %. Несомненно, такая технология позволит заметно сэкономить энергоресурсы не только на сушку сырца, но и позволит отказаться от механической обработки кирпича после обжига. При этом значительно улучшается экологическая обстановка на производстве.

С одной стороны, вибропрессованные изделия должны иметь высокую пористость и низкую кажущуюся плотность при достаточно высокой

механической прочности, которая позволяла бы использовать изделия в качестве конструкционного материала при создании печной теплоизоляции. Это достигается введением небольших количеств легкоплавкого компонента, с помощью которого реализуется механизм жидкофазового спекания, приводящий к упрочнению высокопористой структуры изделия в обжиге.

С другой стороны, введение легкоплавкого компонента снижает огнеупорность изделия, повышает величину дополнительной усадки в службе, а значит, снижает пористость и резко ухудшает теплоизоляционные свойства.

Наиболее часто для достижения необходимых технических характеристик легковеса используют выгорающие добавки, как, например, это показано в работах [4 - 6], а также легковесные гранулы на основе перлита или вермикулита [7, 8]. Температура службы таких легковесных изделий зависит от огнеупорности наполнителя.

Постановка задания и его решение. Процесс уплотнения прессовочной массы зависит от многих факторов, основными из которых являются: влажность массы, соотношение пластичных / непластичных компонентов, дисперсность и фазовый состав компонентов шихты, величина их огнеупорности, наличие добавок [9, 10].

При вибропрессовании необходимо обеспечить свободное проскальзывание частиц массы друг относительно друга, что обеспечивается чаще всего введением пластифицирующих добавок и различных ПАВ. Влажность прессовочной массы зависит не только от пластичности глинистой

составляющей, но и морфологии частиц непластичных компонентов и их пористости. Фазовый и дисперсный составы прессовочных масс влияют на степень однородности прессовок и равномерность их увлажнения, что важно с точки зрения предотвращения развития напряжений, приводящих к разрушению изделий в процессе обжига.

В связи с этим представляется целесообразным изучить влияние гранулометрического состава исходных шихт на уплотнение перлитосодержащих шамотноглинистых масс и на физико-механические свойства шамотных легковесов после обжига.

Для исследований использовали глину дружковскую глину ДН-2, бентонит, каолин МК-3 Мурзинского месторождения, бой пенолегковесных кирпичей ШЛ-0,4 и вспученный перлит Параванского месторождения с объемным весом 51 и 100 кг/м³. В качестве пластифицирующей добавки использовали фосфатсодержащую добавку и кастаменты: FS-10, Melflux и Genapol. Каолин и шамотный пенолегковес ШЛ-0,4 предварительно сушили при 90 – 100 °С и измельчали до полного прохода через сито 2 мм. Вспученный перлит использовали фракции 1 – 0 мм. Исходные компоненты и экспериментальные кирпичи легковеса исследовали с помощью дифференциально-термического (дериватограф ОД-103, скорость подъема температуры 13 °С/мин) и рентгенофазового (рентгеновский дифрактометр ДРОН-3М, CuK α - излучение) методов анализа. Гранулометрический состав исходных компонентов приведен в табл.1.

Таблица 1- Гранулометрический состав исходных компонентов

Компонент	Остаток на сите, масс.%					
	> 2 мм	2 – 1мм	1- 0,5мм	0,5 – 0,315мм	0,315– 0,16мм	< 0,16мм
Глина ДН-2	0,1	7,6	15,5	23,4	27,5	25,9
бентонит	0,1	0,1	0,2	0,7	8,6	90,3
Каолин МК-3	-	1,6	3,1	11,3	47,5	36,5
Шамот (бой легковеса)	8,2	82,4	5,2	2,5	1,7	-

Мурзинский каолин содержит, в основном, каолинит низкой степени упорядоченности, кварц и незначительное количество гидрослюдистых включений [10]. Шамот содержит муллит, кристобалит и рентгеноаморфную фазу.

Для получения экспериментальных кирпичей использовали многошамотный метод, согласно которому соотношение непластичные / глинистые компоненты должно составлять приблизительно 70 / 30. Учитывая высокую степень пластичности каолина, соотношение шамот / каолин изменяли в пределах 80 / 20 - 75 / 25.

Экспериментальные образцы формовали на вибропрессе в виде нормального кирпича, регулируя давление прессования массой засыпки в форму. Максимально возможная масса засыпки при

одноступенчатом прессовании составляла 1300г. Массу засыпки снижали через 100г от 1300 г до минимально возможной (1000г).

Так как в составе масс для обеспечения прочности использовали высокопластичный каолин и бентонит, а для снижения влажности и повышения однородности массы – пластифицирующую фосфатсодержащую добавку, незначительные изменения в дисперсном составе масс не дают заметных изменений в свойствах образцов, отпрессованных при высоких давлениях. Поэтому использовали минимальное давление прессования (масса засыпки 1000 г), при котором отформованный образец может сохранять целостность при извлечении из формы, а при

любых нежелательных отклонениях в составе будет происходить его разрушение.

Отформованные образцы сушили на воздухе при температуре 35 – 40 °С и обжигали при 1150 –

1180 °С. У обожженных кирпичей определяли кажущуюся плотность и предел прочности при сжатии (табл.2).

Таблица 2- Состав и физико-механические свойства глино-бентонитовых масс

№	Состав, масс.%								Влаж-ность, %	Свойства	
	Глина	Шамот	Перлит М100	Бентонит	ГМФ	FS-10	Mel-flux	Genapol		Каж. плотн., г/см ³	Прочн. при сж, кг/см ²
1	25	55	15	5	0,3	-			25,9	0,69 0,68	17,6 20,5
2	25	55	15	5	0,3	0,03			20,0	0,67	11,8
3	25	55	15	5	0,3	-	0,03		18,4	0,69	12,2
4	25	55	15	5	0,3	-		0,03	20,0	0,67	12,5
5	20	60	15	5	0,5	0,03			14,9	0,66	13,8
6	20	60	15	5	0,5	-	0,03		14,9	0,66	9,5
7	20	60	15	5	0,5			0,03	17,7	0,67	13,4
8	20	55	20	5	0,5	0,03			21,6	0,66	16,8
9	20	55	20	5	0,5	0,05			17,7	0,69	14,0

Бентонит в экспериментальных составах необходим для повышения общей пластичности прессовочной массы, однако при этом повышается и ее влажность. Принимая во внимание, что бентонит – легкоплавкая глина, его можно использовать в количествах не более 5 мас% во избежание образования большого количества расплава при обжиге кирпича.

При введении добавок-пластификаторов общая влажность формовочной смеси снижается практически вдвое. Введение в шихту добавок Melflux и Genapol затрудняло усреднение увлажненной массы, поэтому после обжига прочность кирпичей была низкой. Сочетание

добавок ГМФ и FS-10 способствовало снижению кажущейся плотности образцов при достаточной прочности, что позволило выбрать в качестве базового состав №8.

Было установлено, что незначительное превышение температуры обжига экспериментальных кирпичей приводило к значительному их оплавлению и искривлению, а, значит, глино-бентонитовый состав пластичной составляющей не технологичен. Поэтому в дальнейших исследованиях использовали в качестве глинистого компонента высокопластичный огнеупорный мурзинский каолин (табл.3).

Таблица 3 - Составы и физико-механические свойства экспериментальных образцов

№	Состав, мас. %					Свойства		
	Каолин	Шамот	Перлит		Добавка сверх 100 %	Влажность массы, %	Каж. плотн., г/см ³	Прочность при сжатии, кг/см ²
			М51	М100				
10	20	60	20	-	0,5	14,0	0,55	5,7
11	20	60	20	-	0,75	13,0	0,57	9,3
12	25	55	20	-	0,5	13,0	0,57	5,1
13	25	55	20	-	0,75	13,0	0,60	6,7
14	20	60	-	20	0,5	12,0	0,56	5,6
15	20	60	-	20	0,75	11,1	0,56	5,4
16	25	55	-	20	0,5	11,1	0,57	4,3
17	25	55	-	20	0,75	10,0	0,57	5,5

Анализ дисперсного состава прессовочных масс показал (рис.), что при использовании вспученного перлита с низким объемным весом и высокой удельной поверхностью соотношение зерно/тонкая часть приблизительно равно 60/40, что соответствует наиболее плотной упаковке частиц полидисперсного состава, поэтому плотность и прочность обожженных кирпичей растут. Однако высокая дисперсность перлита требует большего увлажнения шихты, даже при увеличении количества пластифицирующей добавки (табл.3).

Использование вспученного перлита с объемным весом 100 кг/м³ и меньшей удельной поверхностью позволяет снизить влажность прессовок до 10 – 11 %.

Присутствие в прессовочных массах более крупных частиц перлита увеличивает содержание фракции 1 - 0,5 мм и приводит к получению более рыхлой упаковки с соотношением зерно / тонкая часть = 55 / 45, что снижает прочность кирпичей.

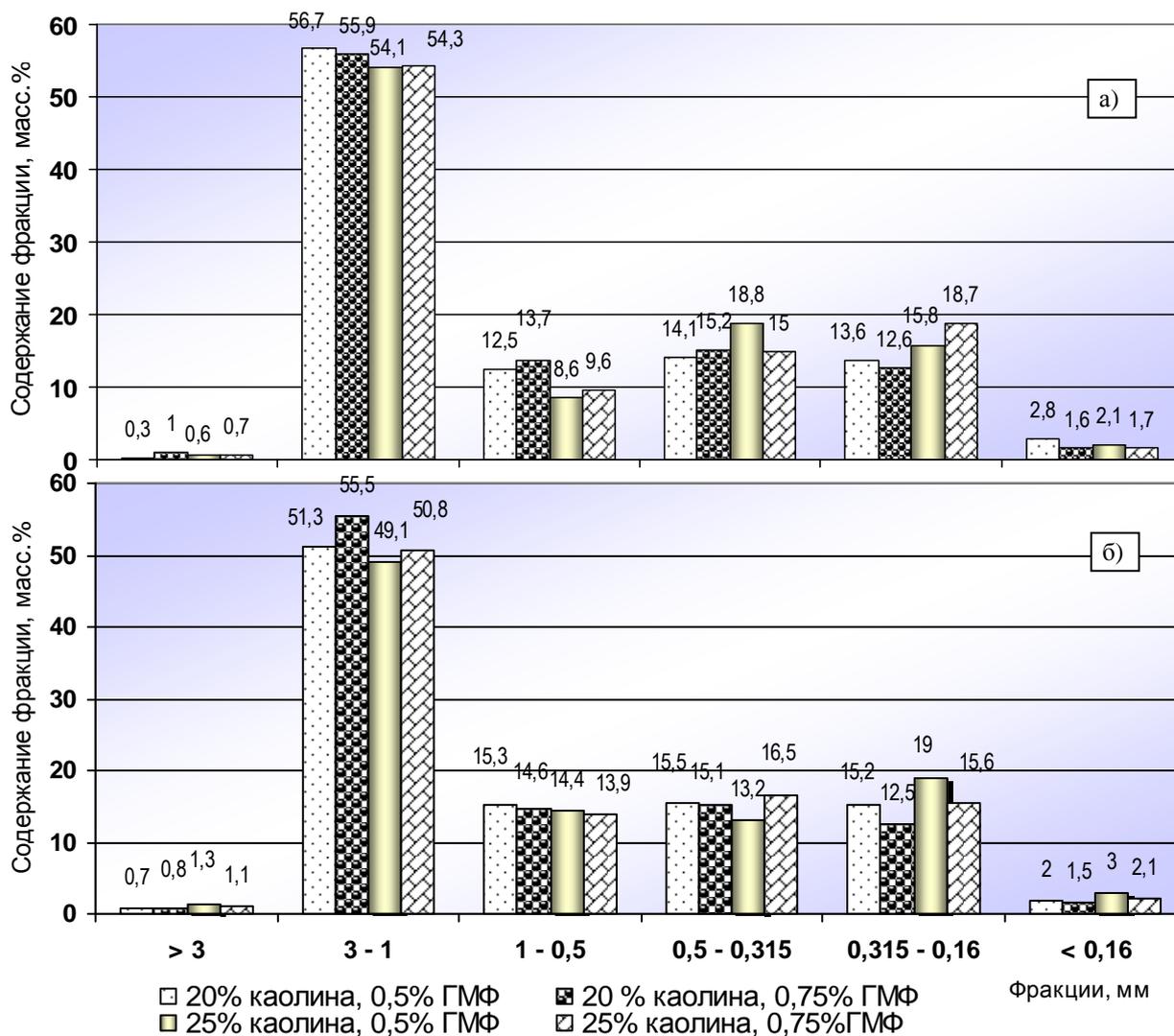


Рис. - Гранулометрический состав экспериментальных образцов при объемном весе перлита: а) 51 кг/м³, б) 100 кг/м³

Увеличение количества пластифицирующей добавки однозначно способствует повышению содержания крупных гранул в прессовочной массе независимо от содержания каолина. Использование каолина в количестве 25 % приводит к дополнительному разрыхлению структуры экспериментальных образцов за счет повышения массовой доли тонкой фракции в прессовочной массе.

Выводы. В результате проведенных исследований разработан состав шамотно-

глинистых масс для производства шамотного легковеса. Показано, что использование пластичного каолина предпочтительнее глино-бентонитовой смеси, так как позволяет расширить температурный интервал обжига легковеса до 1200 – 1250 °С. Показана перспективность использования фосфатсодержащей добавки для улучшения усреднения прессовочной массы и снижения ее рабочей влажности.

Литература

1. Анжеуров Н. М. Выполнение требований потребителей - главное в разработке новых и совершенствовании существующих технологий / Анжеуров Н. М. // Новые огнеупоры.- 2008, № 12. - С.60-61.

2. Черепанов Б.С. Физико-химические процессы в технологии пенокерамики /Б.С.

Черепанов //Техника и технология силикатов.- 1994.- т.1.- №2.- С.37-39.

3.Скородумова О.Б. Исследование возможности применения Опощнянской глины в производстве шамотного пенолегковеса / Скородумова О.Б., Чопенко Н.С., Глухоед Ю.А. // Вісник Національного технічного університету «Харків-

ський політехнічний інститут» - Харків: НТУ «ХПІ».- 2009.- №25.- С.145-150.

4. Скородумова О.Б. Разработка состава вспенивающей композиции для производства шамотного пенолегковеса / Скородумова О.Б., Рудыка О.А. // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» - Харків: НТУ «ХПІ». - 2008. - №38.- С.167-173.

5. Gonzenbach Urs T. Processing of particle-stabilized wet foams into porous ceramics / Gonzenbach Urs T., Studart Andre R., Steinlin David //J. Amer. Ceram. Soc. N 11, 2007, т.90, P.

6. Mishra Sarika. Light weight silica tiles through foam casting method / Mishra Sarika, Mitra R., Vijayakumar M. // J. Eur. Ceram. Soc. , 2008.- v.28.- N 9.- P.1769-1776.

7. Браганса С. Р. Использование угольной золы при производстве изоляционных огнеупоров / Браганса С. Р., Циммер А., Бергманн С. П. // Новые огнеупоры , 2008.- № 6, С.60-63.

8. Sutcu Mucahit, Akkurt Sedat Utilization of recycled paper processing residues and clay of different sources for the production of porous anorthite ceramics // J. Eur. Ceram. Soc., 2010, т.30, P.1785-1793

9. Chiang Kung-Yuh. Lightweight bricks manufactured from water treatment sludge and rice husks / Chiang Kung-Yuh, Chou Ping-Huai, Hua Ching-Rou, Chien Kuang-Li, Cheeseman Chris // J. Hazardous Mater. - 2009, v.171, N 1-3, P.76-82.

10. Шаяхметов У. Ш. Теплоизоляционные материалы с использованием вспученного вермикулита для нужд строительства / Шаяхметов У. Ш., Щетинкин В. А. // Строительные материалы и защита от коррозии, 2006.- Вып. 72.- с.102-106.

Бібліографічні описи/ Библиографические описания / Bibliographic descriptions

DEVELOPMENT OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF VIBROCOMPRESSED CHAMOTTE LIGHTWEIGHT

O.B. Skorodumova, E.V. Tarakhno, N.S. Kayda¹

National University of Civil Defense of Ukraine,

Str. Chernyshevskaya, 94, Kharkov, Ukraine, 61023, e-mail: skorodumova.o.b@gmail.com

¹ Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy,

Str. Universitetskaya, 16. Kharkov, Ukraine, 61002

The choice of vibrocompression method for chamotte lightweight has been grounded, and its main highs and lows have been discussed. The results of studies of the effect size distribution of clay- chamotte masses on the physical and mechanical properties of chamotte lightweight after firing are given. It is shown that the strength of bricks depends on not only the amount of plasticizer, but the ratio plastic / non-plastic components, and the ratio of large and small size fractions.

Keywords: chamotte, lightweight, vibrocompression, particle size distribution, bulk density, compressive strength.

Інформаційна довідка про авторів

Скородумова Ольга Борисівна

Доктор технічних наук

Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології

Національний університет цивільного захисту України

вул. Чернишевська, 94, г. Харків, Україна, 61023

E-mail: skorodumova.o.b@gmail.com

Контактний тел. : 0505156953

Скородумова Ольга Борисовна

Доктор технических наук

Кафедра специальной химии и химической технологии

Национальный университет гражданской защиты Украины

ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, Украина, 61023

E-mail: skorodumova.o.b@gmail.com

Контактный тел. : 0505156953

Skorodumova Olga

Doctor of science

Department of special chemistry and chemical technology

National University of Civil Protection of Ukraine

Chernyshevskaya str., 94, Kharkov, Ukraine, 61023
E-mail: skorodumova.o.b@gmail.com
Contact tel .: 0505156953

Тарахно Олена Віталіївна
Кандидат технічних наук
Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології
Національний університет цивільного захисту України
вул. Чернишевська, 94, г. Харьков, Україна, 61023
E-mail: tarahno@nuczu.edu.ua
Контактний тел .: 0506884858

Тарахно Елена Витальевна
Кандидат технических наук
Кафедра специальной химии и химической технологии
Национальный университет гражданской защиты Украины
ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, Украина, 61023
E-mail: tarahno@nuczu.edu.ua
Контактный тел .: 0506884858

Tarakhno Elena
PhD
Department of special chemistry and chemical technology
National University of Civil Protection of Ukraine
Chernyshevskaya str., 94, Kharkov, Ukraine, 61023
E-mail: tarahno@nuczu.edu.ua
Contact tel .: 0506884858

Кайда Наталя Сергіївна
аспірант
Кафедра харчових та хімічних технологій
Українська інженерно-педагогічна академія
вул. Університетська, 94, м. Харків, Україна, 61002
E-mail: karonac@gmail.com
Контактний тел .: 0663562069

Кайда Наталия Сергеевна
аспирант
Кафедра пищевых и химических технологий
Украинская инженерно-педагогическая академия
ул. Университетская, 16, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: karonac@gmail.com
Контактный тел .: 0663562069

Kayda Natalia
graduate student
Department of food and chemical technologies
Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy
str. Universitetskaya 16, Kharkov, Ukraine, 61002
E-mail: karonac@gmail.com
Contact tel .: 0663562069