

УДК 666.762.11-492.3-127

ВЫСОКОПОРИСТЫЙ ГРАНУЛИРОВАННЫЙ КОРУНДОВЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ ИЗ ГЛИНОЗЕМОПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНЫХ МАСС. Часть 3. Теоретические предпосылки процесса окомкования на грануляторе глиноземопенополистирольных смесей*

Процесс окомкования глиноземопенополистирольных смесей определяется наличием физико-механических и физико-химических связей. Решающее влияние на этот процесс оказывают молекулярные и капиллярные силы, значение которых определяется индивидуальными свойствами гранулируемого материала, структурой слоя и количеством влаги. Установлены гидрофильный характер поверхности исследуемой системы и ее гидродинамическое стремление к окомкованию.

Ключевые слова: глиноземопенополистирольные смеси, окомкование, смачиваемость, молекулярные и капиллярные силы, пленочная вода, коэффициент смачивания.

Процесс окомкования различных дисперсных материалов имеет достаточно сложную физическую природу. При изготовлении сферических гранул заполнителя основной задачей является получение материала с определенными физико-техническими свойствами, главными из которых являются средняя прочность, прочность и гранулометрический состав.

При грануляции различных материалов на основные свойства получаемых гранул решающее влияние оказывают следующие факторы: природа гранулируемых материалов, взаимодействие частиц материала, дисперсность гранулируемых материалов, соотношение компонентов сырьевой шихты, формовочная влажность, способ и параметры грануляции. На величину сил сцепления в гранулируемом материале влияет природа твердой фазы (химико-минеральный состав, прочность и форма частиц, а также характер их поверхности). Так, химико-минеральный состав материала определяет степень его гидратируемости, а комкуемость различных материалов и качество получаемых агрегатов зависят прежде всего от природной способности его частиц смачиваться водой. Исходные материалы

должны обладать свойством гидрофильности и характеризоваться наличием больших сил притяжения между молекулами твердой и жидкой фаз по сравнению с силами сцепления молекул жидкости. С увеличением гидрофильности исходных материалов возрастают их гранулируемость, а также прочность сырцовых гранул.

Существенно влияет на величину сил сцепления частиц гранулируемого материала их форма. Для получения прочных гранул необходима плотная упаковка частиц, при которой действие сил сцепления осуществляется на максимально возможной поверхности контакта. Подобную упаковку при окомковании образуют частицы округлой сферической формы, в то время как из частиц неправильной формы получается рыхлая структура с высокой пористостью. Использование для получения корундового заполнителя зерен пенополистирола правильной сферической формы предполагает получение у отформованных гранул достаточно прочной и плотной структуры, что и было подтверждено последующими исследованиями. Процесс окомкования глиноземопенополистирольных смесей определяется в основном наличием физико-механических и физико-химических связей, причем решающее влияние на этот процесс оказывают молекулярные и капиллярные силы, абсолютная величина и относительное значение каждой из которых определяются индивидуальными свойствами гранулируемого материала, структурой слоя и количеством влаги.

В агрегации частиц сырьевой шихты большое значение имеет вода, адсорбированная на поверхности частиц исходного материала (так

* Части 1 и 2 статьи опубликованы в журнале «Новые огнеупоры» № 7 за 2017 г.



В. Н. Соков
E-mail: sersok_07@mail.ru

называемая «пленочная вода»), удерживаемая силами молекулярного притяжения в виде моно- или полимолекулярного слоя. Пленочная вода обладает специфическими свойствами: высокими плотностью, вязкостью и прочностью, не передает гидростатического давления и т. д. Эта вода имеет своеобразное клеящее свойство в зонах контакта частиц, что приводит к созданию связной структуры. Силы притяжения между частицами твердой составляющей шихты, около которых располагаются тонкие гидратные пленки, определяется в первую очередь энергией взаимодействия пограничных слоев воды и твердой фазы.

При взаимодействии жидкой и твердой фаз особое значение имеет поляризация контактирующих поверхностей — чем больше некомпенсированных зарядов находится на поверхности тела, тем активнее оно гидратируется. Наиболее интенсивно гидратируются материалы с гидрофильной поверхностью, к категории которых относятся вещества с ковалентной полярной или ионной структурой. Гидрофильные свойства поверхности применяемых в данной работе материалов и шихт исследовали методом капиллярного смачивания их полярными и неполярными жидкостями. В качестве неполярной жидкости использовали нормальный гептан, не растворяющий гранулы пенополистирола. Данные о кинетике смачивания материалов и шихт водой и гептаном показаны на рис. 1, 2. Коэффициент смачивания K_c определяется из графика, на осях которого откладываются значения поглощения материалом воды ΔG_v и гептана ΔG_r (рис. 3), и характеризуется тангенсом угла наклона прямой, отражающей поглощение материалом обеих жидкостей за равные промежутки времени:

$$K_c = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta G_v}{\Delta G_r}.$$

Для гидрофильных материалов $K_c > 1$, для гидрофобных $K_c < 1$.

Значения коэффициентов смачивания исследуемых материалов и шихт приведены ниже:

Электрокорунд.....	1,35
Молотый технический глинозем.....	0,75
Смесь электрокорунд : технический глинозем (70:30 мас. %)	1,21
Глиноземопенополистирольная смесь (70 % корунда, 30 % технического глинозема, 4 % (сверх 100 %) пенополистирола).....	1,12

Анализ результатов определения гидрофильности свойств применяемых материалов и шихт позволил установить, что глиноземопенополистирольная смесь имеет гидрофильный характер поверхности. Данное обстоятельство указывает на то, что связь адсорбированных молекул воды с поверхностью материала шихты будет осуществляться посредством действия молекулярных

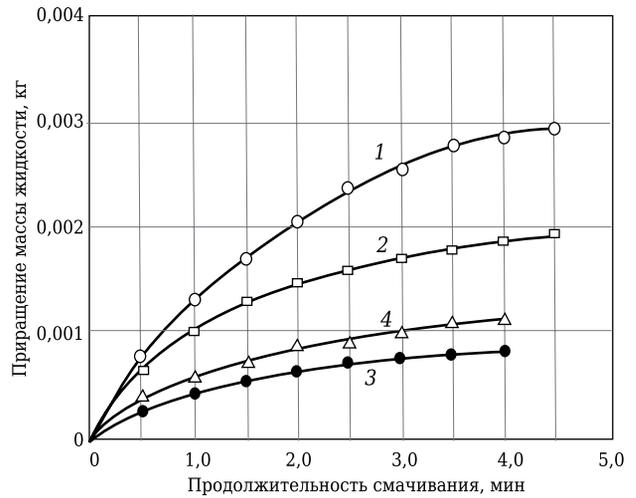


Рис. 1. Кинетика смачивания водой (1, 3) и нормальным гептаном (2, 4) корунда (1, 2) и технического глинозема (3, 4)

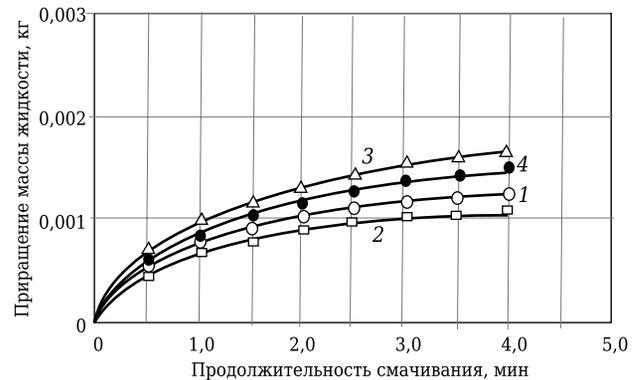


Рис. 2. Кинетика смачивания водой (1, 3) и нормальным гептаном (2, 4) глиноземопенополистирольной смеси (1, 2) и смеси корунда и технического глинозема (3, 4)

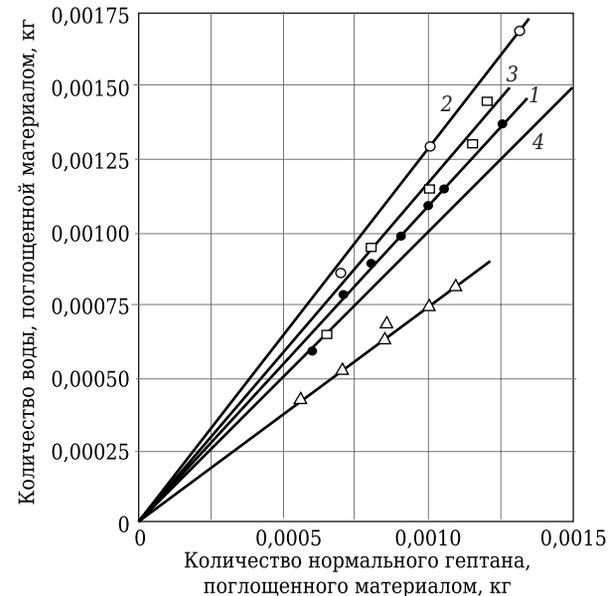


Рис. 3. Графическое определение гидрофильности исходных материалов и шихт: 1 — глиноземопенополистирольная смесь; 2 — корунд; 3 — смесь корунда и технического глинозема; 4 — технический глинозем

сил, причем главным образом за счет ориентационного эффекта. Таким образом, система глиноземополистирольная смесь – вода обладает определенным термодинамическим стремлением к окомкованию. В то же время формовочная масса является гетерогенной системой, состоящей из мелких твердых частиц различной плотности, воздуха в порах между ними и воды. Физико-химическая природа этих фаз различается, и с изменением количества каждой из них будут изменяться характер их взаимодействия и свойства всей системы в целом.

Основными силами, обеспечивающими сцепление частиц в подобных смесях, являются капиллярные силы. Возникновение этих сил связано с образованием в точках контактов увлажненных частиц системы кольцевых прослоек воды с поверхностью двойной кривизны. Величина стягивающего капиллярного давления P определяется уравнением Лапласа

$$P = G \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right),$$

где G — поверхностное натяжение жидкости; R_2 и R_1 — радиусы кривизны жидкости в манжете.

Наличие в глиноземополистирольной массе капиллярных сил подтверждают исследования гидрофильных свойств поверхности применяемых в работе материалов и шихт, основанные на явлении капиллярного подсоса жидкости слоем сыпучего материала. Капиллярные силы, возникающие при смачивании водой мелких капилляров или поверхностей твердых фаз, расположенных достаточно близко друг к другу, являются результирующей сил поверхностного натяжения воды и молекулярных сил взаимодействия жидкой и твердой фаз. Скорость капиллярного всасывания определяется свойствами как самой жидкости, так и слоя сыпучего материала (радиусом капилляра, природой вещества и т. д.). Капиллярная вода обладает обычными физическими свойствами воды, но имеет отрицательное давление, что обуславливает стягивание частиц материала. Характер капиллярного взаимодействия сыпучих материалов оправдывается количеством воды в точ-

ке контакта, формой контакта частиц и количеством контактов в единице объема материала, что, в свою очередь, зависит от гранулометрии исходных сырьевых материалов.

Исследование системы пенополистирол – вода показало, что капиллярное всасывание жидкости слоем пенополистирола крайне затруднено, однако, как указывалось выше, гидратация его зерен облегчена наличием на поверхности значительного количества некомпенсированных зарядов электростатического электричества. При обработке пенополистирола раствором ПАВ происходят смачивание поверхности его зерен и образование вокруг них молекулярных слоев жидкости. Такая система является также гетерогенной. В результате перемешивания или грануляции будут происходить сближение частиц пенополистирола и их агрегация под воздействием капиллярных сил ввиду образования в зонах контакта кольцевых прослоек жидкости.

На основании вышеизложенного следует отметить:

- глиноземополистирольная смесь относится к гидрофильным системам, характерной чертой которых является интенсивное взаимодействие с водой;

- смачивание поверхности зерен пенополистирола и образование молекулярных слоев жидкости облегчено наличием на их поверхности значительного количества некомпенсированных зарядов электростатического электричества;

- с позиции термодинамики и глиноземополистирольная система, и пенополистирол склонны к окомкованию, так как они будут стремиться уменьшить свою энергию как за счет уменьшения величины поверхностного натяжения на границе раздела фаз (при взаимодействии с водой), так и за счет уменьшения дисперсности (в результате взаимного сцепления частиц). ■

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

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ССС-10 — 10-я Международная конференция по высокотехнологичной керамике

The Tenth International Conference on High-Performance Ceramics

第十屆先進陶瓷國際研討會

4-7 ноября 2017 г. г. Наньчан, Китай

www.ccs-cicc.com