

*Д-р техн. наук В. В. Примаченко, канд. техн. наук И. Г. Шулик,
канд. техн. наук С. В. Чаплянко, Л. П. Ткаченко
(ПАО «УКРНИИ ОГНЕУПОРОВ ИМ. А. С. БЕРЕЖНОГО»,
г. Харьков, Украина)*

Освоение технологии изготовления способом вибролитья сложнофасонного крупногабаритного шибера нового типоразмера

Введение

В ПАО «УКРНИИО ИМЕНИ А. С. БЕРЕЖНОГО» разработаны технологии и осуществляется изготовление муллитовых, муллитокорундовых, муллитокорундоцирконовых огнеупоров для различных мест службы в стекловаренных печах. Разработанные огнеупоры по эксплуатационным характеристикам соответствуют уровню лучших мировых аналогов. Их применение обеспечивает длительный срок службы, позволяет сократить межремонтные простои и увеличить продуктивность работы установок [1—4].

ПАО «УКРНИИО ИМЕНИ А. С. БЕРЕЖНОГО» совместно с ПАО «ПОЛТАВСКИЙ ЗАВОД МЕДИЦИНСКОГО СТЕКЛА» проводят работы по усовершенствованию конфигурации огнеупорных изделий для мундштучной камеры фидера стекловаренной печи. Последнее обусловлено модернизацией оборудования с целью снижения расхода огнеупоров с сохранением чистоты стекла при производстве стекольной продукции. В результате данных работ была разработана новая конфигурация сложнофасонного крупногабаритного изделия шибера (рис. 1): увеличена длина изделия (на 21 %) при незначительном уменьшении соотношения длины хвостовика к длине изделия (на 0,5 %), изменена конфигурация, увеличена длина (на 15 %) и уменьшена ширина (на 12 %) основания ограничителя и др.

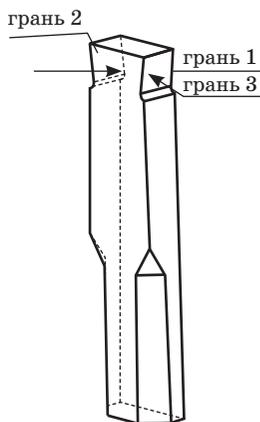


Рис. 1. Конфигурация изделия шибера

Данное изделие предназначено для контроля уровня подачи ленты стекла из лотка на мундштук: шибер крепят в держателе за хвостовик (высота 100 мм) и погружают в поток стекла на заданный уровень. В процессе службы в подвешенном положении шибер претерпевает значительные механические нагрузки и коррозионно-эрозионное воздействие стекломассы.

Основным требованием к шиберу является наличие прямого угла в хвостовике между гранями 1 и 2, 1 и 3 (рис. 1). Отсутствие прямого угла приводит к перекосу шибера в держателе, что в свою очередь вызывает аварийный обрыв шибера. Точность конфигурации и размеров ограничителя обеспечивает стыковку шибера с лотком, что гарантирует подачу заданного уровня стекломассы на мундштук и качество стеклоизделий (нарушение размеров приводит к сколам и, соответственно, к загрязнению стекломассы материалом огнеупора).

Сложность изготовления шибера способом вибролитья обусловлена его размерами и конфигурацией:

— точность конфигурации изделия требует увеличения текучести при вибрации (растекаемости) массы для формирования четких ребер, углов и граней;

— отношение длины к поперечному шестигранному сечению требует максимального увеличения прочности сырца для извлечения изделия из формы и последующей транспортировки в сушилку, садки в печь.

Целью настоящей работы является исследование по оптимизации характеристик вибролитой зернистой муллитокорундовой массы в диапазоне ее рабочих характеристик для изготовления сложнофасонного крупногабаритного изделия шибер нового типоразмера. Диапазон рабочих характеристик вибролитой массы различен для каждого вещественного состава, конфигурации и назначения (место и условия службы) изделия. Его определяют по сочетанию свойств массы — влажности и растекаемости, поскольку они непосредственно влияют на свойства сырца и обожженного огнеупора. В целом, влажность и растекаемость вибролитой массы должны обеспечивать, с одной стороны, заполнение формы массой по всему объему с четким формованием заложенной конфигурации изделия, с другой — минимальную осадку массы в форме после ее заполнения и высокие прочность и плотность сырца, а следовательно, и обожженного огнеупора.

Учитывая, что при изготовлении изделий способом вибролитья диапазон рабочих характеристик массы, а следовательно, свойства сырца и обожженного огнеупора зависят как от вида

применяемого диспергатора [5; 6], так и от свойств материалов тонких фракций шихты [7], опробованы глиноземы с содержанием α - Al_2O_3 более 90 об. % двух производителей.

Экспериментальная часть

При проведении исследований в качестве сырьевых материалов использовали плавленные корунд и муллит производства ПАО «УКРНИИО ИМЕНИ А. С. БЕРЕЖНОГО» и глиноземы производства ОАО «РУСАЛ Бокситогорск» (Россия) — далее глинозем А, и MAI Zrt (Венгрия) — далее глинозем В. В качестве диспергатора применяли Castament марок FS 10 и FW 10 производства фирмы «Degussa Construction Polymers GmbH» (Германия).

Химический состав сырьевых материалов (табл. 1) и изделий определяли методами химического анализа в соответствии с существующими ГОСТами. Контроль тонины помола и исследования фазового состава материалов осуществляли петрографическим методом с использованием микроскопа МИН-8.

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

Наименование материала	Массовая доля, %						
	п.п.п	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O
Корунд	0,12	0,05	99,41	0,05	0,02	0,03	0,32
Муллит	0,14	24,01	74,50	0,17	0,43	0,44	0,31
Глинозем: А В	0,04	0,04	99,78	0,02	0,02	—	0,10
	0,05	0,04	99,59	0,02	—	0,02	0,28

По данным петрографического анализа глинозем А состоит из зерен округло-полигональной, удлинённой и неправильной формы, как правило, таблитчатых кристаллов α - Al_2O_3 . Содержание щелочного β - Al_2O_3 составляет ~1—3 об. %, гидратных и переходных форм Al_2O_3 нет. После помола в вибромельнице максимальный размер частиц глинозема составил 40 мкм, количество частиц размером менее 10 мкм составило ~90 %. Глинозем В состоит из зерен округло-полигональной и неправильной формы, как правило, таблитчатых кристаллов α - Al_2O_3 . Содержание щелочного β - Al_2O_3 составляет ~3—5 об. %, содержание переходных форм Al_2O_3 ~1—2 об. %, гидратных форм Al_2O_3 нет. После помола в вибромельнице максимальный размер частиц составил 30 мкм, количество частиц размером менее 10 мкм составило ~95 %.

Определение текучести при вибрации зернистых масс осуществляли согласно методике определения растекаемости бетонов для неформованных огнеупоров [8].

Для оценки качества вибролитья, с точки зрения формирования четкой конфигурации изделия, способом вибролитья формовали (при частоте 50 Гц и амплитуде колебаний 0,5 мм) образцы в гипсовой армированной форме в виде перевернутой усеченной пирамиды высотой 100 мм и длиной ребер: основания — 50 и 33 мм, вершины — 100 и 65 мм. Полноту заполнения углов образцов оценивали визуально с помощью лекального угольника.

Определение предела прочности при сжатии сырца осуществляли на образцах-кубах, размером $50 \times 50 \times 50$ мм. Образцы формовали при выше оговоренной вибрации в гипсовые армированные формы. После извлечения из форм образцы выдерживали при комнатной температуре в течение трех дней и сушили при температуре 80°C .

При проведении исследований были использованы стандартные методы определения открытой пористости (ГОСТ 2409—95 гидростатическим взвешиванием) и предела прочности при сжатии (ГОСТ 4071.1—94) образцов.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований текучести при вибрации — растекаемости вибролитой зернистой муллитокорундовой массы приведены на рис. 2, из которого видно, что обе массы приобре-

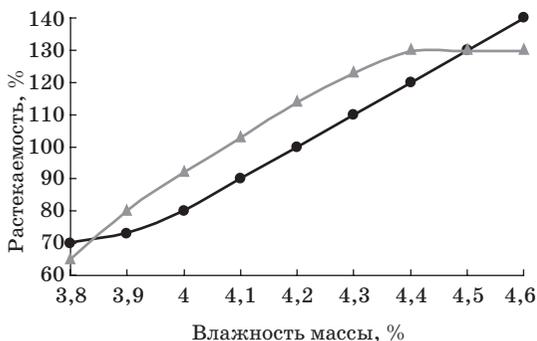


Рис. 2. Зависимость текучести при вибрации — растекаемости от влажности вибролитой зернистой муллитокорундовой массы, где ●, ▲ — масса с использованием глинозема А и Б соответственно

тают текучесть при вибрации при равной минимальной влажности — 3,8%, причем растекаемость масс на основе глинозема А составляет 70%, а на основе глинозема Б — 65%. При увеличении влажности массы от 3,9 до 4,4% большей растекаемостью характеризуются массы с глиноземом Б.

Дальнейшее увеличение влажности масс с глиноземом *B* от 4,4 до 4,6 % не приводит к увеличению растекаемости, а при влажности 4,5—4,6 % является избыточной, в то время как для масс с глиноземом *A* максимальный порог растекаемости при влажности 4,6 % еще не достигнут.

С точки зрения качества вибролитья, независимо от применяемого глинозема, растекаемость масс 60—80 % не обеспечивает формирования четкой конфигурации изделия: ребро угла в 90° местами было сформировано не полностью либо имело закругленную форму; поверхность изделия характеризовалась наличием «порционных изломов», образующихся вследствие порционной подачи массы в форму при недостаточной ее растекаемости. Низкая растекаемость массы не позволяет микрозернистой фракции быстро и равномерно распределяться вокруг более крупных зерен на стыке двух порций, в результате чего образуются подобные изломы. Следует отметить, что изломы не являются дефектами огнеупорных изделий, предусмотренными ГОСТ 28833—90. Однако, учитывая жесткие требования к качеству рабочей поверхности изделий мундштучной камеры стекловаренных печей (согласно ТУ У 26.2-00190503-331:2010 «Изделия высокоогнеупорные муллитокорундовые термостойкие для фидеров стекловаренных печей производства стеклотары. Опытная партия» не допускается наличие пор, раковин, посечек), наличие «порционных изломов» является нежелательным.

Растекаемость более 100 % при влажности вибролитых масс более 4,2 % приводит к увеличению осадки массы в форме после ее заполнения и уменьшает прочность и плотность сырца. Так, предел прочности при сжатии сырца муллитокорундовых образцов, сформованных с использованием глинозема *A* при влажностях 4,1 и 4,3 %, составляет 3,2—3,7 и 2,3—2,8 Н/мм² соответственно. Предел прочности при сжатии сырца муллитокорундовых образцов, сформованных с использованием глинозема *B* при влажностях 4,0 и 4,2 %, составляет 4,0—4,7 и 3,1—3,7 Н/мм² соответственно.

Таким образом, оптимальной является растекаемость 90—100 % при влажности массы 4,0—4,1 % с глиноземом *B*. При изготовлении опытной партии шиберов нового типоразмера влажность и растекаемость вибролитой массы соответствовали оптимальной.

В результате выполненных исследований изготовлена и передана на испытание опытная партия муллитокорундовых шиберов, которые по показателям свойств, точности конфигурации

и внешнему виду отвечают требованиям ТУ У 26.2-00190503-331:2010 для марки МКТПС-89. За счет оптимизации характеристик вибролитой зернистой муллитокорундовой массы улучшены физико-механические показатели свойств данной опытной партии изделий в сравнении с ранее изготовленной (табл. 2).

Таблица 2

Показатели свойств опытной партии шиберов

Наименование показателя	Величина показателя для опытных партий	
	ранее изготовленной	улучшенной
Массовая доля, %: Al_2O_3 Fe_2O_3	90,7—93,0 0,1—0,2	90,2—92,4 0,1—0,2
Открытая пористость, %	15,4—17,4	13,2—13,7
Предел прочности при сжатии, Н/мм ²	133—207	220—235

Выводы

При освоении технологии изготовления способом вибролитья сложнофасонного крупногабаритного изделия шибера нового типоразмера проведено исследование по оптимизации характеристик вибролитой зернистой муллитокорундовой массы. С учетом применяемого глинозема установлены оптимальные влажность (4,0—4,1 %) и растекаемость (90—100 %) массы, обеспечивающие изготовление шибера заданной конфигурации с высокими показателями свойств.

Библиографический список

1. Примаченко В. В. Муллитокорундовые и муллитокорундоцирконистые огнеупоры для дозировки стекломассы при производстве кинескопов цветного телевидения / В. В. Примаченко, В. П. Бунина, Л. М. Колесников // Разработка, производство и применение высококачественных огнеупоров : тематич. отрасл. сб. — Х. : Укр. гос. науч.-иссл. ин-т огнеупоров, 1994. — С. 68—73.

2. Вибролитые муллитокорундовые фасонные огнеупоры для выработочной части стекловаренных печей / В. В. Примаченко, В. А. Устиченко, В. П. Бунина [и др.] // Сб. науч. тр. ОАО «УкрНИИОгнеупоров им. А. С. Бережного». — Х. : Каравелла, 2000. — № 100. — С. 81—85.

3. Mullitecorundum refractories for the feeder of glassmaking furnaces / [Primachenko V. V., Martynenko V. V., Ustichenko V. A., Gritsuk L. V.] // Stahl und Eisen. — 2003. — Nov. Spec. — P. 33—34.

4. Муллитовые, муллитокорундовые, муллитокорундоцирконовые огнеупоры производства ПАО «УКРНИИ ОГНЕУПОРОВ ИМ. А. С. БЕРЕЖНОГО» для сте-

кловаренных печей / В. В. Примаченко, В. В. Мартыненко, И. Г. Шулик [и др.] // Новые огнеупоры. — 2013. — № 3. — С. 83—84.

5. Влияние вида диспергирующей добавки на свойства муллитокорундовых огнеупоров / [Устиченко В. А., Чаплянко С. В., Грицюк Л. В., Ткаченко Л. П.] // 36. наук. пр. ВАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А. С. Бережного». — Х. : Каравела, 2008. — № 108. — С. 37—41.

6. Исследование по получению высококачественных вибролитых муллитокорундовых изделий с использованием глиноземов с содержанием $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 > 90\%$ различных производителей / В. В. Примаченко, И. Г. Шулик, С. В. Чаплянко [и др.] // 36. наук. пр. ПАТ «УКРНДІ ВОГНЕТРИВІВ ІМ. А. С. БЕРЕЖНОГО». — Х. : ПАТ «УКРНДІ ВОГНЕТРИВІВ ІМ. А. С. БЕРЕЖНОГО», 2011. — № 111. — С. 52—61.

7. Деформационноустойчивые муллитокорундовые огнеупоры с повышенной прочностью на основе плавящихся материалов для печей производства стекловолокна / [Устиченко В. А., Грицюк Л. В., Ткаченко Л. П., Чаплянко С. В.] // 36. наук. пр. ВАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А. С. Бережного». — Х. : Каравела, 2007. — № 107. — С. 22—26.

8. Unshaped refractory products — Part 4: Determination of consistency of castables: EN 1402-4:2003 (E). — Brussels: CEN, 2003.— 10 p. — (Европейский стандарт).

Рецензент канд. техн. наук Кущенко К. И.