

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/article_590878fad43dc4.32679852

Вареникова Т.А., магистрант,

Смирнова М.А., магистрант,

Дороганов В.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОРУНДОВЫЕ ЛЕГКОВЕСНЫЕ ОГНЕУПОРЫ НА ОСНОВЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ

varenikova.t@mail.ru

Легковесные корундовые изделия успешно применяют для высокотемпературной изоляции, используемой во многих отраслях промышленности, в том числе особенно широко применяются в металлургическом и огнеупорном производстве. Данный вид изделий в основном производится методом литья, который имеет ряд существенных недостатков. В данной работе предлагается использовать метод вибропрессования, что позволит интенсифицировать технологический процесс производства. В статье представлены результаты исследования составов для получения корундовых теплоизоляционных огнеупорных материалов с использованием гидравлических вяжущих. Установлены основные закономерности влияния содержания компонентов шихты на физико-механические характеристики образцов. Выявлены оптимальные составы, которые удовлетворяют требованиям, предъявляемым в соответствии с ГОСТ 5040-2015 для марок КТ-1,1 и КТ-1,3.

Ключевые слова: огнеупоры, теплоизоляционные материалы, корунд, глинозем, высокоглиноземистый цемент.

В настоящее время теплоизоляционные материалы широко применяются, в самых разных отраслях промышленности и потребность в них постоянно растет. Применение теплоизоляционных материалов снижает материалоемкость, экономит топливо, и способствует интенсификации тепловых процессов. Поэтому теплоизоляционные материалы входят в обязательный ассортимент огнеупорной промышленности [1–3]. Общая технологическая направленность при производстве новых теплоизоляционных материалов сводится к интенсификации процессов, снижению энергозатрат и материалоемкости, что является одним из главных критериев оценки научно-технического уровня производства. В связи с этим, особо актуальным становится вопрос совершенствования производства огнеупорной теплоизоляции различного назначения [4–5]. Легковесные корундовые изделия успешно применяют для высокотемпературной изоляции, используемой во многих отраслях промышленности, в том числе особенно широко применяются в металлургическом и огнеупорном производстве [6]. Данный вид изделий в основном производится методом литья из высокоглиноземистых дисперсных систем, мелового молочка и выгорающих веществ с последующей продолжительной сушкой и обжигом при температурах 1450–1550 °С [7–10]. Наличие большого количества влаги (до 35 %) в формовочной системе способствует существенному увеличению технологического цикла производства (до 200 ч.), а высокая температура термообработки

приводит к повышению энергозатрат. Помимо этого после обжига изделия подвергаются механической обработке для достижения заданных размеров, что также является существенным недостатком данной технологии.

В связи с выше изложенным, целью данной работы является разработка и исследования составов масс для корундовых легковесных огнеупоров с меньшей энергоемкостью производства. Для этого предлагается использовать высокоглиноземистые формовочные системы, в качестве вяжущего в которых будет использоваться глиноземистый цемент с содержанием Al_2O_3 не менее 70 %, что позволит существенно снизить формовочную влажность и использовать метод виброформования. Использование данного метода формовки способствует полному исключению механической обработки изделий после обжига, так как данный способ позволяет получать изделия с точными геометрическими формами в соответствии с ГОСТ 5040-2015 "Изделия огнеупорные теплоизоляционные. Технические условия".

Для достижения поставленной цели в данной работе в качестве сырьевых материалов использовались электроплавленный корунд (фракция менее 500 мкм), предварительно термообработанный при 1200 °С технический глинозем (фракция менее 40 мкм) и высокоглиноземистый цемент марки М-72 фирмы Secar, химический состав которых представлен в табл. 1. Основной минералогической фазой корунда и глинозема является $\alpha-Al_2O_3$, а высокоглиноземистый це-

мент представлен различными видами алюмината кальция.

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

Наименование материала	Содержание оксидов, %							
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂
Электроплавленный корунд	99,9	0,02	0,01	0,03	0,03	0,01	-	0,01
Глинозем	99,5	0,06	0,02	0,06	0,04	0,01	-	0,02
Цемент	72,7	0,24	-	0,43	0,63	0,34	26,17	-

В процессе экспериментальной работы исследовали влияние содержания высокоглиноземистого цемента на основные физико-

механические свойства корундового легковеса, в соответствии с составом, представленными в табл. 2.

Таблица 2

Составы исследуемых высокоглиноземистых масс

№ состава	Содержание цемента, %	Содержание глинозема, %	Влажность массы, %	Содержание Al ₂ O ₃ , %
1.1	3	97	8,1	98,1
1.2	5	95	8,9	97,6
1.3	7	93	9,3	97,0
1.4	10	90	10,4	96,1
1.5	20	80	12,1	93,2

На основе представленных в табл. 2 составов были отформованы образцы методом вибропрессования с последующими сушкой при температуре 100 °С в течении 6–8 часов и термообработкой при 300 °С и 1300 °С с выдержкой

при максимальной температуре 1 час. После термообработки были определены основные физико-механические характеристики, которые представлены на рис. 1–2.

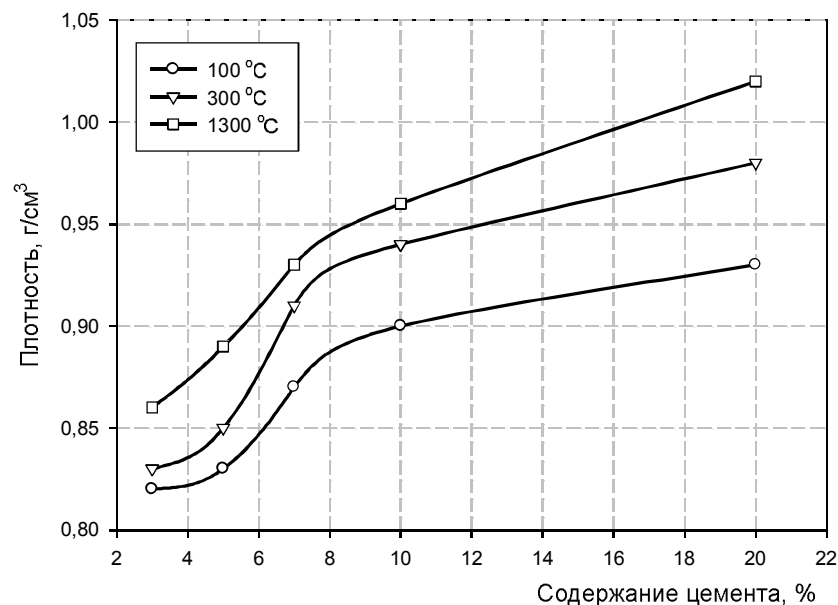


Рис. 1. Зависимость плотности образцов корундового легковеса, термообработанных при различной температуре, от содержания цемент

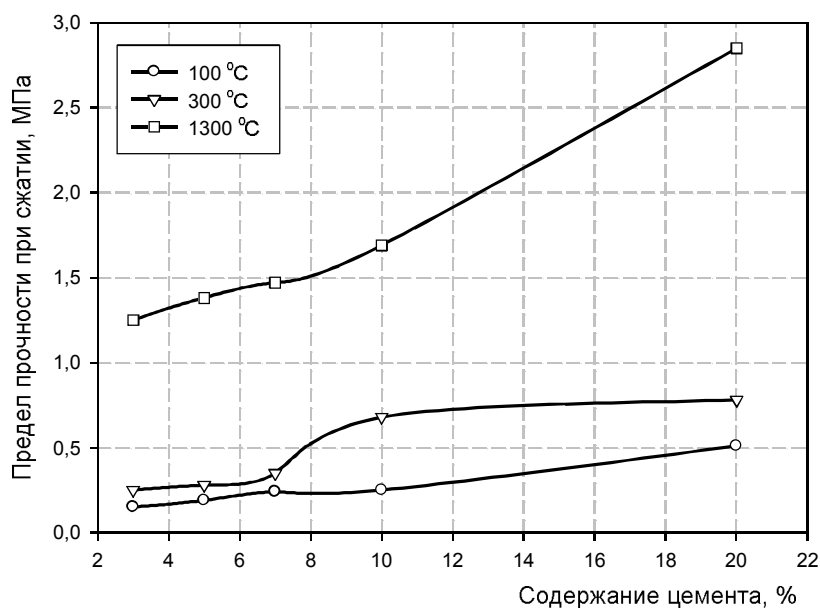


Рис. 2. Зависимость предела прочности образцов корундового легковеса, термообработанных при различной температуре, от содержания цемент

Анализ представленных графических зависимостей показал, что повышение содержание цемента с 3 до 20 % в системе приводит к увеличению плотности образцов на 7–16 % (рис. 1) в зависимости от температуры термообработки, при этом максимальной плотностью 0,93–1,02 г/см³ характеризуются образцы, содержащие 20 % цемента. Повышение температуры предварительной термообработки также приводят к незначительному увеличению плотности материала на 5–9 %. Из анализа прочностных характеристик (рис. 2) следует, что рост концентрации высокоглиноземистого цемента приводит к повышению прочностных показателей образцов в 2–3 раза. Изменение температуры с 100 °C до 300 °C приводит к незначительному росту прочности, а при повышении температуры до 1300 °C прочность образцов увеличивается в 5–8 раз в зависимости от содержания цемента в системе. Максимальными прочностными характеристиками (2,8–2,9 МПа) обладают образцы термообработанные при 1300 °C и содержащие 20 % цемента. Из выше изложенного следует, что наиболее оптимальным составом корундо-

вого легковесного огнеупора является образцы состава № 1.5 (табл. 1), термообработанные при 1300 °C, которые содержат 80 % глинозема и 20 % цемента, содержание Al₂O₃ составляет 93,2 %, что полностью удовлетворяет требования ГОСТ 5040-2015 и соответствует марки КТ-1,1.

Для получения теплоизоляционных корундовых материалов марки КТ-1,3, в соответствии с ГОСТ 5040-2015, необходимо получить материал характеризующейся плотностью не выше 1,3 г/см³, прочностью не ниже 3,5 МПа и содержание Al₂O₃ должно превышать 95 %. Разработанный выше материал не соответствует предъявляемым требованиям по прочности и содержанию Al₂O₃. В связи с этим на дальнейшем этапе работы были проведены исследования направленные на создание более прочного каркаса за счет введение в состав более крупнодисперсной составляющей в виде порошка электроплавленного корунда фракции менее 0,5 мм. Составы экспериментальных образцов с электрокорундом представлены в табл. 3.

Таблица 3

Составы исследуемых высокоглиноземистых масс

№ состава	Содержание цемента, %	Содержание глинозема, %	Содержание электрокорунда, %	Влажность массы, %	Содержание Al ₂ O ₃ , %
1.6	10	90	-	10,4	96,1
1.7	10	85	5	10,1	96,1
1.8	10	80	10	9,8	96,1
1.9	10	75	15	9,6	96,1

Образцы формовали и термообработывали по аналогичной методике, как и предыдущие составы. После определения основных физико-

механических характеристик были построены графики зависимостей, которые представлены на рис. 3–4.

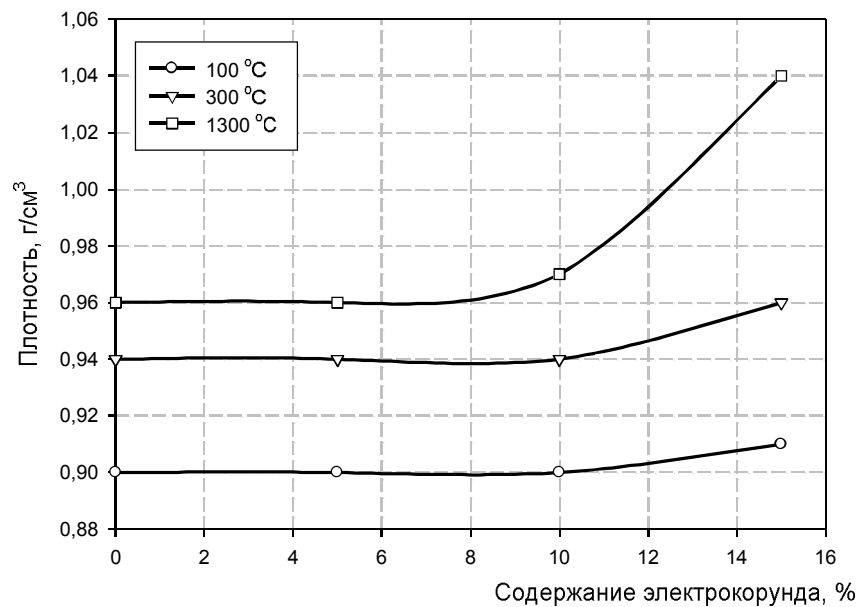


Рис. 3. Зависимость плотности образцов корундового легковеса, термообработанных при различной температуре, от содержания электрокорунда

Из анализа представленных зависимостей следует (рис. 3), что увеличение содержания электрокорунда до 10 % в формовочной массе практически не приводит к изменению плотности образцов, которая составляет 0,90–0,97 г/см³ в зависимости от температуры термообработки. При повышении концентрации корунда до 15 % наблюдается незначительный рост плотности на 1–7 % до значений 0,97–1,04 г/см³ при соответ-

ствующим температурам термообработки. Увеличение температуры предварительной обработки образцов приводит к росту плотности на 6–12 % во всем диапазоне содержания электрокорунда. Из выше изложенного следует, что плотность экспериментальных составов с добавлением электрокорунда не превышает 1,04 г/см³, что соответствует требованиям ГОСТ 5040-2015.

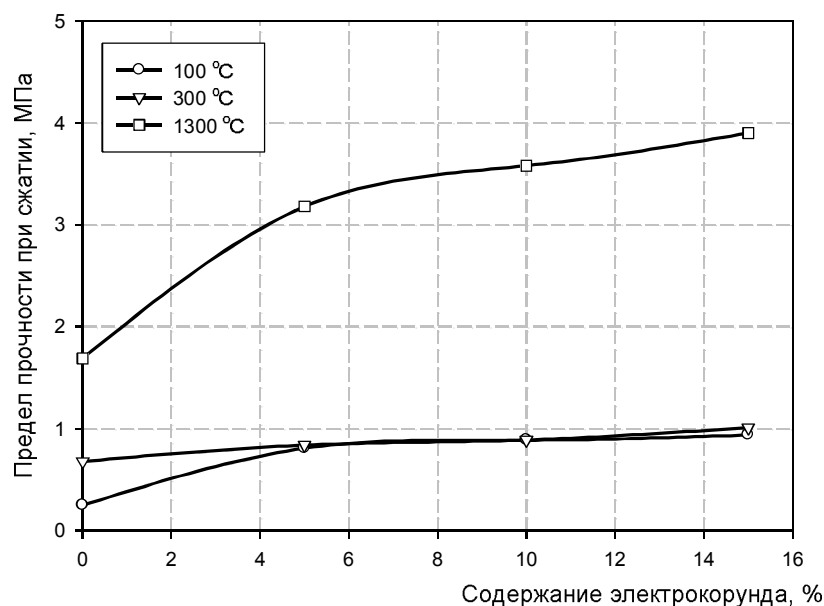


Рис. 4. Зависимость предела прочности образцов корундового легковеса, термообработанных при различной температуре, от содержания электрокорунда

Анализируя прочностные характеристики экспериментальных образцов корундового легковеса, представленных на рис. 4, можно отметить, что введение электрокорунда практически не изменяет или незначительно повышает прочность при низких температурах предварительной обработки (100-300 °С), которая не превышает 1 МПа. Составы обожженные при температуре 1300 °С отличаются резким повышением прочности в 3–6 раз во всем диапазоне измене-

ния содержание электрокорунда. Максимальными значениями прочности при сжатии 3,5-4,0 МПа характеризуются образцы содержащие 10–15 % электрокорунда, что удовлетворяет марки КТ-1,3 в соответствии с ГОСТ 5040-2015.

В табл. 4 представлены сопоставительные характеристики экспериментальных образцов и требования, предъявляемые к данному виду изделий в соответствии с ГОСТ 5040-2015.

Таблица 4

Характеристики корундовых теплоизоляционных материалов

Показатели	Требования ГОСТ 5040-2015 (марки КТ-1,1 и КТ-1,3)	Экспериментальные составы
1. Массовая доля Al ₂ O ₃ , %, не менее	90–95	93–96
2. Массовая доля Fe ₂ O ₃ , %, не более	0,3–1,0	0,2
3. Массовая доля SiO ₂ , %, не более	0,5	0,1
4. Плотность кажущаяся, г/см, не более	1,1–1,3	1,0–1,1
5. Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	2,5–3,5	2,5–4,0

Из представленных в табл. 4 данных следует, что разработанные экспериментальные составы полностью удовлетворяют требованиям ГОСТ 5040-2015 и соответствует маркам корундовых теплоизоляционных огнеупоров КТ-1,1 и КТ-1,3. Оптимальные составы могут содержать 10–20 % высокоглиноземистого цемента, 75–90 % глинозема и до 15 % электроплавленного корунда. При этом следует отметить, что переход от классического способа формования методом литья к вибропрессованию позволил снизить формовочную влажность более чем в 3 раза и температуру обжига на 150–250 °С, что существенным образом сокращает производственные затраты на весь технологический цикл. Таким образом, разработанные в данной работе материалы могут быть рекомендованы к промышленному выпуску на предприятиях по производству огнеупорных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат, 1980. 396 с.
2. Горяйнов К. Э., Горяйнова С. К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М.: Стройиздат, 1982. 376 с.
3. Воронов Г.В., Старцев В.А. Огнеупорные материалы и изделия в промышленных печах и объектах вспомогательного назначения. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. 303 с.

4. Шубин В.Н. Производство корундового легковеса // Огнеупоры. 1971. №3. С 30–32.

5. Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гуман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С. Химическая технология керамики. М.: ООО РИФ "Строиматериалы", 2012. 496 с.

6. Peretokina N.A., Doroganov V.A. Development and study of the compositions of unshaped fireclay-based heat-insulating refractories and a technology for making them// Refractories and Industrial Ceramics. 2011. Vo. 52, №1. P. 52–54.

7. Peretokina N.A., Doroganov V.A. Lightweight foam products based on diatomite// Refractories and Industrial Ceramics. 2011. Vol. 52. № 3. P. 191–194.

8. Евтушенко Е.И., Перетоккина Н.А., Дороганов В.А., Сулейманова Л.А., Сыса О.К., Бедина В.Ю., Миженина О.В. Теплоизоляционные материалы на основе искусственных керамических вяжущих различного состава// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 149–151.

9. Кашеев И.Д., Стрелов К.К., Мамыкин П.С. Химическая технология огнеупоров. М: Интермет Инжиниринг, 2007. 752 с.

10. Лурье М.А., Гончаренко В.П. Легковесные огнеупоры в промышленных печах. М.: Металлургия, 1974. 239 с.

Varenikova T.A., Smirnova M.A., Doroganov V.A.**CORUNDUM LIGHT-WEIGHT REFRACTORIES BASED ON HYDRAULIC BINDERS**

Lightweight corundum products are successfully used for high-temperature insulation, applied in many industries, especially in metallurgical and refractory industries. This type of products is mainly produced by casting, which has a number of significant drawbacks. In this paper, it is proposed to use the method of vibrocompression, which would allow intensifying the technological process of production. The article presents the results of studying compositions for the preparation of corundum heat-insulating refractory materials using hydraulic binders. The main regularities of the influence of the charge components composition on the samples' physico-mechanical characteristics are established. The optimal compositions have been identified that meet the requirements imposed in accordance with GOST 5040-2015 for KT-1,1 and KT-1,3 grades.

Key words: *refractories, heat-insulating materials, corundum, alumina, high-alumina cement.*

Вареникова Татьяна Анатольевна, инженер, магистрант кафедры технологии стекла и керамики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: varenikova.t@mail.ru

Смирнова Марина Александровна, магистрант кафедры технологии стекла и керамики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: marinasm82@mail.ru

Дороганов Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой технологии стекла и керамики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: tsk_bgtu@mail.ru