

Способ повышения эффективности производства ультралегковесных огнеупорных изделий

И.В. Мальцева, С.Н. Курилова, А.А. Наумов

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Предложен способ повышения эффективности производства ультралегковесных огнеупорных изделий, за счет оптимизации технологии приготовления пеномассы, позволяющий освобождать изделия от форм непосредственно после установки их на сушку. Пластично-вязкие характеристики и стойкость пены могут быть повышены посредством ее минерализации, т. е. введением в пенообразующий раствор тонкодисперсных минеральных веществ.

Ключевые слова: пеномасса, минерализация, предельное напряжение сдвига, пластично-вязкие характеристики, ультралегковесные огнеупорные изделия, алюмо-калиевые квасцы.

При изготовлении ультралегковесных огнеупорных изделий [1,2] трудовые затраты по эксплуатации форм, их чистке, смазке и ремонту весьма значительны. Часть пеномассы, протекая через неплотности формовочного оборудования, идет в отходы. В связи с этим был разработан способ приготовления пеномассы, позволяющий освобождать изделия от форм непосредственно после установки их на сушку. Выпуск опытных партий изделий новой технологии показал, что при удалении форм кирпич не имеет внешних дефектов.

До последнего времени, согласно источникам [3 – 5] возможность съема форм с кирпичей определялась визуально по отсутствию деформации после снятия формы. Однако при таком методе невозможно заранее определить сроки съема форм с изделий. Поэтому на основании реологических исследований, способность кирпичей не деформироваться после снятия форм оценивали по предельному напряжению сдвига пеномассы в момент удаления формы.

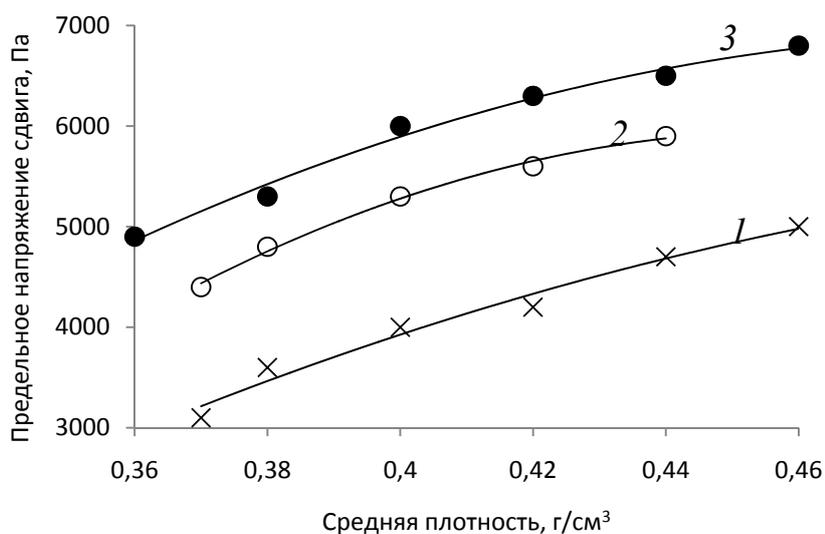
Способность изделия определенной высоты из вязкопластичной массы сохранять форму определяется средней плотностью и предельным напряжением сдвига этой массы по уравнению (1):

$$h = \theta/\rho, \quad (1)$$

где h – максимальная высота изделия, при которой масса в статических условиях сохраняет форму; θ – предельное напряжение сдвига пеномассы; ρ – плотность пеномассы.

Например, для сохранения формы кирпича высотой 12,5 см из пеномассы с плотностью $0,4 \text{ г/см}^3$ необходимо, чтобы предельное напряжение сдвига было не менее $\theta = 12,5 \cdot 0,4 = 4622 \text{ Па}$.

Исследования показали, что предельное напряжение сдвига пеномассы непосредственно после приготовления составляет 3200 – 4050 Па (в пределах допустимого 5%-ного отклонения от нормативной средней плотности пеномассы), а в момент снятия форм, через 2,5 – 3 ч после приготовления пеномассы, – 4530 – 4810 Па (рис. 1).



- 1 - пеномасса после приготовления; 2 - то же, через 2,5 ч после приготовления;
3 - минерализованная пеномасса после приготовления

Рис. 1. – Зависимость предельного напряжения сдвига пеномассы от средней плотности

Предельное напряжение сдвига пеномассы определяли на вискозиметрах конструкции Воларовича РВ-4 и Вейлера-Ребиндера. Характер

обеих кривых $\theta = f(\rho)$, построенных по результатам определений, практически одинаковой, однако абсолютные показатели, полученные на приборе Вейлера-Ребиндера, ниже, чем на РВ-4. Это, по-видимому, объясняется некоторым нарушением структуры массы при введении в нее пластинки с поперечными рифлениями.

Таким образом, предельное напряжение сдвига свежеприготовленной пеномассы недостаточно для съема форм непосредственно после формования.

Консистенция пеномасс зависит в основном от пластично-вязких свойств пены, ее стойкости и прочности поверхностных пленок.

Повышение пластично-вязких свойств пены позволяет применять более концентрированные шликеры, что в свою очередь улучшает при прочих равных условиях пластично-вязкие свойства пеномасс.

Пластично-вязкие характеристики и стойкость пены могут быть повышены посредством ее минерализации [6, 7], т. е. введением в пенообразующий раствор тонкодисперсных минеральных веществ. Частицы минерализатора, равномерно распределяясь по стенкам пор, «бронируют» пленки воздушных пузырьков, увеличивая их прочность, а также препятствуют стеканию жидкости и утонению пленок, повышая стойкость пены. При использовании в качестве минерализатора тонкодисперсных глин предельное напряжение сдвига пены увеличивается счет образования сольватных оболочек [8].

В качестве глинистого сырья использовалась глина Часов-Ярского месторождения [1], характеристики которого приведены в таблицах №1 – №4.

Сырье относится к высокодисперсному по фракционному составу (таблица №1).

Таблица 1

Результаты определения гранулометрического состава сырья

Содержание фракций, %					Наименование группы
Более 0,06 мм	0,06-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	Менее 0,001 мм	
-	0,4	9,3	12,5	78,6	высокодисперсная

По числу пластичности глинистое сырье высокопластичное (таблица №2).

Таблица №2

Результаты определения пластичности

Границы, %		Число пластичности	Наименование группы
Текучности	Раскатывания		
46,4	15,4	31	высокопластичная

По химическому составу глинистое сырье Часов-Ярского месторождения (таблица №3) классифицируется как основное.

Таблица №3

Химический состав Часов-Ярской глины

Химический состав сухого вещества, %											Классификация
SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	ппп	Сум-ма	SO ₃	
54,21	30,5	0,36	1,29	0,7	0,9	0,47	2,35	9,05	100	0,17	основное

По содержанию Al₂O₃ в прокаленном состоянии (Al₂O₃ = 30,5 %) глинистое сырье принадлежит к группе основного сырья, с низким содержанием красящих оксидов.

Чувствительность к сушке глинистого сырья относит глину к группе малочувствительных глин (таблица №4).

Таблица №4

Описание формовочных и сушильных свойств глины

Чувствительность к сушке по Чижскому, сек. до появления трещин.	Формовочная влажность, %	Усадка воздушная, %	Наличие дефектов высушенных образцов
187	25	6,1	Сушильные трещины

По степени спекания Часов-Ярская глина принадлежит группе спекающегося глинистого сырья. Огнеупорность глины 1690 °С, следовательно, сырье огнеупорное.

По содержанию глинистых минералов глинистое сырье относится к группе каолинито-гидроалюидных глин.

По технологии приготовления пеномассы, в пенообразующий раствор вводили глиняный шликер из расчета 135 г сухой глины на 1 л раствора пенообразователя. Шликер готовили из Часов-Ярской глины с влажностью 51% и средней плотностью 1,42 г/см³. Из полученного раствора приготавливалась минерализованная пена.

Далее, в смеситель вводили 170 л шликера, 3 кг древесных опилок и 1300 л минерализованной пены и перемешивали массу 2 – 3 мин. Затем при постоянном перемешивании в пеномассу вводили 1,2 кг алюмо-калиевых квасцов, после чего масса поступала на формовку.

Алюмо-калиевые квасцы увеличивают предельное напряжение сдвига глиняного шликера в межпоровом пространстве и прочность пленки воздушного пузырька.

Консистенцию глиняной суспензии можно изменить введением таких ионов, которые, адсорбируясь на поверхности глиняной частицы, вызывают гидрофильную коагуляцию [9]. В результате этого образуется сетчатая структура с дисперсионной средой в виде иммобилизованной

воды. Кроме того, часть воды остается связанной молекулярными силами с поверхностью частиц в сольватных оболочках.

Предельное напряжение сдвига такой системы зависит от толщины сольватных оболочек: чем она меньше и чем большее количество дисперсионной среды находится в виде иммобилизованной при коагуляции воды, тем ближе друг к другу находятся частицы, тем сильнее проявляется действие сил сцепления между ними и, следовательно, тем большее сопротивление сдвигу имеет система [10,11].

Кривая зависимости предельного напряжения сдвига пены от степени минерализации (рис. 2) имеет максимум при содержании глины в пене 30%. Это, видимо, объясняется тем, что по мере насыщения до определенного предела пленки стенок воздушных пузырьков упрочняются, а дальнейшее увеличение концентрации минерализатора в пене приводит к воздушных пузырьков, сопровождающемуся разжижением суспензии в межпоровом пространстве, вследствие чего уменьшается предельное напряжение сдвига пены.

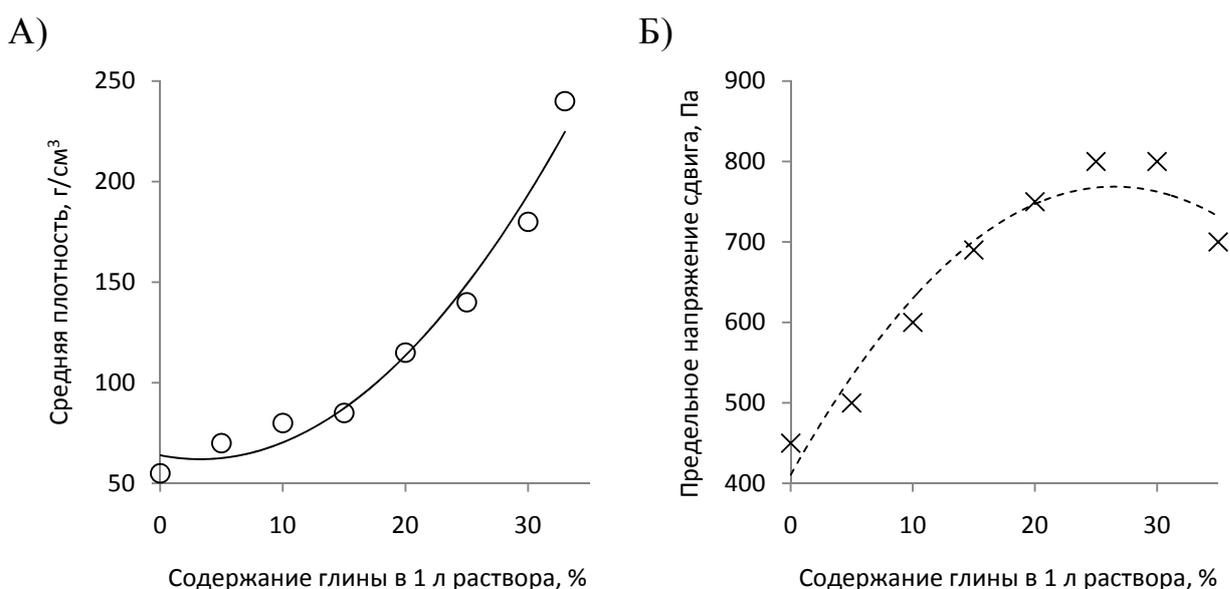


Рис. 2. – Зависимость предельного напряжения сдвига (А) и средней плотности (Б) пены от степени минерализации

При выпуске опытных партий максимальное содержание минерализатора составляло 13,5%, так как при большем содержании требуется увеличить время приготовления пены, что сделать на имеющемся оборудовании затруднительно.

При использовании минерализованной пены выход пеномассы, а, следовательно, и коэффициент ее использования увеличился на 25%.

Кирпичи, сформованные из пеномассы, приготовленной по разработанной технологии, после установки вагонеток на сушку освобождали от форм, сушили и обжигали. Ультралегковес опытных партий изготавливали на действующем оборудовании завода без переналадки.

Результаты испытания (таблица №5) показали, что опытный ультралегковес по физико-механическим показателям не уступает обычному и удовлетворяет требованиям ГОСТ.

Таблица №5

Свойства обычных и опытных ультралегковесных изделий

Технология приготовления пеномассы	Средняя плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Пористость, %	Коэффициент теплопроводности (300 °С), Вт/м·°С
Обычная	0,4	0,98	83-85	0,15-0,21
С предварительной минерализацией	0,38	1,17	82	0,16

Структурными исследованиями, установлено, что опытный ультралегковес имеет более равномерную пористость с меньшим количеством сообщающихся пор. Этим, по-видимому, объясняется некоторое снижение пористости образцов опытных изделий, так как при определении пористости водонасыщением под вакуумом по ГОСТ 2409 - 2014 показатели будут тем ниже, чем меньше количество сообщающихся пор и чем меньше их средний диаметр.

Средний диаметр микропор опытного ультралегковеса колеблется в пределах 0,053 – 0,058 мм; макропор с учетом «технологических» пустот, образующихся при формовании кирпича – 0,32 – 0,35 мм против 0,072 – 0,076 и 0,47 – 0,50 мм, чем обычного ультралегковеса соответственно.

Разработана технология приготовления пеномассы с предварительной минерализацией пенообразователя, что позволило получить более стойкую пену и сократить расход пенообразователя на 25%. Пеномасса, изготовленная по новой технологии, лучше формуется, ее предельное напряжение сдвига на 35 – 40% выше, чем у обычной пеномассы непосредственно после приготовления, и на 10 – 20% выше в момент удаления форм с кирпичей.

Освобождение кирпичей от форм непосредственно после установку вагонеток на сушку на 60 – 70% сокращает общее количество форм, находящихся в производстве.

Структура опытных изделий характеризуется мелкими, равномерно распределенными порами.

Литература

1. Колдомасова И.В. Ячеистая керамика на основе зольных микросфер и каолиновой ваты: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Ростов-на-Дону, 2005. 163с.
2. Трескова Н.В., Харитонов Л.А. Высокотемпературная керамоволокнистая теплоизоляция // Наука. Строительство. Образование, 2011, № 1 URL: nso-journal.ru.
3. Albank M. Technologie de poroceramique. Ziegelindustrie, 1972. pp. 452 - 456.
4. Мишин В.И., Соков Н.Н. Теоретические и технологические принципы создания теплоизоляционных материалов нового поколения в гидротеплосиловом поле. Москва, 2000. 352 с.

5. Колдомасова И.В., Козлов А.В., Каклюгин А.В. К вопросу повышения структурной прочности формовочных масс в производстве керамических теплоизоляционных материалов // Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство-2002». Ростов-на-Дону, 2002. С. 21-23.

6. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Москва: Наука, 1978. 368 с.

7. Шахова Л.Д. Поверхностные явления в трехфазных дисперсных системах // Вестник БГТУ. 2003. №4. С. 53-55.

8. Yashihiro Tange, Hideaki Matsuda and Okura Kagyo Process of producing porous ceramic. Japan, 1988. 839p.

9. Мальцева И.В. Улучшение реологических свойств глиняных суспензий за счет введения электролитов // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4143

10. Мальцева И.В. Влияние вещественного состава глинистого сырья на свойства пенокерамических масс // Материалы международной научно-практической конференции «Строительство - 2015: современные проблемы строительства». Ростов-на-Дону, 2015. С. 424-425

11. Мальцева И.В. Влияние глинистого вещества на реологию пеномасс с различной концентрацией твердой фазы // Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3977

References

1. Koldomasova I.V. Jacheistaja keramika na osnove zol'nyh mikrosfer i kaolinovoj vaty [Cellular ceramics based on fly ash microspheres and kaolin wool]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.23.05. Rostov-na-Donu, 2005. 163p.

2. Treskova N.V., Haritonova L.A. 2011, № 1 URL: nso-journal.ru.

3. Albank M. Technologie de poroceramique. Ziegelindustrie, 1972. pp. 452 - 456.



4. Mishin V. I., Sokov N. N. Teoreticheskie i tekhnologicheskie principy sozdaniya teploizolyacionnyh materialov novogo pokoleniya v gidroteplosilovom pole [Theoretical and technological principles of the creation of thermal insulation materials of new generation in gidrotalzita field]. Moskva, 2000. 352p.

5. Koldomasova I.V., Kozlov A.V., Kakljugin A.V. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Stroitel'stvo-2002»: trudy. Rostov-na-Donu, 2002. pp. 21-23.

6. Rebinder P.A. Poverhnostnye javlenija v dispersnyh sistemah [Surface phenomena in disperse systems]. Moskva: Nauka, 1978. 368 p.

7. Shahova L.D. Vestnik BGTU. 2003. №4. pp. 53-55.

8. Yashihiro Tange, Hideaki Matsuda and Okura Kagyo Process of produc-ing porous ceramic . Japan, 1988. 839p.

9. Mal'ceva I.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4143

10. Mal'ceva I.V. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Stroitel'stvo - 2015: sovremennye problemy stroitel'stva»: trudy. Rostov-na- Donu, 2015. pp. 424-425.

11. Mal'ceva I.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3977