

*Д-р техн. наук В. В. Примаченко,
канд. техн. наук В. В. Мартыненко,
канд. техн. наук П. П. Криворучко,
канд. техн. наук И. Ю. Костырко,
канд. техн. наук К. И. Кущенко, Ю. А. Крахмаль*
(ПАО «УКРНИИ ОГНЕУПОРОВ ИМ. А. С. БЕРЕЖНОГО»,
г. Харьков, Украина)

Исследование влияния вида и количества разжижающих добавок на растекаемость вибролитых шамотнокордиеритовых масс

Введение

Шамотнокордиеритовые изделия находят широкое применение в различных отраслях промышленности в качестве электроизоляции, огнеприпаса в обжиговых печах фарфоро-фаянсового и керамического производств и других местах службы. Данный вид продукции характеризуется низким коэффициентом термического расширения, высокой механической прочностью, устойчивостью к перепадам температур и хорошими электроизоляционными свойствами [1; 2].

В условиях опытного производства ПАО «УКРНИИ ИМЕНИ А. С. БЕРЕЖНОГО» шамотнокордиеритовые изделия в зависимости от их конфигурации изготавливаются методами полусухого прессования [3—7], шликерного литья [8], литья под давлением, экструзии [4] и вибролитья [4; 9]. Одним из наиболее эффективных методов изготовления высококачественных крупногабаритных изделий является метод вибролитья [10; 11], который предусматривает использование разжижающих добавок для повышения подвижности масс при вибрации [10—15].

Известно, что ЛСТ в производстве огнеупоров и керамики используется как пластификатор и связующий материал [1; 2], а ТПФ — в качестве разжижителя [10—12]. В результате ранее проведенных работ [3—11] показана эффективность использования в качестве разжижающей добавки триполифосфата натрия совместно с лигносульфонатом техническим в соотношении 1:1 в количестве 1,0 %, в соотношении 2:1 — 1,5 %. По данным ряда исследований [12—15] введение в качестве разжижающих добавок полимеров и гидрофобизирующих жидкостей в массы для

вibroлиться изделий различного состава является высокоэффективным и позволяет значительно повысить как качество массы, так и изделий из нее. Поэтому проведение исследований растекаемости vibролитых шамотнокордиеритовых масс с различными разжижающими добавками является актуальным.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния вида и количества разжижающих добавок на растекаемость шамотнокордиеритовых масс при вибрации.

Экспериментальная часть

В данной работе были использованы следующие сырьевые материалы: каолин кальцинированный фракционированный марки ШК-42 по ТУ У 14.2-00191916-001: 2005 с изм. 1, 2; порошок периклазовый спеченный по ГОСТ 10360—85 с изм. 1; триполифосфат натрия (ТПФ) марки А по ТУ 2148-037-00194441-02; лигносульфонат технический (ЛСТ) марки Т по ТУ У 2455-064-05711131-03; гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость ГКЖ-11Н марки В по ТУ У 6-02-5-61-97; диспергатор Castament FS 10 и Castament FW 10 производства «BASF — The Chemical Company» (Германия).

Химический состав основных сырьевых материалов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав основных сырьевых материалов

Наименование материала	Массовая доля, %									
	$\Delta m_{\text{чрк}}$	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	N ₂
Каолиновый шамот	—	53,11	44,70	—	1,62	0,36	0,14	0,04	0,03	—
Периклаз	0,22	3,11	0,69	—	0,84	0,83	94,31	—	—	—
Диспергатор Castament FS 10	87,47	2,32	—	—	—	9,17	—	0,32	—	0,72
Диспергатор Castament FW 10	86,83	3,78	—	—	—	8,47	—	0,29	—	0,63

Триполифосфат натрия и диспергатор Castament FS 10 и Castament FW 10 использовали товарной зернистости без дополнительной обработки. Для проведения исследований влияния добавки Castament FS 10 и Castament FW 10 на растекаемость шамотнокордиеритовых масс руководствовались

рекомендациями изготовителя и указанные добавки в наших исследованиях в массах использовали в соотношении 1 : 1.

Раствор ЛСТ готовили путем растворения в воде исходного порошка до достижения плотности раствора $1,17 \text{ г/см}^3$. Раствор ГКЖ-11Н готовили путем разбавления водой исходного раствора с плотностью $1,32 \text{ г/см}^3$ до достижения плотности раствора $1,20 \text{ г/см}^3$.

Для проведения исследований были приготовлены крупнозернистая и мелкозернистая шихты на основе шамота и периклаза. В крупнозернистой шихте содержание шамота с максимальным размером зерна 2 мм составляло 60 %, тонкомолотой смеси совместного помола шамота и периклаза с размером зерна менее 63 мкм — 40 %. В мелкозернистой шихте содержание шамота с максимальным размером 1 мм составляло 20 %, содержание такой же тонкомолотой смеси совместного помола шамота и периклаза, как и в крупнозернистой шихте, составляло 80 %.

Массы готовили путем смешения шихты с разжижающими добавками, которые вводили в заданном количестве сверх 100 % сухой смеси, и последующим увлажнением водой. Влажность крупнозернистой массы составила 10 %, а мелкозернистой — 14 %.

Определение растекаемости масс при вибрации осуществляли с использованием методики EN 1402-4:2003 (E) [16].

Результаты и их обсуждение

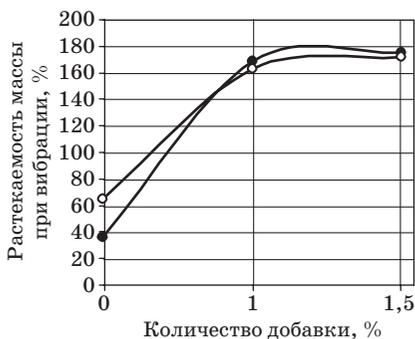


Рис. 1. Зависимость растекаемости шамотнокордиеритовой крупнозернистой (●) и мелкозернистой (○) массы при вибрации от количества добавки ТПФ совместно с ЛСТ

Зависимость растекаемости шамотнокордиеритовых масс от количества добавки ТПФ совместно с ЛСТ приведена на рис. 1, от количества добавки Castament FS 10 совместно с Castament FW 10 — на рис. 2, от количества ГКЖ-11Н — на рис. 3.

Как видно из рис. 1—3, растекаемость при вибрации шамотнокордиеритовой крупнозернистой массы без введения каких либо добавок составляет 65 %, а мелкозернистой — 37 %, что для фор-

мования изделий методом вибролитья является недостаточным. Согласно методике [16] норма растекаемости массы составляет 90 %.

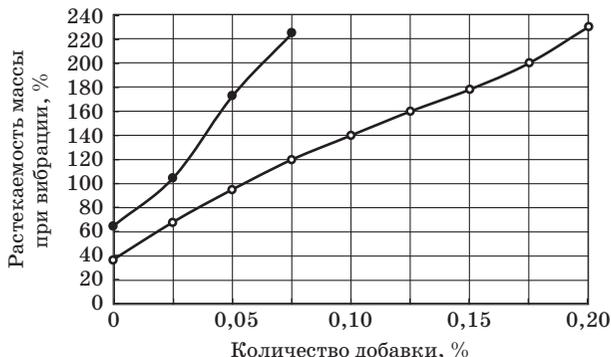


Рис. 2. Зависимость растекаемости шамотнокордиеритовой крупнозернистой (●) и мелкозернистой (○) массы при вибрации от количества добавки Castament FS 10 и Castament FW 10

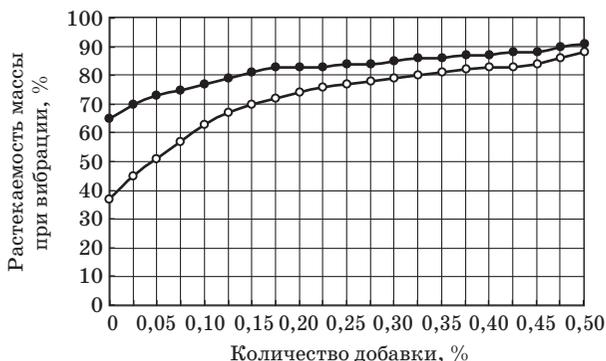


Рис. 3. Зависимость растекаемости шамотнокордиеритовой крупнозернистой (●) и мелкозернистой (○) массы при вибрации от количества добавки ГЖЖ-11

Из рис. 1 видно, что введение добавки ТПФ совместно с ЛСТ независимо от их количества улучшает растекаемость шамотнокордиеритовых масс обоих составов. При увеличении количества добавки ТПФ совместно с ЛСТ до 1,5 % (соотношение 2 : 1) растекаемость как крупнозернистой, так и мелкозернистой массы возрастает до 173 и 171 % соответственно.

Из рис. 2 видно, что увеличение количества добавки Castament FS 10 и Castament FW 10 интенсифицирует

растекаемость масс обоих составов. Введение указанной добавки в количестве 0,025—0,050 % в крупнозернистую массу обеспечивает ее растекаемость при вибрации 105—173 %, а введение ее в количестве 0,050—0,150 % в мелкозернистую массу — 95—178 %. Из этого рисунка также видно, что для получения масс с оптимальной растекаемостью имеется резерв по снижению их влажности за счет увеличения количества добавки до тех пор, пока не будет достигнут пик растекаемости.

Как видно из рис. 3, увеличение количества добавки ГКЖ-11Н в изученном интервале приводит к увеличению растекаемости при вибрации шамотнокордиеритовых масс обоих составов, но менее эффективно, чем при введении добавок ТПФ совместно с ЛСТ и Castament FS 10 с Castament FW 10. Кроме того, введение данной добавки в количестве более 0,2 % в обе массы не приводит к дальнейшему заметному увеличению их растекаемости. Даже при введении 0,5 % ГКЖ-11Н растекаемость масс составляет всего 88—91 %.

На основании результатов проведенных исследований с использованием в оптимальных количествах добавок ТПФ и ЛСТ (1,5 %), а также Castament FS 10 и Castament FW 10 (0,05 % — для крупнозернистой массы и 0,15 % — для мелкозернистой массы) выпущены по индивидуальным требованиям заказчиков опытные партии шамотнокордиеритовых изделий методом вибролитья из крупнозернистой массы в виде кирпичей нормального размера (230 × 114 × 65 мм) для службы в электрической печи в качестве футеровки, а также из мелкозернистой массы в виде трубы (наружный диаметр 165 мм, внутренний диаметр 105 мм, длина 700 мм), применяемой в качестве изоляции катушки индуктора от воздействия теплового излучения нагреваемой заготовки. Полученные изделия характеризуются показателями свойств, приведенными в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что опытные шамотнокордиеритовые изделия из крупнозернистой и мелкозернистой массы, изготовленные методом вибролитья, характеризуются высокими показателями свойств, соответствующими требованиям заказчиков. Изделия переданы заказчикам.

Заключение

Проведены исследования влияния вида и количества разжижающих добавок на растекаемость шамотнокордиеритовых масс при вибрации. В результате проведенных исследований установ-

Свойства опытных шамотнокордиеритовых изделий

Наименование свойств	Показатели свойств изделий, обожженных при температуре 1350 °С, из				
	требования заказчиков	крупнозернистой массы с добавкой		мелкозернистой массы с добавкой	
		ТПФ и ЛСТ	Castament FS 10 и FW 10	ТПФ и ЛСТ	Castament FS 10 и FW 10
Массовая доля, % :					
Al ₂ O ₃	≥ 38	40,6	40,4	41,3	41,4
MgO	≥ 7	—	—	7,4	7,5
MgO	≤ 7	5,6	5,7	—	—
SiO ₂	—	51,3	51,2	49,8	49,6
Открытая пористость, %	≤ 30	24,0	23,8	29,5	27,0
Кажущаяся плотность, г/см ³	—	2,01	1,97	1,99	1,95
Предел прочности при сжатии, МПа	≥ 40	48	42	70	53
Термостойкость 950 °С — вода, теплосмен	≥ 15	более 15	более 15	более 15	более 15

лено, что по эффективности разжижения исследованные добавки можно расположить в следующий ряд: триполифосфат натрия совместно с лигносульфонатом техническим, Castament FS 10 совместно с Castament FW 10, ГКЖ-11Н.

Установлено, что для вибролитых шамотнокордиеритовых масс оптимальное количество добавки ТПФ совместно с ЛСТ составляет 1,5 % (соотношение 2:1) как для крупнозернистой, так и для мелкозернистой массы, при этом растекаемость масс составляет 173 и 171 % соответственно. Для шамотнокордиеритовых масс с использованием добавки Castament FS 10 совместно с Castament FW 10 в соотношении 1 : 1 оптимальное количество для крупнозернистой массы составляет 0,05 %, а для мелкозернистой — 0,15 %, растекаемость масс при этом составляет 173 и 178 % соответственно.

Шамотнокордиеритовые изделия, изготовленные по индивидуальным требованиям заказчиков методом вибролитья как из крупнозернистой, так и из мелкозернистой масс с использованием в оптимальных количествах добавок ТПФ и ЛСТ, а также Castament FS 10 и Castament FW 10, после обжига при 1350 °С характеризуются высокими показателями свойств.

Библиографический список

1. *Авакумов Е. Г.* Кордиерит — перспективный керамический материал / Е. Г. Авакумов. — Н. : Изд-во сибирского отделения РАН, 1999. — 165 с.
2. Химическая технология керамики и огнеупоров / П. П. Будников, В. Л. Балкевич, А. С. Бережной [и др.]. — М. : Стройиздат, 1972. — 551 с.
3. Шамотнокордиеритовый огнеприпас / Т. В. Иващенко, В. В. Примаченко, В. П. Бунина [и др.] // Производство специальных огнеупоров : тематич. отрасл. сб. — М. : Металлургия, 1981. — № 8. — С. 64—65.
4. Кордиеритсодержащие материалы, их изготовление и применение / [Л. С. Фролова, В. В. Мартыненко, Л. А. Дергапуцкая, И. Ю. Костырко] // Качество огнеупоров — путь к энергосбережению и эффективности : тематич. отрасл. сб. УкрНИИО. — Х. : Основа, 1995. — С. 149—152.
5. Разработка технологических параметров получения кордиеритсодержащей керамики и огнеприпаса / В. В. Мартыненко, Л. А. Дергапуцкая, Л. В. Серова [и др.] // Сб. науч. тр. ОАО «УкрНИИОгнеупоров им. А. С. Бережного». — Х. : Каравелла, 1999. — № 99. — С. 26—30.
6. Муллитокордиеритовый огнеприпас / [В. В. Мартыненко, Л. А. Дергапуцкая, Л. В. Серова, И. Ю. Костырко] // Сб. науч. тр. ОАО «УкрНИИОгнеупоров им. А. С. Бережного». — Х. : Каравелла, 2001. — № 101. — С. 127—135.
7. Влияние количества кордиеритсодержащего шамота на свойства шамотнокордиеритовых изделий / П. П. Криворучко, И. Ю. Костырко, Н. М. Казначеева [и др.] // 36. науч. пр. ПАТ «УКРНДІ ВОГНЕТРИВІВ ІМ. А. С. БЕРЕЖНОГО». — Х. : ПАТ «УКРНДІВ ІМ. А. С. БЕРЕЖНОГО», 2012. — № 112. — С. 73—78.
8. Зависимость свойств кордиеритовой керамики, полученной методом шликерного литья, от вида исходного сырья / В. В. Мартыненко, Л. А. Дергапуцкая, Н. М. Чуднова [и др.] // Эффективные огнеупоры на рубеже XXI столетия : науч.-техн. конф., 25—26 апр. 2000 : тез. докл. — Х. : Каравелла, 2000. — С. 12—14.
9. Кордиеритсодержащие материалы для изготовления кассет и других керамических изделий / [Л. С. Фролова, В. В. Мартыненко, Н. Г. Привалова, И. Ю. Костырко] // Разработка, производство и применение высококачественных огнеупоров : тематич. отрасл. сб. УкрНИИО. — Х. : Основа, 1994. — С. 153—155.
10. *Примаченко В. В.* Результаты научных достижений — производству / В. В. Примаченко // Огнеупоры. — 1987. — № 11. — С. 39—41.
11. *Примаченко В. В.* Научные основы и новая технология изготовления крупногабаритных изделий — вибролитье / В. В. Примаченко // Развитие технической химии в Украине : междунар. науч.-техн. конф. : тез. докл. — Х. : Каравелла, 1995. — С. 3—14.
12. *Савина Л. К.* Исследование влияния разжижающих добавок на текучесть суспензий из карбида кремния и кремния / Л. К. Савина, В. В. Примаченко, Р. М. Федорук // 36. науч. пр. ВАТ «УкрНДІВ ім. А. С. Бережного». — Х. : Каравела, 2003. — № 103. — С. 58—61.
13. Влияние количества органической связки на свойства вибролитых тонкозернистых хромоксидных масс и изделий из них / В. В. Примаченко, П. П. Криворучко, Ю. А. Мишнева [и др.] // 36. науч. пр. ВАТ «УкрНДІВ ім. А. С. Бережного». — Х. : Каравела, 2005. — № 105. — С. 20—25.
14. Исследование влияния вида и количества разжижающих добавок на растекаемость зернистых масс из стабилизированного диоксида циркония / [В. В. Примаченко, И. Г. Шулик, П. А. Кушченко, Т. В. Пискун] // 36. науч. пр. ВАТ «УкрНДІВ ім. А. С. Бережного». — Х. : Каравела, 2005. — № 105. — С. 84—91.
15. *Вутц К.* Усовершенствованные полимеры для монолитных огнеупорных материалов / К. Вутц // Новые огнеупоры. — 2004. — № 10. — С. 100—103.
16. Unshaped refractory products — Part 4: Determination of consistency of castables: EN 1402-4:2003 (E). — Brussels : CEN, 2003. — 10 p. — (Европейский стандарт).

Рецензент к. т. н. Гальченко Т. Г.