



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) B (11) 36013

(51) C22B 9/04 (2006.01)

B01D 7/00 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2021/0709.1

(22) 23.11.2021

(45) 23.12.2022, бюл. №51

(72) Требухов Сергей Анатольевич; Володин Валерий Николаевич; Кенжалиев Багдаулет Кенжалиевич; Ниценко Алина Владимировна; Бурабаева Нурила Муратовна; Требухов Алексей Анатольевич; Тулеутай Фархад Ханафияұлы

(73) Акционерное общество «Институт металлургии и обогащения»

(74) Касимова Улдана Куралбаевна

(56) RU 2041274 C1, 09.08.1995

RU 2047310 C1, 10.11.1995

RU 2653893 C2, 15.05.2018

(54) **ВАКУУМНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

(57) Изобретение относится к конструкциям вакуумных аппаратов для переработки сыпучих материалов, предназначено для переработки полиметаллических концентратов сублимацией летучих составляющих при низком давлении и может быть использовано в металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Вакуумный аппарат для переработки сыпучих материалов, включает испаритель в виде наклонных поверхностей, конденсатор, узлы загрузки и выгрузки, при этом наклонные поверхности испарителя выполнены в виде колонны обечаек усеченных конусов, установленных большим основанием вверх, нижний срез вышерасположенных обечаек усеченных конусов размещен не выше верхнего среза большего основания нижерасположенных обечаек усеченных конусов, малое основание нижнего усеченного конуса колонны снабжено устьем, имеющим зазор между нижним срезом его и плоскостью вибрационного разгрузчика с бортами, причем уровень нижнего среза устья соответствует уровню бортов вибрационного разгрузчика, а угол наклона образующих обечаек усеченных конусов составляет  $45 - 55^\circ$ .

Технический результат заключается в повышении качества процесса реологического перемещения сыпучих материалов.

(19) KZ (13) B (11) 36013

Изобретение относится к конструкциям вакуумных аппаратов для переработки сыпучих материалов, предназначено для переработки полиметаллических концентратов сублимацией летучих составляющих при низком давлении и может быть использовано в металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Известен вакуумный дистилляционный аппарат (RU 2047310 С1, опубл. 10.11.1995г.), включающий испаритель вертикальной конусной формы, обращенный большим основанием вверх, патрубки для подвода и отвода жидкости и трубу для выхода пара. Внутри испарителя размещен тор с возможностью возвратно-поступательного перемещения посредством гибкой тяги. Аппарат предназначен для вакуумной перегонки жидкости и не может быть использован для сублимационной переработки сыпучих материалов при их реологическом – за счет физико-механических свойств перемещении в высокотемпературной зоне.

Известен также вакуумный аппарат для переработки сыпучих материалов (RU 2041274 С1, опубл. 09.08.1995г.) содержащий корпус, цилиндрическую испарительную камеру с испарителем, содержащим перфорированную трубу с конусообразными обечайками в нижней части, паропровод конденсатор, узлы загрузки и выгрузки. Аппарат разделен горизонтальной перегородкой на верхнюю и нижнюю секции. Нижняя секция, где расположена испарительная камера с равномерно расположенными испарителями, соединена с загрузочной трубой, в верхней части камеры каждый испаритель снабжен патрубком, расположенным коаксиально снаружи перфорированной трубы, удерживающей конусообразные обечайки. Аппарат предназначен для переработки в полупериодическом режиме сыпучего материала, например тетрафорида циркония, и предполагает сублимацию более 90% сыпучего материала от загруженного. Аппарат может обеспечить реологическое перемещение загруженного сыпучего материала. Недостатком является наличие плохо перемешиваемых зон около стенок испарительной камеры, что может привести к локальным перегревам и образованию спеков, что, в свою очередь, нарушит процесс реологического перемещения сыпучего материала от узла загрузки до узла выгрузки.

Наиболее близким к заявляемому изобретению по технической сущности является вакуумная электропечь непрерывного действия (SU 165551 А1, опубл. 1964г.), содержащая вакуумную камеру с горизонтальным днищем, к которому под углом естественного откоса обрабатываемого сыпучего материала установлен ряд плоских наклонных поверхностей. Электропечь снабжена, нагревателями с обеих сторон наклонных поверхностей, конденсатором, узлами загрузки и выгрузки, а также устройством регулирования толщины слоя сырья на поверхностях. Слой материала с двух сходящихся внизу поверхностей попадает в разгрузочное шлюзовое устройство. Недостатком этой конструкции является трудность

поддержания равномерной толщины слоя сыпучего материала на поверхностях, сползание и накопление сыпучего материала в зоне сходящихся внизу поверхностей перед разгрузочным устройством, что может привести к местным перегревам, образованию спеков и нарушению качества реологического перемещения обрабатываемого сыпучего материала.

Задачей изобретения является усовершенствование конструкции вакуумного аппарата для переработки сыпучих материалов.

Технический результат от совокупности влияния признаков, предлагаемых в изобретении, заключается в повышении качества процесса реологического перемещения сыпучих материалов.

Технический результат достигается тем, что в вакуумном аппарате для переработки сыпучих материалов, включающем испаритель в виде наклонных поверхностей, конденсатор, узлы загрузки и выгрузки, наклонные поверхности испарителя выполнены в виде колонны обечаяк усеченных конусов, установленных большим основанием вверх, нижний срез вышерасположенных обечаяк усеченных конусов размещен не выше верхнего среза большого основания нижерасположенных обечаяк усеченных конусов, малое основание нижнего усеченного конуса колонны снабжено устьем, имеющим зазор между нижним срезом его и плоскостью вибрационного разгрузчика с бортами, причем уровень нижнего среза устья соответствует уровню бортов вибрационного разгрузчика, а угол наклона образующих обечаяк усеченных конусов составляет  $45 - 55^\circ$ .

Сущность изобретения заключается в следующем.

Изготовление испарителя, где наклонные поверхности выполнены в виде колонны обечаяк усеченных конусов, установленных большим основанием вверх, позволяет организовать поток сыпучего материала определенной минимальной на срезе вышерасположенного конуса и максимальной толщины на нижерасположенном конусе, что стабилизирует поток реологически перемещаемого сыпучего материала. Причем пересыпание сыпучего материала из малого сечения вышерасположенного конуса на большее сечение нижерасположенного конуса сопровождается образованием угла естественного откоса сыпучего материала и перемешиванием его на каждом из усеченных конусов. Это устраняет образование застойных зон и возможных спеков, и, следовательно, повышает качество процесса перемещения обрабатываемого сырья.

Размещение нижнего среза вышерасположенных обечаяк усеченных конусов не выше верхнего среза большого основания нижерасположенных обечаяк усеченных конусов предотвращает пересыпание материала через край большого основания конуса. Вследствие того, что угол естественного откоса сыпучего материала никогда не равен нулю, на нижерасположенном конусе естественным образом появляется порог, препятствующий пересыпанию материала через край большого основания конуса.

Снабжение нижнего конуса устьем, нижний срез которого установлен с зазором от плоскости вибрационного разгрузчика с бортами, позволяет при наличии в устье сыпучего материала с углом естественного откоса отделить пространство испарителя от пространства узла выгрузки. В связи с тем, что уровень нижнего среза устья соответствует уровню бортов вибрационного разгрузчика, а угол естественного откоса сыпучего материала не может быть равным нулю, естественным образом создается затвор из сыпучего материала, предотвращающий попадание пара из испарителя в пространство узла выгрузки, что при работающем виброразгрузчике позволяет организовать стабильное реологическое перемещение сыпучего материала в испарителе с необходимой для технологии скоростью и вывод его подобно псевдожидкости «перетеканием» через борта виброразгрузчика в узел выгрузки обработанного материала. Кроме того, горизонтальные вибрационные колебания виброразгрузчика относительно неподвижного нижнего среза устья нижней конусной обечайки способствует разрушению возможных спеков небольшого размера, что также направлено на повышение качества процесса перемещения сыпучего материала и достижение технического результата

Выбор угла наклона образующих обечайек усеченных конусов в интервале  $45 - 55^\circ$  обусловлен следующим. Для большинства дисперсных материалов, подлежащих переработке, угол естественного откоса колеблется в пределах  $35-42^\circ$ . При высоких температурах ( $600-700^\circ\text{C}$ ) угол естественного откоса увеличивается на  $3-5^\circ$ . В связи с этим нижний предел интервала  $45^\circ$  обеспечивает гарантированное сползание сыпучего материала по наклонной плоскости обечайки усеченного конуса. Увеличение угла наклона образующей конуса более  $55^\circ$  уменьшает диаметр основания конуса сыпучего материала, образованного при пересыпании на нижерасположенную обечайку усеченного конуса, что снижает степень перемешивания перемещаемого материала и, кроме того, уменьшает открытую поверхность сыпучего материала для подводимого теплового потока между направляющими усеченных конусов.

Таким образом, все заявляемые признаки направлены на достижение технического результата – повышение качества процесса реологического перемещения сыпучего материала.

На фиг. приведена схема предлагаемого вакуумного аппарата для переработки сыпучих материалов, включающего сублиматор (1) и конденсатор циклонного типа (2) соединенные паропроводом (3). В сублиматоре (1) установлена колонна обечайек усеченных конусов (4) большим основанием вверх. В верхней части корпуса (5) над колонными обечайками усеченных конусов (4) размещен приемный бункер (6), герметично соединенный вибропитателем (7) с узлом загрузки (8). В приемном бункере (6) установлен затвор (9), продолжающийся соосно внутри колонны обечайек

усеченных конусов (4) стержнем с гребками (10). Шток (11) затвора (9) выведен из корпуса (5) с возможностью вращения и вертикального перемещения. Нижняя обечайка усеченного конуса (12) у малого основания снабжена устьем (13), обращенным вниз. Нижний срез устья (13) выполнен с зазором между ним и плоскостью виброразгрузчика (14), снабженной бортами (15). Под плоскостью виброразгрузчика (14) размещен узел выгрузки (16) обработанного материала. Нижняя обечайка усеченного конуса (12) с устьем (13) опирается на теплоизолирующую перегородку (17). Сублиматор (1) отделен от приемного бункера (6) теплоизолирующей перегородкой (18). Корпус (5) снабжен по высоте электрическим нагревателем сопротивления (19) и теплоизоляцией (20).

Конденсатор циклонного типа (2) выполнен виде водоохлаждаемого корпуса (21), внутри которого коаксиально размещена водоохлаждаемая труба (22). Внутри водоохлаждаемой трубы (22) размещен тканевый фильтр (23) с возможностью встряхивания. В верхней части водоохлаждаемая труба (22) вне объема конденсатора (2) соединена вакуумпроводом (24) с системой эвакуации неконденсирующихся газов. В нижней части объем конденсатора (2) открыт в сторону узла выгрузки конденсата (25).

Вакуумный аппарат работает следующим образом. Исходный сыпучий материал загружается в узел загрузки (8), откуда удаляются остаточные газы. Остаточные газы эвакуируют также из всего вакуумного аппарата посредством системы эвакуации неконденсирующихся газов через вакуумпровод (24). Затем при сообщении вибропитателю (7) направленных колебаний сыпучий материал подают в приемный бункер (6). При заполнении приемного бункера (6) с помощью штока (11) поднимают затвор (9), при этом сыпучий материал заполняет колонну обечайек из усеченных конусов (4) большим основанием вверх, размещенную в предварительно нагретом нагревателем (19) до технологической температуры испарителя (1). Поддержание температуры в испарителе (1) обеспечивается включением нагревателя (19) и наличием верхней (18) и нижней (17) теплоизолирующих перегородок. Сыпучий материал, достигая устья (13) нижнего конуса, образует с плоскостью виброразгрузчика (14), имеющей борты (15), затвор, отделяющий объем испарителя (1) от объема узла разгрузки обработанного материала (16). При сообщении плоскости виброразгрузчика (14) с бортами (15) горизонтальных колебаний обработанный сыпучий материал пересыпается через борты (15) плоскости виброразгрузчика (14) и сыпается в узел разгрузки обработанного материала (16). При открытом затворе (9) и работающем вибропитателе (7) и виброразгрузчике (14) обеспечивается непрерывное реологическое – за счет физико-механических свойств перемещение сыпучего материала через высокотемпературную зону испарителя (1), в которой находится колонна обечайек усеченных конусов (4) заполненных обрабатываемым сыпучим

материалом. Летучие составляющие сыпучего материала сублимируют с поверхности откосов, образованных при пересыпании из малого основания обечайки усеченного конуса (4) вышерасположенного конуса на большее основание обечайки нижерасположенного конуса (4) и нагреваемых прямым излучением от нагревателя (19). Летучие составляющие сыпучего материала сублимируют также и в межзеренное пространство сыпучего материала и выводятся к поверхности сыпучего материала. Далее пары летучих составляющих от поверхности сыпучего материала выводятся через паропровод (3) в конденсатор циклонного типа (2) и конденсируются на поверхности водоохлаждаемого корпуса (21) и трубы (22) в виде самоосыпающегося порошка, который ссыпается в узел выгрузки конденсата (25). Пары легколетучих компонентов, конденсирующиеся в объеме конденсатора (2) и увлекаемые газовым потоком в вакуумпровод (24), улавливаются тканевым фильтром (23) и при накоплении стряхиваются в узел выгрузки конденсата (25).

При возможном локальном образовании более крупных, чем частицы обрабатываемого сыпучего материала, мало прочных конгломератов, последние разрушаются посредством вращательных или поступательных движений стержня с гребками (19) и при соприкосновении с поверхностью виброразгрузчика (14).

Аппарат может работать, как в непрерывном режиме, так и периодическим заполнением колонны обечайек усеченных конусов (4) сыпучим материалом открытием затвора (9) при неработающем виброразгрузчике (14) и закрытием затвора (9) при работающем виброразгрузчике (14).

При проведении испытаний предлагаемого вакуумного аппарата в качестве сыпучего материала использовали мышьяксодержащий флотационный концентрат Нежданинского месторождения (Россия), содержащий 15,8% мышьяка, у которого угол естественного откоса равен  $48^\circ$ , насыпная плотность  $1110 \text{ кг/м}^3$ . Флотоконцентрат гранулировали с добавлением 2% сульфит-целлюлозного щелока, высушивали и рассеивали на фракции. В испытании использовали фракцию  $-3,0+0,64 \text{ мм}$ , фракцию  $-0,64 \text{ мм}$  возвращали на грануляцию. Угол естественного откоса гранулированной фракции  $-3,0+0,64 \text{ мм}$  найден равным  $35-37^\circ$ . При изготовлении обечайек усеченных конусов угол образующих выполнен равным  $45^\circ$ . Диаметр устья нижней обечайки в виде усеченного конуса изготовлен равным  $35 \text{ мм}$ , Диаметр плоскости виброразгрузчика  $100 \text{ мм}$ , высота бортов  $10 \text{ мм}$ , зазор между нижним срезом устья и плоскостью виброразгрузчика  $10 \text{ мм}$ .

Гранулированная фракция флотоконцентрата содержала 15,8% мышьяка в виде сульфидов. Процесс сублимации сульфидов мышьяка осуществляли при температуре  $700^\circ\text{C}$  и давлении  $1,3 \text{ кПа}$ . Извлечение мышьяка, рассчитанное по содержанию мышьяка в обработанном материале, в паровую фазу и, следовательно, в конденсат

составило  $99,1\%$ . Нарушений процесса реологического перемещения не наблюдали. При вскрытии вакуумного аппарата для переработки сыпучих материалов после завершения процесса переработки в верхней части колонны обечайек усеченных конусов обнаружено малое количество (3-10 событий на  $1 \text{ дм}^3$ ) легко разрушающихся агломератов дисперсных частиц, размером менее  $10 \text{ мм}$ . В обработанном материале из узла разгрузки зон в колонне обечайек усеченных конусов не обнаружено. Перемещение стержня с гребками внутри колонны обечайек усеченных конусов не использовали. Конденсат представлял собой смесь сульфидов мышьяка и содержал  $62 - 67\%$  мышьяка и  $31 - 37\%$  серы.

При обработке в предлагаемом аппарате гранулированного ртутно-сурьмяного концентрата хайдарканского месторождения (Киргизия) в конструктивном оформлении, аналогичном переработке мышьяксодержащего концентрата, угол наклона образующих усеченных конусов увеличили до  $55^\circ$ . Это обусловлено тем, что температура плавления антимонита – основного соединения сурьмы в обрабатываемом материале составляет  $550^\circ\text{C}$  и для предотвращения возможного образования спеков необходимо лучшее перемешивание и перемещение сыпучего материала. Переработке подвергся гранулированный хайдарканский ртутно-сурьмяный концентрат, содержание сурьмы в котором составило  $12,7\%$  в виде антимонита ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ), ртути –  $2,5\%$  в виде киновари ( $\text{HgS}$ ). Процесс вели при температуре  $850^\circ\text{C}$  и давлении  $1,3 \text{ кПа}$ . Степень возгонки сурьмы в этих условиях составила  $95,72\%$ , ртути –  $99,75\%$ . Степени возгонки сурьмы и ртути в виде сульфидов рассчитаны по содержанию их в обработанном материале из узла разгрузки.

Нарушений процесса реологического перемещения не наблюдали. При вскрытии вакуумного аппарата для переработки сыпучих материалов после завершения процесса переработки в верхней части колонны обечайек усеченных конусов обнаружено некоторое количество (до 20 событий на  $1 \text{ дм}^3$ ) легко разрушающихся агломератов дисперсных частиц, размером менее  $10 \text{ мм}$ . В обработанном материале из узла разгрузки зон в колонне обечайек усеченных конусов не обнаружено. Перемещение стержня с гребками внутри колонны обечайек усеченных конусов не использовали.

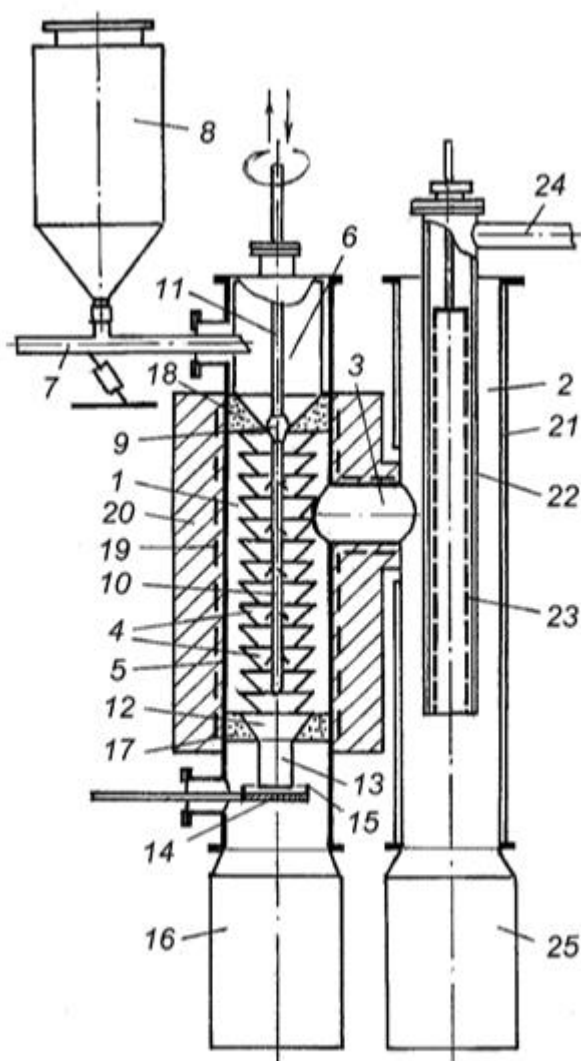
Таким образом, предлагаемый вакуумный аппарат позволяет повысить качество процесса перемещения обрабатываемого сыпучего материала внутри испарителя при сохранении высоких технологических показателей по извлечению летучих составляющих.

#### **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Вакуумный аппарат для переработки сыпучих материалов, включающий испаритель в виде

наклонных поверхностей, конденсатор, узлы загрузки и выгрузки, *отличающийся* тем, что наклонные поверхности испарителя выполнены в виде колонны обечаек усеченных конусов, установленных большим основанием вверх, нижний срез вышерасположенных обечаек усеченных конусов размещен не выше верхнего среза большего основания нижерасположенных обечаек усеченных конусов, малое основание нижнего усеченного

конуса колонны снабжено устьем, имеющим зазор между нижним срезом его и плоскостью вибрационного разгрузчика с бортами, причем уровень нижнего среза устья соответствует уровню бортов вибрационного разгрузчика, а угол наклона образующих обечаек усеченных конусов составляет  $45 - 55^\circ$ .



Фиг.