

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 042543

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.27

(51) Int. Cl. B02C 19/06 (2006.01)

(21) Номер заявки
202191633

(22) Дата подачи заявки
2021.06.08

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

(43) 2022.12.30

(96) 2021/EA/0031 (BY) 2021.06.08

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:

БЕССМЕРТНЫЙ АРСЕНИЙ
ПАВЛОВИЧ; КОЛОС ВАЛЕРИЙ
ПАВЛОВИЧ (BY)

(56) RU-C1-2057588
EP-B1-1494812
WO-A1-2012091687
EA-B1-000004
WO-A1-9408719

(57) Изобретение относится к техническим средствам, предназначенным для тонкого и сверхтонкого измельчения материалов. Устройство содержит корпус с дном, входной патрубок для подачи энергоносителя, выходной патрубок для отвода отработанного энергоносителя и измельченного материала, крышку с отверстием для подачи в устройство измельчаемого материала и отвода измельченного материала и отработанного энергоносителя. Внутри корпуса установлена втулка, на которой расположены не менее четырех вертикальных прорезей, выполненных под определенным углом к радиальному направлению. Одна из прорезей соединена с входным патрубком, а соседняя с ней - с выходным. Пространство внутри втулки, ограниченное дном корпуса и крышкой, образует камеру высотой, равной высоте прорезей, внутренний радиус втулки и проходное сечение прорези на входе энергоносителя в камеру выбраны из определенных соотношений, в которые входят также меньший радиус отверстия в крышке и высота камеры.

042543

B1

042543

B1

Изобретение относится к техническим средствам, предназначенным для тонкого и сверхтонкого измельчения материалов, и может быть использовано в различных отраслях деятельности: фармацевтической, пищевой, парфюмерной, военно-промышленной, машиностроительной.

Известно устройство для измельчения материалов, выполненное в виде вихревой камеры с узлом вывода измельченного материала в виде двух плоских каналов, примыкающих к крышке и соединенных вне камеры в один канал [1]. Недостатками данного устройства являются высокие энергозатраты, отсутствие возможности получения сверхтонкого измельчения, низкое качество получаемой продукции. В результате многократных соударений со стенкой камеры движущихся с большой скоростью частиц измельчаемого материала происходят изменения их физико-химических свойств; при этом изнашиваются стенки камеры, элементами износа загрязняется продукция. Геометрия камеры не обеспечивает должное удержание всех частиц материала до их полного измельчения, что приводит к большой дисперсии размера частиц конечной продукции. Указанное выше не позволяет получать продукцию высокого качества.

Известно устройство для измельчения материалов, содержащее камеру, имеющую профиль спирали Архимеда; на внутренней поверхности камеры выполнена зигзагообразная канавка для придания измельчаемому материалу колебательного движения [2]. Измельчаемый материал разрушается в основном за счет трения частиц друг об друга при движении в зигзагообразной канавке. Недостатками данного устройства являются ограниченная область применения, высокие энергозатраты, низкое качество получаемой продукции за счет загрязнения ее элементами износа камеры, повышение температуры материала при измельчении, отсутствие возможности получения частиц микронного и субмикронного размера.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к описываемому изобретению является устройство для измельчения материалов, содержащее камеру с входным патрубком подачи энергоносителя, выходным патрубком и средствами создания локальных искажений силового поля, размещенных по периметру камеры по определенному закону [3]. В данном устройстве в силовое поле, под воздействием которого движется измельчаемый материал, вносятся локальные искажения, которые приводят к значительному увеличению скорости в момент его удара о стенку камеры, а также к увеличению частоты ударов частиц о камеру. Увеличение скорости движения частиц и частоты их ударов обеспечило получение тонкого и сверхтонкого измельчения (частиц микронного и субмикронного размеров). Недостатки данного устройства обусловлены высокой скоростью частицы в момент удара, многократностью ударов и геометрией камеры, которая не обеспечивает должное удержание всех частиц материала до их полного измельчения. Недостатками данного устройства являются высокие энергозатраты, низкое качество получаемой продукции в результате изменения его физико-химических свойств, загрязнения элементами износа камеры, большой дисперсии размера частиц.

Целью настоящего изобретения является снижение энергозатрат на измельчение материала и повышение качества продукции за счет уменьшения дисперсии размера частиц, превентации изменения их физико-химических свойств и снижения концентрации элементов износа деталей устройства в измельченном материале.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство для измельчения материалов, содержащее корпус с дном, оснащенный входным патрубком для подачи газа в качестве энергоносителя и выходным патрубком для отвода отработанного энергоносителя и измельченного материала, крышку, выполненную с возможностью одновременной подачи в устройство измельчаемого материала и отвода измельченного материала и отработанного энергоносителя через отверстие в ней, установлена внутри корпуса втулка, на которой расположены не менее четырех вертикальных прорезей, выполненных под углом к радиальному направлению и имеющих боковую поверхность меньшей площади и боковую поверхность большей площади, при этом каждая прорезь выполнена таким образом, что острый двугранный угол между плоскостью, которой принадлежит боковая поверхность большей площади, и плоскостью, касательной к внутренней поверхности втулки в месте пересечения указанной плоскости боковой поверхности прорези и внутренней поверхности втулки, не превышает 0,53 рад, причем одна из прорезей соединена с входным патрубком, а соседняя с ней по направлению от боковой поверхности меньшей площади к боковой поверхности большей площади соединена с выходным патрубком, втулка установлена таким образом, что пространство внутри втулки, ограниченное дном корпуса и крышкой, образует камеру высотой h , равной высоте прорезей, внутренний радиус втулки R определен из соотношения

$$0,8 < \frac{\sqrt{r \cdot (R-r)}}{h} < 1,5,$$

где r - наименьший радиус отверстия в крышке,

а проходное сечение прорези s на входе энергоносителя в камеру определено из соотношения

$$\frac{\sqrt{s}}{h} \leq 0,65.$$

На фиг. 1 (вид сбоку) и фиг. 2 (вид сверху) изображена принципиальная схема описываемого устройства для измельчения материалов. Устройство для измельчения материалов содержит корпус 1 с дном 2, оснащенный входным патрубком для подачи энергоносителя 3, и выходным патрубком для отвода отработанного энергоносителя и измельченного материала 4, крышку 5, выполненную с возможностью одновременной подачи в устройство измельчаемого материала и отвода измельченного материала и от-

работанного энергоносителя через отверстие в ней 6, втулку 7 с вертикальными прорезями 8, камеру 9, узел ввода измельчаемого материала 10. Цифрами 11 и 12 отмечены поперечные контуры боковых поверхностей прорези соответственно меньшей площади и большей. Штриховой линией со стрелкой показано направление движения энергоносителя; сплошной линией со стрелкой - направление движения взвеси частиц материала и энергоносителя, а штрихпунктирной линией со стрелкой - направление движения материала.

Канал, образованный прорезью во втулке, может иметь конфигурацию, отличную от показанной на фиг. 2 (круглую, овальную, трапецевидную и т.д.). Главное, чтобы острый угол, образованный вектором скорости потока энергоносителя при входе в камеру и касательной плоскостью к внутренней боковой поверхности втулки в месте входа потока в камеру, находился бы в пределах (0; 0,53) рад, а прорезь, соединенная с выходным патрубком, была бы соседней по ходу циркуляции энергоносителя в камере относительно прорези, соединенной с входным патрубком.

Устройство для измельчения материалов работает следующим образом. Поток энергоносителя (например, воздух) через входной патрубок 3 и прорезь 8 подается в камеру 9. Расширяясь в камере, энергоноситель одновременно циркулирует вдоль ее боковой поверхности, взаимодействует со стенками прорезей, в итоге образуются вихри с колебательным движением энергоносителя на их периферии; резонируя колебания усиливаются и передаются стенке камеры (втулке).

Материал по трубке узла ввода 10 через отверстие 6 в крышке корпуса поступает в камеру 9, подхватывается циркулирующим потоком энергоносителя (в котором присутствуют колебательные движения), разгоняется до умеренных скоростей и взаимодействует с боковой стенкой камеры, подверженной колебательным воздействиям энергоносителя. В результате такого особого взаимодействия частицы материала распадаются на более мелкие, которые в свою очередь также взаимодействуют со стенкой камеры, распадаясь на еще более мелкие частицы. Из частиц в камере образуется циркулирующий слой. Процесс измельчения идет до тех пор, пока концентрация частиц в слое не достигнет критического значения, превысив которое слой теряет устойчивость и распадается; измельченный материал вместе с отработанным энергоносителем через выходной патрубок 3, а также через отверстие в крышке и патрубок узла 10 покидают устройство.

Физическая сущность описываемого изобретения состоит в следующем. При разгоне частицы материала циркулирующим потоком воздуха, в котором присутствует колебательное движение, дезинтеграция ее вследствие взаимодействия со стенкой (которая также подвержена воздействию этого потока) происходит при скорости в разы меньше скорости частицы, разрушение которой происходит в результате лобового столкновения со стенкой.

Таким образом, для выхода на качественно новый рубеж эффективности измельчения материала необходимо реализовать вышеописанный эффект в устройстве. Для этого энергоноситель (воздух или иной газ) под давлением подается через узкую прорезь с проходным сечением, удовлетворяющим следующему неравенству

$$\frac{\sqrt{s}}{h} \leq 0,65 ,$$

в камеру под углом, не превышающим 0,53 рад относительно плоскости, касательной к внутренней боковой поверхности камеры в месте входа потока. Такие проходное сечение и угол входа обеспечивают циркуляцию энергоносителя по поперечному контуру цилиндрической камеры и интенсивное обтекание (с отрывом потока) впадин в стенке, образованных прорезями. В результате таких неровностей по контуру камеры образуются локальные вихри, на периферии которых круговое движение переходит в колебательное. Возникшие волны взаимодействуют между собой, резонируют в камере; их мощность возрастает, звуковая составляющая спектра колебаний достигает 100 Дб. Положительное влияние на генерацию колебаний энергоносителя, как и на весь процесс измельчения оказывают эффект внезапного расширения потока в камере и реакция потока на отделение массы. Для этого прорези делаются с проходными сечениями, удовлетворяющими неравенству

$$\frac{\sqrt{s}}{h} \leq 0,65 ,$$

а входной и выходной патрубки корпуса соединены с соседними прорезями втулки, следующими по ходу циркуляции энергоносителя. В этом случае будет иметь место максимальный рост давления энергоносителя в окрестности бокового выхода энергоносителя и измельченного материала из корпуса устройства, в результате чего ось циркуляции энергоносителя сместится в сторону от оси камеры. Такая явно выраженная антисимметрия циркуляции потока также приводит к колебательному движению энергоносителя. Отрегулировать этот процесс можно путём частичного или даже полного перекрытия проходного сечения бокового выходного патрубка.

Для максимального вовлечения энергии, сосредоточенной в камере в процесс измельчения материала, прорези во втулке делаются равной высоте камеры.

И, еще о главном, во всех существующих измельчителях вихревого типа до конца не решен вопрос по удержанию материала до его полного измельчения. Наряду с измельченным материалом вместе с

энергоносителем из камеры выбрасывались недостаточно измельченные куски материала. В нашем случае данная проблема стояла наиболее остро, поскольку искусственная генерация колебательного движения энергоносителя способствовала усиленному преждевременному выносу не до конца измельченных частиц материала из устройства.

Решение технической задачи по удержанию частиц материала в данном изобретении основано на придании устойчивости двухфазной системе - циркулирующий поток газа с твердыми частицами. Для описания реакции этой системы на осциллирующие возмущения использовалась модель двух взаимно проникающих континуумов (газа и твердых частиц), которые действуют друг на друга с помощью эффективных массовых сил.

Сила $\vec{f}$, действующая на частицу, была представлена в виде суммы силы гидравлического сопротивления, архимедовой силы, вызванной градиентом давления в камере и силы, связанной с присоединенной массой. Сила межфазового взаимодействия $\vec{F}$ определялась как произведение

$$\vec{F} = n\vec{f},$$

где

$$n = \frac{N}{\pi h(R^2 - r^2)};$$

n - концентрация частиц в потоке; N - число частиц в камере.

Опираясь на эту модель, было установлено, что двухфазная система устойчива в камере со следующей геометрией

$$\frac{\sqrt{r \cdot (R - r)}}{h} \approx 1,13,$$

при малой ($n < n_1$) и большой ($n > n_2$) концентрациях частиц в камере. Здесь n_1 и n_2 - соответственно первая и вторая критические концентрации частиц ($n_1 < n_2$).

Экспериментально было установлено, что двухфазная система ещё достаточно устойчива и в камере со следующей геометрией

$$0,8 < \frac{\sqrt{r \cdot (R - r)}}{h} < 1,5,$$

причем эффективная дезинтеграция частиц происходит при четырех и более прорезах во втулке.

Устройство измельчения работает при малой концентрации частиц в камере ($n < n_1$). Если концентрация по какой-либо причине (например, в результате разрушения частиц в камере или догрузки материала) достигла первого критического значения n_1 , двухфазная система теряет устойчивость, и частицы с потоком выносятся из камеры. Это явление положено в основу удержания частиц материала в камере аэродезинтегратора до их полного измельчения и последующего самопроизвольного удаления. Для этого размеры элементов устройства должны удовлетворять выше отмеченным условиям.

Описанное устройство позволяет реализовать качественно новый механизм разрушения различных материалов в результате их особого взаимодействия с препятствие и достигнуть субмикронных частиц при скоростях намного ниже, чем у аналогов. Измельчению подвергались корунд, гранит, кремний, рис, овес, картон, бумага. При этом в 3-4 раза снижалась дисперсия размера частиц, отсутствовали изменения физико-химических свойств, отсутствовало загрязнение конечного продукта элементами износа стенок устройства. При измельчении кремния средний размер частиц достигал 80 нм. Энергоемкость продукции снижена в 2,6 раза.

Источники информации.

1. SU 1385362 A1, МПК В02С 19/00, 1986.
2. SU 902817 A1, МПК В02С 25/00, 1980.
3. RU 2014136, МПК В02С 19/06, 1994.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство для измельчения материалов, содержащее корпус с дном, оснащенный входным патрубком для подачи газа в качестве энергоносителя и выходным патрубком для отвода отработанного энергоносителя и измельченного материала, крышку, выполненную с возможностью одновременной подачи в устройство измельчаемого материала и отвода измельченного материала и отработанного энергоносителя через отверстие в ней, и установленную внутри корпуса втулку, на которой расположены не менее четырех вертикальных прорезей, выполненных под углом к радиальному направлению и имеющих боковую поверхность меньшей площади и боковую поверхность большей площади, при этом каждая прорезь выполнена таким образом, что острый двугранный угол между плоскостью, которой принадлежит боковая поверхность большей площади, и плоскостью, касательной к внутренней поверхности втулки в месте пересечения указанной плоскости боковой поверхности прорези и внутренней поверхности втулки, не превышает 0,53 рад, причем одна из прорезей соединена с входным патрубком, а соседняя с ней по направлению от боковой поверхности меньшей площади к боковой поверхности большей площади соединена с выходным патрубком, втулка установлена таким образом, что пространство внутри втулки, ограниченное дном корпуса и крышкой, образует камеру высотой h, равной высоте прорезей, внут-

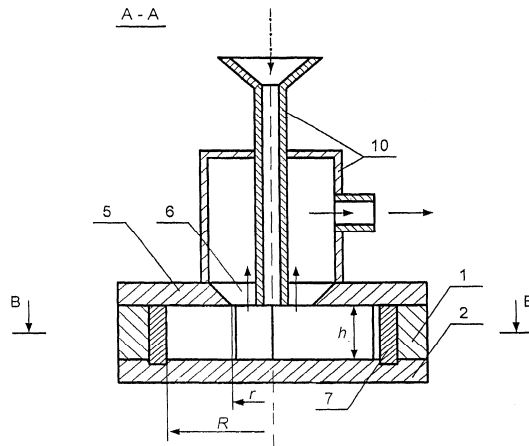
ренний радиус втулки R определен из соотношения

$$0,8 < \frac{\sqrt{r \cdot (R-r)}}{h} < 1,5 ,$$

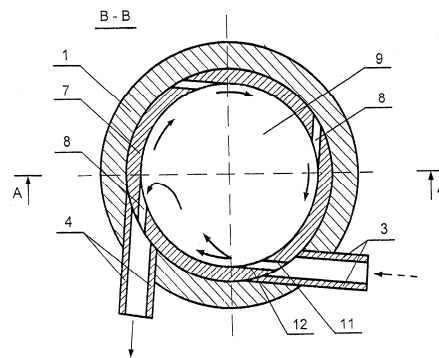
где r - наименьший радиус отверстия в крышке,

а проходное сечение прорези s на входе энергоносителя в камеру определено из соотношения

$$\frac{\sqrt{s}}{h} \leq 0,65 .$$



Фиг. 1



Фиг. 2

