

УДК 536.46:621.762:662.612

Ф. Н. Чернов, соискатель, Пермский национальный исследовательский политехнический университет
В. И. Малинин, доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ НАНОДИСПЕРСНОГО ОКСИДА ИЗ СУСПЕНЗИИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ МЕТАЛЛОГАЗОВОЙ СМЕСИ

Рассматривается конструкция устройства для выделения из суспензии продуктов сгорания металлогазовой смеси частиц оксида заданной дисперсности, в том числе наноразмерных. Принцип действия устройства основан на применении эффекта электрофореза. Предлагается способ организации процесса разделения фракций в условиях промышленного производства нанопорошков.

Ключевые слова: суспензия, нанопорошок, электрофорез, электролит.

Развитие современных технологий основывается на производстве высококачественных порошковых материалов, обладающих заданными свойствами, которые находят свое применение в производстве машиностроительной керамики, композиционных материалов, в электронике, химической промышленности и других областях. Одним из наиболее востребованных для современных технологий является наноультрадисперсный порошок (НУДП). Общий недостаток используемых методов получения НУДП состоит в низкой производительности и невозможности их применения для промышленного производства. В научно-исследовательской работе [1] был предложен новый высокопроизводительный метод получения высокодисперсных порошков оксидов металлов – метод сжигания металлогазовой смеси, который позволяет получать продукты высокого качества при большой производительности. Недостатком данного метода является необходимость выделения дисперсной фракции из суспензии продуктов сгорания.

В работе [1] предложена технологическая схема выделения НУДП из суспензии, в основе которой – использование метода седиментации.

Однако метод седиментации неприменим для выделения нанодисперсных частиц, так как он не учитывает влияние броуновского движения, в котором участвуют частицы диаметром менее 100 нм. Помимо этого он является достаточно продолжительным, что делает затруднительным его применение в промышленном производстве нанопорошков. Чтобы избавиться от влияния броуновского движения и ускорить процесс разделения фракций, предлагается использовать электрофорез – движение частиц дисперсной фазы относительно дисперсионной среды под действием внешнего электрического поля. Скорость электрофореза рассчитывается по формуле

$$V_e = \frac{2\zeta\epsilon\epsilon_0 E}{3\eta} f(\chi d / 2),$$

где V_e – скорость электрофореза; ϵ – диэлектрическая проницаемость жидкости; ϵ_0 – диэлектрическая постоянная; ζ – электрокинетический потенциал части-

цы; E – напряженность электрического поля; η – коэффициент вязкости воды; χ – параметр Дебая.

В таблице представлен расчет времени осаждения частиц γ -оксида алюминия в гравитационном и электрическом полях при высоте слоя суспензии 5 см.

Сравнительный анализ данных таблицы позволяет сделать вывод, что с помощью силы электрического поля, действующего на частицы оксида в суспензии, возможно значительно сократить время их осаждения [2].

Расчет времени осаждения частиц $E = 1000$ В/м, $\zeta = 20$ мВ, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, $\eta = 1002 \cdot 10^{-6}$ Па·с, $\chi = 15 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1}$

d , нм	$\tau_{гг}$, ч	$\tau_{гэ}$, ч
200	$2,5 \cdot 10^2$	1,1
100	$9,9 \cdot 10^2$	1,2
50	$3,9 \cdot 10^3$	1,3

где d – диаметр частиц; $\tau_{гг}$, $\tau_{гэ}$ – время осаждения частиц в гравитационном и электрическом полях соответственно.

Именно метод электрофореза был использован при разработке технологии выделения нанодисперсного оксида из суспензии продуктов сгорания металлогазовой смеси (рис. 1).

Основным этапом предложенной технологии является этап разделения фракций. Для его реализации требуется специальное оборудование – устройство для выделения частиц заданной дисперсности (рис. 2). Устройство состоит из нескольких основных частей: емкости для суспензии, емкости для электролита и крышки с затвором.

Емкость для суспензии 1 представляет собой полый цилиндр с днищем. Емкость для электролита 2 имеет в нижней своей части отверстия, через которые из емкости 1 в нее под действием электрического поля перемещаются крупные частицы оксида, растворенные в суспензии, и агломераты частиц.

Крышка 3 оснащена затвором 4, который перекрывает отверстие емкости 2, отсекает разделенные фракции и позволяет сливать суспензию, содержащую частицы требуемой дисперсности без опасности перемешивания. Также в крышке имеется отверстие

5 для выхода газа, который образуется в процессе электрофореза. На крышке закреплена металлическая сетка 6, служащая токопроводящим контактом. Второй токопроводящий контакт зафиксирован в пространстве между емкостями 1 и 2. Крышка 3

крепится к емкости 1 с помощью винтового соединения 7 посредством металлических втулок с резьбой, вмонтированных в емкость 1, и винтов. Заполнение и опорожнение емкостей 1 и 2 осуществляется через патрубки, вмонтированные в крышку 3 и емкость 1.

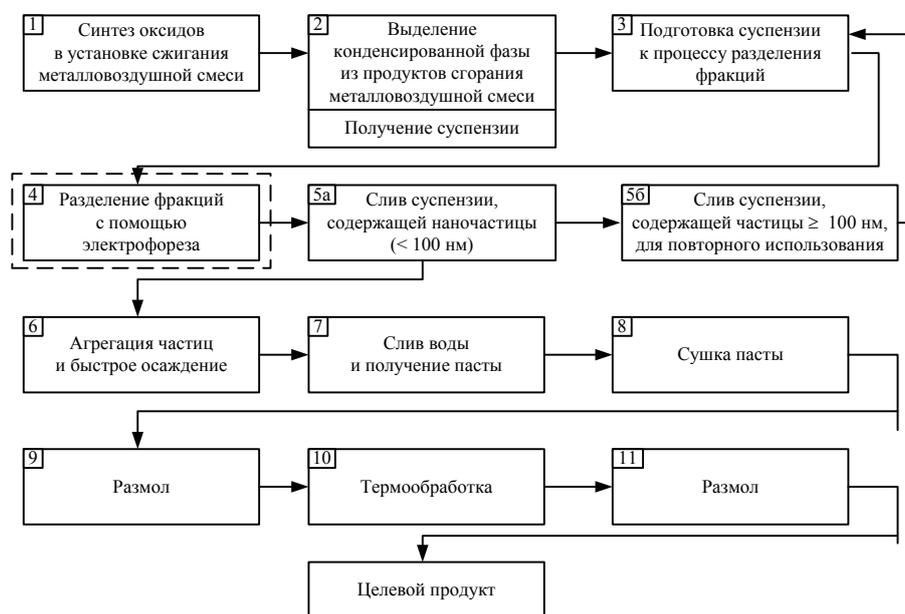


Рис. 1. Технологическая схема

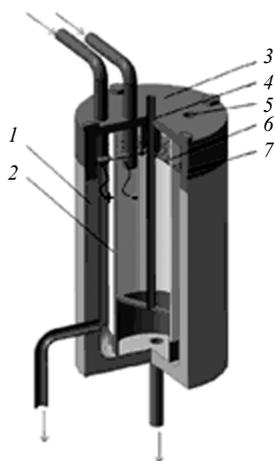


Рис. 2. Устройство для выделения нанодисперсного оксида

Емкости 1 и 2, крышка 3 и затвор 4 изготовлены из неэлектропроводного материала. Сетки 6 выполнены из некорродирующего материала, так как загрязнение суспензии посторонними примесями приведет к ухудшению чистоты целевого продукта.

Преимуществом предложенной конструкции является возможность автоматизации процесса разделения фракций при промышленном производстве нанопорошка (рис. 3) [3, 4]. Выделение частиц требуемой дисперсности в условиях промышленного производства предлагается организовать следующим образом. Суспензия и электролит по полиэтиленовым трубопроводам, соответственно, 1 и 2 дозируются с помощью шаровых кранов с пневмоприводом 3 подаются в емкости устройства для выделения

нанодисперсного оксида 4. Устройства расположены по этажному принципу, что позволяет значительно сократить занимаемую ими площадь. От переполнения емкости предохраняет сливной патрубок.

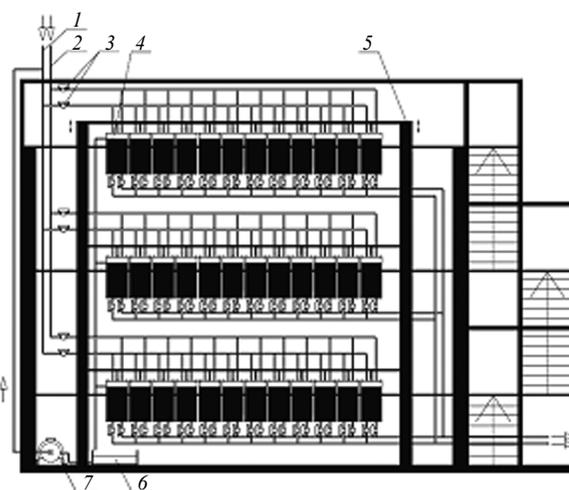


Рис. 3. Пример организации процесса разделения фракций в условиях промышленного производства нанопорошков

После заполнения емкостей разделяющий затвор поднимается посредством гидравлического подъемника 5. Далее производится разделение фракций с применением электрофореза. После этого суспензия, содержащая оксид требуемой дисперсности, откачивается для прохождения следующих этапов технологического цикла. Суспензия, содержащая крупнодисперсный оксид, сливается для повторного

использования. Суспензия, которая была слита при наполнении емкостей устройства 4, собирается в сосуде 6 и с помощью центробежного насоса 7 перекачивается для повторного использования. Визуальный контроль процесса предлагается осуществлять на экране персонального компьютера оператора с использованием специализированного программного обеспечения.

Таким образом, предложено технологическое оборудование для выделения нанодисперсных частиц из суспензии продуктов сгорания металлогазовой смеси, которое может быть использовано в составе технологического комплекса для промышленного производства нанопорошка.

Библиографические ссылки

1. *Малинин В. И.* Внутрикамерные процессы в установках на порошкообразных металлических горючих. – Екатеринбург ; Пермь : УрО РАН, 2006. – 262 с.
2. *Животков А. В., Чернов Ф. Н.* Влияние броуновского движения наночастиц Al_2O_3 на их седиментацию в слабоконцентрированной суспензии // Современная техника и технологии : XV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Томск, 2009. – С. 488–490.
3. Выделение нано- и ультрадисперсных оксидов из конденсированных продуктов сгорания аэрозвесей металлических порошков / В. И. Малинин, Б. Ф. Потапов, И. С. Антипин, Ф. Н. Чернов // Научные исследования и инновации. – 2008. – Т. 2. – № 4. – С. 10–21.
4. *Чернов Ф. Н., Малинин В. И.* Автоматизация процесса промышленного выделения наноультрадисперсных порошков из слабоконцентрированной стабильной суспензии // Новые материалы, наносистемы и нанотехнологии : Всерос. молодежн. интернет-конф. – Ульяновск : Ульяновск. гос. техн. ун-т, 2010.

F. N. Chernov, Applicant, Perm national researching polytechnic university

V. I. Malinin, DSc in Engineering, Professor, Perm National Research Polytechnic University

Equipment for Nanoparticles Separation from Suspension of Metal-Gaseous Mixture Combustion Products

The construction of equipment for nanoparticles separation from suspension of metal-gaseous mixture combustion products is considered. Its principle of operation is based on electrophoresis effect. The industrial method of fraction separation is proposed.

Key words: suspension, nanopowder, electrophoresis, electrolyte.