

Д. т. н. В. Н. Соков (✉)

ФГБОУ ВО НИУ «Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия

УДК 666.762.11-492.3-127

ВЫСОКОПОРИСТЫЙ ГРАНУЛИРОВАННЫЙ КОРУНДОВЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ ИЗ ГЛИНОЗЕМОПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ МАСС. Часть 4. Определение оптимальных составов смесей*

Выбран рациональный состав смеси. Определяющими показателями принимали заданную насыпную плотность гранул при их максимальной прочности. Установлено, что на свойства изделий существенно влияет соотношение основных компонентов смеси — электроплавленного корунда, молотого технического глинозема и пенополистирола, обеспечивающих наибольший выход гранул фракций 5–10 и 10–20 мм.

Ключевые слова: высокопористый гранулированный корундовый наполнитель, вспененный полистирол, коэффициент вспенивания полистирола, глиноземопенополистирольные массы, сырцовые и обожженные гранулы.

На показатели физико-технических свойств пористого корундового наполнителя существенно влияет соотношение между основными компонентами смеси, используемыми в работе: электроплавленным корундом, молотым техническим глиноземом и пенополистиролом. Химический состав электроплавленного корунда, %: Al_2O_3 98,11–98,79, SiO_2 0,13–0,15, Fe_2O_3 0,58–1,01, Na_2O 0,27–0,45; гранулометрический состав, %: фракции крупнее 50 мкм 18–22,7, мельче 50 мкм 82–77,3. Химический состав молотого технического глинозема, %: Al_2O_3 98,54, Fe_2O_3 0,17, TiO_2 0,7; гранулометрический состав, %: фракции крупнее 10 мкм 5,7, 5–10 мкм 20,0, 3–5 мкм 8,05, 2–3 мкм 13,25, 1–2 мкм 13,7, мельче 1,0 мкм 39,3.

Суспензионный бисерный полистирол ПСВ был отсеян через сито с диаметром ячейки 0,315 мм. Для получения из ПСВ зерен выгорающей добавки (пенополистирола) его необходимо вспенить. Вспенивание гранул осуществляли при термообработке в свободном состоянии различными теплоносителями: водяным паром, горячей водой или воздухом. Минимальная температура теплоносителя должна быть несколько

выше температуры стеклования полимера. В наших исследованиях вспенивание бисерного полистирола осуществляли в горячей воде при 90–97 °С. Данные по вспениванию полистирола показаны на рис. 1.

Основным требованием, предъявленным к процессу вспенивания, является его законченность, характеризующаяся объемпостоянством гранул пенополистирола при повторной термообработке. Добиться желаемого результата можно в том случае, если заканчивать вспенивание полистирола при достижении им минимальной средней плотности (максимального коэффициента вспенивания). Таким образом, как видно из рис. 1, время окончательного вспенивания полистирола в горячей воде при 90–97 °С

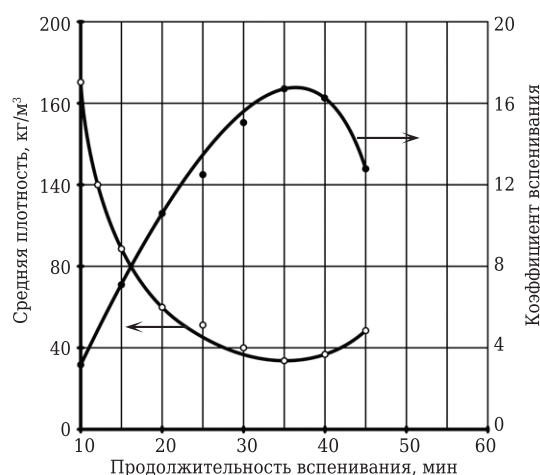


Рис. 1. Зависимости средней плотности вспененного полистирола и коэффициента вспенивания от продолжительности термообработки при 95–97 °С

* Части 1 и 2 статьи опубликованы в журнале «Новые огнеупоры» № 7 за 2017 г., часть 3 — в № 9 за 2017 г.



В. Н. Соков
E-mail: sersok_07@mail.ru

составляет 30–35 мин, что соответствует моменту установления равенства порционного давления внутри ячеек пенополистирола и атмосферного. При дальнейшем воздействии теплоносителя внутреннее давление становится ниже атмосферного, что приводит к деформации гранул, а следовательно, и к повышению их средней плотности и снижению коэффициента вспенивания.

Недовспененный полистирол при повторном вспенивании развивает усилие 0,2–0,4 МПа, поэтому в свежеформованных гранулах в процессе термообработки будут возникать внутренние напряжения, которые могут ослабить и даже разрушить сплошность структуры сырьевой гранулы. Средняя плотность вспененного полистирола 35–40 кг/м³, максимальный размер зерен 0,5–1,0 мм. Сульфитно-спиртовая бражка (с.с.б.) хорошо растворяется в воде и обладает свойствами поверхностно-активных веществ. В исследованиях использовали 50 %-ный жидкий концентрат с.с.б. плотностью 1180 кг/м³.

Важнейшая задача при подборе оптимальных составов смесей для получения корундовых гранул — определение соотношений компонентов, обеспечивающих наибольший выход гранул фракций 5–10 и 10–20 мм при их максимальной возможной прочности и минимальной насыпной плотности. На основные показатели свойств пористых корундовых гранул, такие

как гранулометрический состав, прочность и др., существенно влияет количество вводимой высокоогнеупорной связки — молотого технического глинозема и наполнителя — электрокорунда. Поэтому в работе были проведены исследования, направленные на определение рационального соотношения огнеупорных компонентов. На рис. 2 показано влияние содержания молотого технического глинозема на гранулируемость исходных глиноземополистирольных смесей. Модуль крупности характеризует гранулометрический состав заполнителя.

Следует отметить, что введение в качестве наполнителя электрокорунда влияет на свойства материала, и прежде всего на гранулометрический состав получаемых зерен. С увеличением содержания в гранулируемой массе крупных фракций электрокорунда наблюдается образование более крупных и малопрочных сырьевых гранул. При содержании зерен электрокорунда более 80 % растет выход несгранулировавшихся частиц (до 60 % при содержании корунда 95 %), количество которых можно частично сократить увеличением влагосодержания формовочной массы. Уменьшение количества наполнителя способствует улучшению гранулируемости массы и формированию наиболее плотного и прочного гранулята.

Из рис. 2, а видно, что наиболее благоприятное соотношение фракций 5–10 и 10–20 мм наблюдается при введении тонкодисперсной связки в количестве 27–32 %. Дальнейшее увеличение содержания глинозема способствует образованию более мелких гранул. Данные о влиянии количества вводимой высокоогнеупорной связки на насыпную плотность, прочность и огнеую усадку корундовых сфер показаны на рис. 2, б. Температура обжига образцов 1550 °С, продолжительность выдержки при максимальной температуре 4 ч. Оптимальной прочностью наблюдается при введении 29,0–31,0 % тонкомолотого глинозема (см. рис. 2, б).

С увеличением или уменьшением количества глинозема прочность образцов снижается. Снижение прочности с увеличением количества глинозема объясняется тем, что с повышением содержания тонкодисперсной связки происходят раздвижка крупных зерен корундового наполнителя, образующего жесткий каркас материала, и возникновение между ними прослоек из глинозема. В результате спекания прослойки формируются из мельчайших кристаллов корунда и приобретают значительную микропористость и хрупкость. Кроме того, при этом увеличиваются усадочные деформации и появляются микротрещины, которые также ухудшают прочностные характеристики материала. Снижение прочности с уменьшением

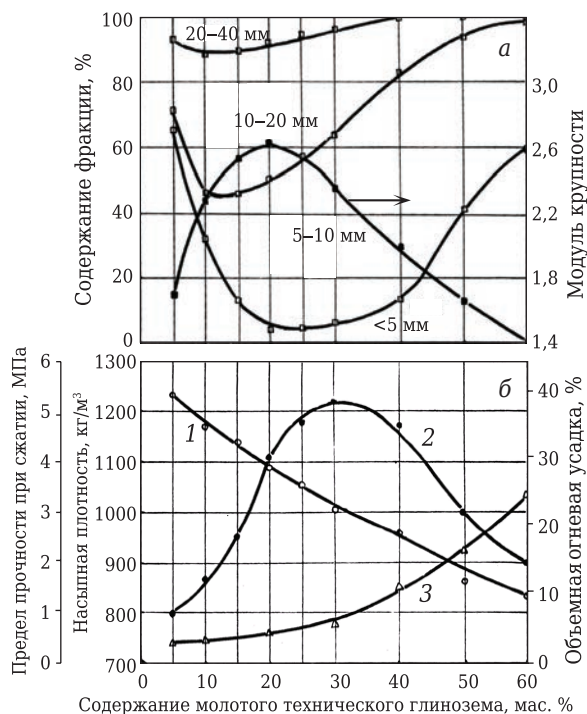


Рис. 2. Влияние содержания высокоогнеупорной связки на фракционный состав и модуль крупности сырьевых гранул (а), на насыпную плотность (1), предел прочности при сжатии (2) и огнеую усадку (3) обожженных гранул (б) при постоянных содержании пенополистирола и В/Т

количества глинозема объясняется недостатком содержания высокоогнеупорной связки, являющейся эффективным энергетическим источником спекания при данной температуре обжига. Значительное снижение огневой усадки корундового материала наблюдается при увеличении в составе глиноземополистирольной смеси крупных фракций корунда. Однако возрастание содержания количества наполнителя до 70,0 % неизбежно приводит к снижению прочности как сырьевых гранул, так и обожженных. Устранение такого недостатка потребует проведения специальных мероприятий, таких как увеличение продолжительности грануляции, повышение температуры обжига до 1750–1800 °С и т. п., что значительно усложнит технологию.

Вместе с тем основные показатели физико-технических свойств гранулированного корунда значительно зависят от содержания в исходной шихте пенополистирола. Влияние количества вводимой выгорающей добавки на гранулометрический состав, насыпную плотность и прочность легковесных гранул показано на рис. 3. Опытные образцы готовили из глиноземополистирольных масс с различным содержанием пенополистирола при постоянном содержании огнеупорных компонентов (70 % электроплавленного корунда и 30 % молотого технического глинозема) и одинаковом водотвердом соотношении (В/Т). Параметры грануляции: продолжительность 7,5 мин, угол наклона тарели 45°, частота вращения тарели 18 об/мин. Обжиг проводили при 1550 °С с выдержкой при максимальной температуре 4 ч. Увеличение содержания пенополистирола способствует некоторому уменьшению крупности получаемых гранул при одновременном снижении их насыпной плотности и прочности. При этом следует отметить, что введение в состав формовочной смеси пенополистирола в количестве, превышающем 83,0 об. %, нецелесообразно из-за недостатка связующего для создания монолитного каркаса гранулы и снижения прочности. Дальнейшее снижение насыпной плотности сфер при сохранении достаточной прочности необходимо осуществлять путем перехода к формовочным смесям на основе технического глинозема, что, однако, уменьшит термостойкость материала.

Анализ полученных данных позволил выбрать рациональные составы шихты (см. таблицу). При этом определяющими показателями являлись заданная величина насыпной плотности гранул при их максимальной прочности. Выбранные составы компонентов позволяют

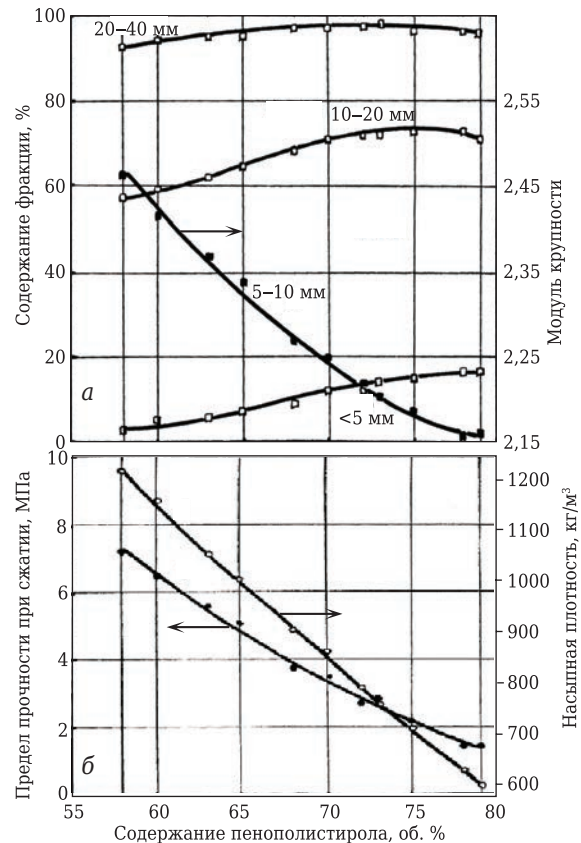


Рис. 3. Влияние содержания пенополистирола на фракционный состав и модуль крупности сырьевых гранул (а), на насыпную плотность, и предел прочности при сжатии обожженных корундовых гранул (б) при постоянных соотношении корунд : глинозем 70:30 мас. % и В/Т

Рациональные составы смеси для получения пористого корундового заполнителя

Компонент	Содержание компонента, об. %, при насыпной плотности гранул, кг/м³		
	600	800	1000
Электрокорунд	14,7	19,6	24,5
Молотый технический глинозем	6,3	8,4	10,5
Пенополистирол	79,0	72,0	65,0

получить материалы со следующими показателями свойств:

Насыпная плотность, кг/м³.....	590–620	790–810	990–1020
Предел прочности при сжатии, МПа...	1,5–1,8	2,8–3,2	5,0–5,5
Соотношение фракций 5–10 и 10–20 мм, %.....	55–58:25–27	58–62:25–27	55–60:29–32

(Продолжение следует)

Получено 02.03.17
© В. Н. Соков, 2017 г.