

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043278**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.05.04**

(51) Int. Cl. **B02C 19/18 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**202191520**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.12.10**

---

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЧАСТИЦЫ С ПОМОЩЬЮ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ**

---

(31) **10 2018 131 541.4**

(56) US-A-3207447  
DE-A1-19902010  
DE-A1-19534232  
FR-A-1341851

(32) **2018.12.10**

(33) **DE**

(43) **2021.08.26**

(86) **PCT/EP2019/084332**

(87) **WO 2020/120437 2020.06.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ТЕХНИШЕ УНИВЕРСИТЕТ  
БЕРГАКАДЕМИ ФРАЙБЕРГ; ХАВЕР  
ЭНЖИНИРИНГ ГМБХ (DE)**

(72) Изобретатель:  
**Андерс Ерик, Гессе Макс, Госке  
Петра, Крампниц Томас, Кунце  
Гюнтер, Либервирт Хольгер,  
Меццетти Маргарита (DE), Попов  
Олег (RU), Фойгт Маттиас (DE)**

(74) Представитель:  
**Самцов В.П. (BY)**

---

(57) Изобретение касается устройств воздействия на частицы (9) с помощью электрических импульсов (11) с устройством подачи частиц с помощью как минимум одного вертикально расположенного отрезка трубы (2) с реакционной камерой для воздействия на частицы и устройством для извлечения частиц. Устройства характеризуются, в частности, тем, что они лучше или полностью открыты для последующего дробления уже в более грубых фракциях. Для этого отрезок трубы (2) и, следовательно, реакционная камера являются проточным каналом текучей среды (10). Кроме того, устройство (4), передающее среду, соединено с отрезком трубы таким образом (MX), чтобы среда текла против направления движения частиц (9), подаваемых к отрезку трубы (2) и оседающих через отрезок трубы. Отрезок трубы имеет по крайней мере два электрода (5), расположенных на расстоянии друг от друга и соединенных по крайней мере одним генератором импульсного напряжения в виде генератора Маркса (6). Кроме того, электроды заканчиваются на внутренней поверхности отрезка трубы или перед ней, поэтому электроды (5) не входят в отрезок трубы (2) и не препятствуют потоку среды в нем.

---

**043278 B1**

**043278 B1**

Изобретение касается устройств для воздействия на частицы с помощью электрических импульсов с устройством для подачи частиц с помощью как минимум одного вертикально расположенного отрезка трубы с реакционной камерой для воздействия на частицы и устройством для извлечения частиц. Принцип дробления твердых веществ электрическими импульсами известен. Данные электроимпульсные методы имеют недостатки, особенно при непрерывной транспортировке материала, состоящего из твердых веществ, через реакционную камеру; необходимое время пребывания в реакционной камере зависит от размера материала и частиц. Кроме того, существует риск повреждения компонентов используемыми электрическими импульсами.

Из заявки FR 1341851 А (от 02.11.1963) на изобретение известна установка непрерывного электрогидравлического дробления и смешивания веществ в жидкой среде. Электрические разряды происходят через жидкость, окружающую измельчаемое вещество, как правило, воду. В плазменном канале, образующемся в жидкости, создается ударная волна, которая поражает измельчаемый материал и воздействует на него. Генерация электрических импульсов, необходимых для этого, осуществляется с помощью колебательных контуров, что приводит к соответственно медленному увеличению импульсов. Резервуар жидкости устойчив к ударам давления, чтобы выдерживать косвенное воздействие (измельчение) ударной волной, создаваемой в воде с помощью электрических импульсов. В устройстве также описаны поверхностные электроды, служащие для максимального воздействия ударной волны. Однако они входят в технологическое пространство или поверхностно установлены в коническом отрезке трубы. Поток жидкости затруднен, и электроды подвергаются повышенному износу. Через реактор пропускается жидкость для полного вывода продуктов дробления вверх или вниз.

Другим способом дробления твердых веществ электрическими импульсами является электродинамическое дробление.

Из заявки DE 102014008989 А1 (от 28.01.2016) на изобретение также известны установка и метод непрерывного дробления твердых веществ с помощью электрических импульсов. При этом используется как минимум одна реакционная камера, в которую твердые вещества подаются с помощью транспортера, при этом реакционная камера находится в реакционном сосуде.

Он имеет по крайней мере один набор электродов из как минимум двух электродов, расположенных на заданном расстоянии друг от друга, которые образуют промежуточное электродное пространство в реакционной камере. При этом имеются как минимум один центральный электрод и окружающие его электроды. Устройство для генерации электрических импульсов подает электрические импульсы на набор электродов, при этом твердые вещества прилегают прижатыми к набору электродов до тех пор, пока прилегающие твердые вещества измельчаются с помощью электрических импульсов до такой степени, когда размеры измельченных твердых веществ становятся меньше, чем расстояние между противоположными электродами. Измельченные твердые вещества проходят через промежуточное пространство электрода вместе с потоком транспортера. Непрерывное дробление, по сути, возможно только для твердых веществ почти одинакового размера. Отсутствие или недостаточное дробление может привести к скоплению твердых веществ.

В заявке WO 2012129713 А (от 04.10.2012) на изобретение описывается расположение электродов электродинамической фрагментационной установки со сквозным отверстием или каналом для фрагментационного материала с одной или несколькими парами электродов. Через воздействие фрагментационного материала с импульсами высокого напряжения генерируются разряды высокого напряжения внутри проходного отверстия или канала. При этом стержневые, заостренные или закругленные электроды выступают из дробильной камеры с края окружающей оболочки и, при необходимости, с расположенного по центру сферического изоляционного тела, чтобы получить почти сферическое дробление. Для этого расстояние между электродами меньше максимального размера частиц, которые могут пройти через проходное отверстие или проходной канал.

В заявке JP 11-33430 А на изобретение описывается способ дробления и устройство для осуществления процесса. Для этого имеются косо наклоненные друг к другу электродные пластины, между которыми с помощью импульсов напряжения возникают высоковольтные разряды. Электродные пластины образуют конический зазор. Для прохождения через конический зазор частицы должны быть меньше расстояния между электродными пластинами в соответствующем месте. Описывается решение, состоящее из функции дробления и классификации. Таким образом, чтобы пройти установку, материал должен быть принудительно измельчен.

Изобретение, указанное в пункте 1 формулы, основывается на задаче минимального воздействия на частицы таким образом, чтобы они были лучше или полностью открытыми для последующего механического дробления уже в более грубых фракциях.

Эта задача решается с использованием признаков, перечисленных в пункте 1 формулы изобретения.

Устройства для воздействия на частицы с помощью электрических импульсов с устройством подачи частиц с как минимум одним вертикально расположенным отрезком трубы с реакционной камерой для воздействия на частицы и устройством для выброса частиц характеризуются, в частности, тем, что они лучше или полностью открыты для последующего дробления уже в более грубых фракциях.

Для этого отрезок трубы и, следовательно, реакционная камера являются проточным каналом теку-

чей среды. Кроме того, устройство, транспортирующее среду, соединено с отрезком трубы таким образом, чтобы среда текла против направления движения частиц, подаваемых к отрезку трубы и оседающих через отрезок трубы. Отрезок трубы имеет как минимум два электрода, расположенных на расстоянии друг от друга и соединенных по крайней мере одним генератором Маркса в качестве генератора импульсного напряжения, при этом время нарастания импульса генератора Маркса составляет менее 500 нс. Кроме того, электроды заканчиваются на внутренней поверхности отрезка трубы или перед ней, поэтому электроды не входят в отрезок трубы и не препятствуют потоку среды в нем.

Частицы, проходящие через отрезок трубы, подвергаются электродинамической нагрузке с помощью электрических импульсов, что также включает в себя электродинамическое дробление частиц. При этом используется так называемый генератор Маркса, который является генератором ударного напряжения. С помощью него генерируются импульсы с временем увеличения импульса менее 500 нс. При таких коротких периодах нарастания происходит разряд между электродами, расположенными на расстоянии друг от друга, прежде всего, непосредственно через частицу или несколько частиц одновременно. Возникающий при этом плазменный канал приводит к немедленному воздействию на частицы. Плазменный канал внутри частицы сопровождается высокими давлениями и температурами, которые ослабляют или полностью разрывают связи вдоль канала разряда и разрушаются внутри частицы. Это приводит к снижению прочности частицы и, таким образом, обеспечивает выборочное разложение на различные компоненты. Непосредственный вход энергии в частицы, подвергаемые воздействию, является энергоэффективным и, как преимущество, не требует ударопрочного отрезка трубы в качестве реакционной камеры для воздействия на частицы. Отрезок трубы может иметь постоянное поперечное сечение по всей своей длине, поэтому это не влияет на поток среды. Частицы могут контролироваться и выводиться избирательно по размеру. Можно легко обеспечить непрерывный режим эксплуатации.

Например, напряжение генератора Маркса может составлять от 400 до 600 кВ. Чистота может быть равна 25 Гц или превышать указанное значение. Диапазон энергии может составлять от 7 до 700 Дж.

Устройство также характеризуется тем, что в реакционной камере не требуются подвижные транспортировочные устройства. Кроме того, частицы могут проходить через технологическое пространство без каких-либо нагрузок или связанных с ними повреждений или дроблений. Время пребывания частиц в реакционной камере предпочтительно регулируется в зависимости от материала, пропускной способности и/или размера с помощью устройства, продвигающего среду, при этом среда течет против направления движения частиц, подаваемых к отрезку трубы и падающих через него. Непреднамеренно образовавшиеся мелкие частицы и мельчайшие частицы могут непрерывно выводиться из реакционной камеры с помощью среды, текущей против направления падения повреждаемых частиц.

Электроды не входят в реакционную камеру, что позволяет в значительной степени избежать контакта между частицами, подвергающимися воздействию, и электродами и, следовательно, избежать абразивного износа электродов. Электроды могут управляться индивидуально. Соответствующие пары электродов могут управляться одновременно или последовательно, причем пары электродов могут располагаться рядом друг с другом и/или друг под другом.

Таким образом, частицы, как минеральные зерна, лучше или полностью открыты и являются более выгодными для последующего дробления уже в более грубых фракциях, так как для этого может потребоваться меньше затрат энергии. Например, это позволяет лучше выводить металлосодержащие минералы из руд, обогащать их более полно и в более высоких концентрациях. Это также позволяет экономично использовать месторождения с меньшим содержанием руды, повышать мощность использования месторождения и улучшать устойчивость добычи сырья.

Преимущества изобретения указаны в пунктах 2-11 формулы изобретения.

Устройство подачи частиц опционально расположено таким образом, чтобы частицы, подвергаемые воздействию, опускались через отрезок трубы сверху вниз. Это также позволяет непрерывно подавать частицы, что обеспечивает непрерывное воздействие на частицы с помощью электрических импульсов в отрезке трубы. Несколько электродов распределены в одном варианте исполнения по внутренней окружности отрезка трубы и расположены на расстоянии друг от друга. Кроме того, электроды соединены с генераторами импульсного напряжения.

Каждые два электрода опционально расположены как минимум в двух плоскостях отрезка трубы на расстоянии друг от друга, причем эти электроды соединены с одним или несколькими генераторами Маркса. Таким образом, воздействие на частицы может происходить в нескольких плоскостях во время падения частиц.

Электроды расположены в образовании в плоскости и/или в плоскостях, расположенных на расстоянии друг от друга, распределенных по внутренней окружности отрезка трубы. Кроме того, электроды соединены с одним или несколькими генераторами Маркса. Таким образом, электроды также могут быть расположены в форме винта.

Электроды одной плоскости могут быть соединены с одним или несколькими генераторами Маркса. Кроме того, один или несколько генераторов Маркса соединены с управляющим устройством таким образом, чтобы напряжения и/или импульсы плоскостей, прилегающие одновременно к электродам, отличались друг от друга.

Устройство для извлечения частиц опционально расположено так, чтобы частицы, падающие через отрезок трубы, могли быть удалены из устройства для воздействия на частицы.

Устройство, транспортирующее среду, в одном варианте исполнения соединено с устройством управления, что позволяет оказывать влияние на скорость потока среды и, следовательно, на скорость частиц, падающих через отрезок трубы.

За пределами реакционной камеры в направлении устройства для подачи частиц опционально расположено устройство для извлечения мелких и/или мельчайших частиц. Это может быть отверстие в стенке отрезка трубы, которая может быть соединена со всасывающим устройством.

Устройство для подачи частиц, вертикально расположенный отрезок трубы, устройство, транспортирующее среду, и трубопроводы являются контуром среды.

Такой средой может быть, в частности, газ или жидкость.

Пример исполнения изобретения в принципиальных схемах представлен на фиг. 1 и 2 чертежей и более подробно описан ниже.

На фиг. 1 - представлено устройство для воздействия на частицы с помощью электрических импульсов.

На фиг. 2 - отрезок трубы с электродами и реакционной камерой.

Устройство для подачи частиц 9 с помощью электрических импульсов 11, как правило, состоит из устройства 1 для подачи частиц 9, вертикально расположенного отрезка трубы 2 с реакционной камерой, устройства 3 для извлечения частиц 9, устройства 4 для транспортировки среды 10, электродов 5, генератора Маркса 6 и устройства управления 7.

Фиг. 1 отражает принципиальную схему устройства воздействия на частицы 9 с помощью электрических импульсов 11.

Устройство 1 подачи частиц 9 расположено таким образом, чтобы частицы 9, подверженные воздействию, опускались через отрезок трубы 2 сверху вниз. Устройство 3 для извлечения частиц 9 расположено таким образом, чтобы частицы 9, опустившиеся через отрезок трубы 2, транспортировались из устройства для воздействия на частицы 9. Устройство 4, транспортирующее среду 10, соединено с устройством управления 7, что позволяет оказывать влияние на скорость потока среды 11 и, следовательно, на скорость частиц 9, падающих через отрезок трубы 2. В направлении устройства 1 для подачи частиц 9 может быть расположено устройство 8 для извлечения мелких и/или мельчайших частиц 9.

Фиг. 2 отражает принципиальную схему отрезка трубы 2 с электродами 5 и реакционной камерой.

Отрезок трубы 2 и, следовательно, реакционная камера являются проточным каналом текучей среды 10. Для этого устройство 4, транспортирующее среду 10, соединено с отрезком трубы 2 таким образом, чтобы среда 10 текла против направления движения к отрезку трубы 2 частиц 9, подаваемых и падающих через отрезок трубы 2.

Отрезок трубы 2 имеет электроды 5, расположенные на расстоянии друг от друга и соединенные с генератором Маркса 6, причем электроды 5 заканчиваются на внутренней поверхности отрезка трубы 2 или перед ней, чтобы электроды 5 не входили в отрезок трубы 2 и не препятствовали потоку среды 10 в отрезке трубы 2. Электроды 5 также могут быть соединены с несколькими генераторами Маркса 6. Это также позволяет генерировать разные импульсы, отличающиеся друг от друга по частоте и/или продолжительности импульсов. Например, напряжение может составлять от 400 до 600 кВ. Частота может быть при этом равна 25 Гц или превышать указанное значение. Диапазон энергии может при этом составлять от 7 до 700 Дж.

Для этого несколько электродов 5 могут быть распределены по внутренней окружности отрезка трубы 2 и расположены на расстоянии друг от друга. Для этого каждый электрод 5 может находиться как минимум в двух плоскостях отрезка трубы 2, расположенных на расстоянии друг от друга. В одном варианте исполнения электроды 5 также могут быть расположены в плоскости и/или в плоскостях на расстоянии друг от друга, распределенных по внутренней окружности отрезка трубы 2, так чтобы электроды 5 были расположены в форме спирали.

Контур среды 10 могут образовывать как минимум устройство 1 подачи частиц, вертикально расположенный отрезок трубы 2, устройство 4, транспортирующее среду 10, и трубопроводы. В качестве продолжения к этому контуру может быть подключено также устройство 3 для удаления частиц 9.

Среда 10 может быть газом или жидкостью.

Список условных обозначений:

- 1 - устройство подачи частиц;
- 2 - отрезок трубы;
- 3 - устройство для извлечения частиц;
- 4 - установка транспортировки среды;
- 5 - электрод;
- 6 - генератор Маркса;
- 7 - устройство управления;
- 8 - устройство для извлечения мелких и/или мельчайших частиц;
- 9 - частицы;

- 10 - среда;  
11 - электрический импульс.

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство воздействия на частицы (9) с помощью электрических импульсов (11), содержащее устройство (1) подачи частиц (9), как минимум один вертикально расположенный отрезок трубы (2), реакционную камеру для воздействия на частицы (9) и устройство (3) для извлечения частиц (9), характеризующееся тем, что

отрезок трубы (2) и, следовательно, реакционная камера являются каналом для потока текучей среды (10), содержит устройство (4) для транспортировки среды (10), которое соединено с отрезком трубы (2) таким образом, чтобы обеспечить движение среды (10) против направления движения частиц (9) в отрезке трубы (2), с тем чтобы частицы (9) проходили через отрезок трубы (2) и опускались через отрезок трубы (2), при этом устройство (4) соединено с устройством управления (7) с возможностью влияния на скорость потока среды (10) и, соответственно, на скорость частиц (9), опускающихся через отрезок трубы (2); отрезок трубы (2) имеет, как минимум, два электрода (5), которые заканчиваются на внутренней поверхности отрезка трубы (2), расположены на расстоянии друг от друга, не входят в отрезок трубы (2) и не препятствуют потоку среды (10) в отрезке трубы (2), а электроды (5) соединены, как минимум, с одним генератором Маркса (6), причем время нарастания импульса в генераторе Маркса (6) составляет менее 500 нс, при этом на частицы (9) воздействуют энергией от 7 до 700 Дж.

2. Устройство в соответствии с п.1 характеризуется тем, что устройство (1) подачи частиц (9) расположено таким образом, чтобы частицы (9), подвергающиеся воздействию, опускались сверху вниз через отрезок трубы (2).

3. Устройство в соответствии с п.1 характеризуется тем, что несколько электродов (5) распределены по внутренней окружности отрезка трубы (2) и расположены на расстоянии друг от друга и что электроды (5) соединены с одним или несколькими генераторами Маркса (6).

4. Устройство в соответствии с п.1 характеризуется тем, что два электрода (5) расположены как минимум в двух плоскостях отрезка трубы (2) на расстоянии друг от друга и что эти электроды (5) соединены с генератором Маркса (6).

5. Устройство в соответствии с п.1 характеризуется тем, что электроды (5) расположены в одной плоскости и/или в плоскостях на расстоянии друг от друга по внутренней окружности отрезка трубы (2) и что электроды (5) соединены с одним или несколькими генераторами Маркса (6).

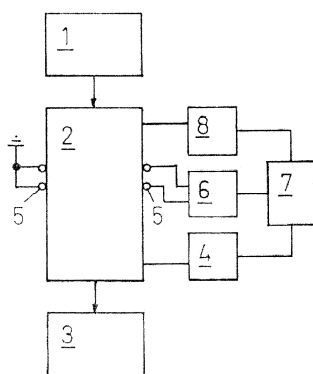
6. Устройство в соответствии с любым из пп.1, 2 и 5 характеризуется тем, что электроды (5) одной плоскости соединены с одним или несколькими генераторами Маркса (6), один или несколько генераторов Маркса (6) соединены с устройством управления (7) таким образом, чтобы напряжения и/или импульсы плоскостей, прилегающие к электродам (5), отличались друг от друга.

7. Устройство в соответствии с п.1 характеризуется тем, что устройство (3) для извлечения частиц (9) расположено таким образом, чтобы частицы (9), опустившиеся через отрезок трубы (2), могли быть удалены из устройства для воздействия на частицы (9).

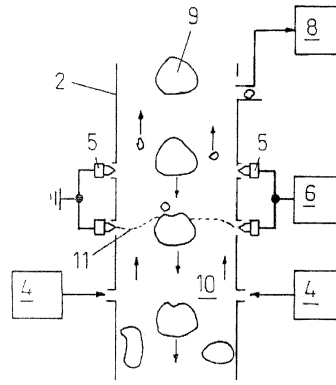
8. Устройство в соответствии с п.1 характеризуется тем, что за пределами реакционной камеры в направлении устройства (1) подачи частиц (9) расположено устройство (8) для извлечения мелких и/или мельчайших частиц (9).

9. Устройство в соответствии с п.1 характеризуется тем, что устройство (1) подачи частиц (9), вертикально расположенный отрезок трубы (9), устройство (4), транспортирующее среду (10), и трубопроводы являются контуром среды (10).

10. Устройство в соответствии с п.1 характеризуется тем, что среда (10) является газом или жидкостью.



Фиг. 1



Фиг. 2

