

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 046125

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
2024.02.08

(51) Int. Cl. *C01B 17/02* (2006.01)  
*H05B 6/00* (2006.01)

(21) Номер заявки  
202390130

(22) Дата подачи заявки  
2021.06.14

---

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЖИДКОЙ СЕРЫ С ПРЕВРАЩЕНИЕМ ЕЕ В ОРТОРОМБИЧЕСКИЕ КРИСТАЛЛЫ И СООТВЕТСТВУЮЩИЙ СПОСОБ

---

(31) 10202000014887

(56) US-A-4139347  
WO-A-2018189209  
EP-A2-2699515

(32) 2020.06.22

(33) IT

(43) 2023.02.28

(86) PCT/IB2021/055208

(87) WO 2021/260484 2021.12.30

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

КОМЕТТИ КАРЛО АЛЬБЕРТО (IT)

(74) Представитель:  
Кузнецова С.А. (RU)

---

(57) Устройство для отверждения жидкой серы с превращением ее в орторомбические кристаллы содержит расходный бак (1) для жидкой серы, соединенный со шнековым подающим механизмом (2) с охлаждением серы, и по меньшей мере один источник электромагнитного поля, установленный снаружи шнекового подающего механизма (2), например соленоид (31), через который протекает ток и который воздействует на серу таким образом, чтобы предотвращать ее кристаллизацию в моноклинной форме при температуре свыше 100°C.

046125  
B1

046125  
B1

046125

B1

### Область изобретения

Настоящее изобретение относится к устройству для отверждения жидкой серы с превращением ее в орторомбические кристаллы и соответствующему способу.

Сера является одним из наиболее распространенных элементов природного происхождения: она встречается в самородном виде в регионах, где имеются действующие вулканы, в составе многих углеводородов вместе с другими элементами и в составе многих минералов в виде сульфидов и сульфатов.

Сера важна для жизни любой клетки, в живых организмах она присутствует в составе двух аминокислот и многих белков. В сельском хозяйстве она находит широкое применение в качестве дезинфицирующего средства, фунгицида, удобрения; в промышленности благодаря ее соединению в виде серной кислоты она является одним из важнейших сырьевых материалов во всех отраслях химии, например в производстве красок, чистящих средств и многих других продуктов; ее также используют для производства аккумуляторов и моющих средств, лекарств, для вулканизации резины, для приготовления пороха, и в настоящее время рассматривается ее применение в качестве контейнера для токсичных и радиоактивных отходов.

Серу извлекают из соединений, в которых она содержится, различными способами: если еще приблизительно сто лет назад получение серы было главным образом основано на добыче полезных ископаемых, причем Италия занимала ведущее положение, прежде всего, благодаря сицилийским рудникам, то сегодня более 90% мирового производства приходится на установки десульфуризации углеводородов в нефтяной промышленности, что создает огромные проблемы с безопасностью при хранении и транспортировке.

Жидкая сера, доступная для использования в промышленных масштабах при температурах от 120 до 140°C, при нормальном давлении начинает кристаллизоваться приблизительно при 115°C, однако в диапазоне приблизительно от 115 до 95°C образующиеся кристаллы имеют моноклинную структуру, которая при температуре ниже 95°C становится неустойчивой и обычно переходит в орторомбическую структуру, занимающую меньший объем вследствие перераспределения атомов, которое происходит неравномерно.

К сожалению, такое преобразование кристаллической структуры влечет за собой разрушение серных блоков с последующим образованием пыли, которая может вызывать взрывы при контакте с кислородом в воздухе, и газов, образующихся в результате реакций пыли с летучими веществами, с которыми она может вступать в контакт: двуокиси серы (SO<sub>2</sub>), трехокиси серы (SO<sub>3</sub>) и сероводорода (H<sub>2</sub>S), из которых при контакте с водой может образовываться серная кислота.

Это означает, что как хранение, так и транспортировка серных блоков создают серьезные проблемы для здоровья операторов в этой отрасли и значительно сокращают продолжительность их жизни.

#### Предпосылки создания изобретения

Суть задачи заключается в предотвращении кристаллизации жидкой серы в моноклинной форме, недопущении ее отвердевания в диапазоне температур приблизительно от 115 до 95°C.

Одной из возможностей является охлаждение серы при очень высоких давлениях, свыше 1000 кг/см<sup>2</sup>, но система при этом становится довольно сложной и опасной.

Было замечено, что при нормальных давлениях образование моноклинных сдвоенных кристаллов подавляется посредством пропускания нетепловой энергии во время охлаждения.

Существуют способы, описанные в патентных документах, например в документе WO2012/143387, в которых к жидкой сере прикладывают упругие волны, чтобы обеспечить возможность поддержания серы в метастойчивом состоянии во время этапа отверждения и охлаждения, что характеризуется одновременным присутствием жидкой фазы и кристаллической фазы, до температур ниже 100°C с целью недопущения кристаллизации серы в моноклинной форме. Однако, к сожалению, эксперименты, проведенные с этим методом, показали объективную трудность в обеспечении однородного распространения вибраций по всей массе жидкой серы, в результате чего был получен неоднородный конечный продукт, в котором в зонах, до которых не достигли упругие волны, было невозможно избежать кристаллизации серы в ее моноклинной форме.

В документе US4139347 описан процесс охлаждения жидкой серы, по завершении которого было установлено, что более 90% полученной таким образом серы в кристаллическом виде имеет орторомбическую структуру, а у остальных 10% с моноклинной структурой по-прежнему остается проблема с образованием токсичной пыли во время ее охлаждения от 115 до 95°C.

В документе WO2018/189209 рассматривается способ нагревания жидкостей и твердых веществ посредством использования источника электромагнитного поля, энергия которого поглощается поглощающим элементом, который может передавать тепло, например металлической трубкой. Однако отсутствует пример охлаждения жидкости этим способом, и нагрев производится с помощью элемента, находящегося внутри нагреваемой жидкости. Кроме того, в описанных примерах нагревания приводятся диапазоны температур значительно ниже 100°C, которые далеки от температуры кристаллизации серы.

### Раскрытие изобретения

Следовательно, цель настоящего изобретения заключается в устранении вышеупомянутых недостатков. Эта цель достигается за счет использования, неожиданным образом, эффективности воздействия на жидкую серу электромагнитного поля, несмотря на то, что сера не является металлом.

Основное преимущество, которое достигается с помощью данного изобретения, состоит, по сути, в том, что жидкая сера при воздействии на нее в процессе охлаждения электромагнитных волн образует пастообразный однородный продукт, в котором отсутствуют следы моноклинных кристаллов. За счет снижения температуры ниже 95°C получение твердой серы в виде компактной и однородной массы в полностью орторомбической форме происходит без какого-либо контакта с внешней средой, что позволяет избежать любого потенциального загрязняющего воздействия на операторов и окружающую среду.

Отсутствие в твердой сере моноклинных кристаллов гарантирует отсутствие выделения пыли и газов при хранении и транспортировке, что позволяет избежать образования кислот и паров у источника и, как следствие, возможности взрывов и отравлений.

Наконец, полученная таким образом сера легко поддается упаковке, что позволяет использовать ее в самых разных областях: от сельского хозяйства до химической и фармацевтической отрасли и промышленности в целом.

### Краткое описание графических материалов

Дополнительные преимущества и признаки изобретения станут еще более очевидными из приведенного далее подробного описания со ссылками на прилагаемые графические материалы, иллюстрирующие неограничивающий пример варианта осуществления, на которых:

на фиг. 1 представлен общий вид изобретения;

на фиг. 2 показана деталь изобретения, причем некоторые части вырезаны для лучшей иллюстрации других;

на фиг. 3 представлено схематическое изображение части способа;

на фиг. 4 показана деталь части способа, показанного на фиг. 3;

на фиг. 5 показана дополнительная деталь изобретения;

на фиг. 6 показана упрощенная диаграмма фазового состояния серы, на которой выделена линия охлаждения при атмосферном давлении.

### Предпочтительный вариант осуществления изобретения

Как можно видеть из фигур, настоящее изобретение относится к устройству для отверждения жидкой серы с превращением ее в орторомбические кристаллы и соответствующему способу.

Устройство (10) содержит расходный бак (1) для жидкой серы, соединенный со шнековым подающим механизмом (2) с охлаждением серы, по меньшей мере один источник (3) электромагнитного поля, например соленоид (31), через который пропускают электрический ток, который снаружи окружает шнековый подающий механизм (2) и который воздействует на серу таким образом, чтобы предотвратить ее кристаллизацию в моноклинной форме при температуре выше приблизительно 100°C. Действительно, как показано на фиг. 6, при атмосферном давлении сера начинает кристаллизоваться в моноклинной форме при температуре чуть ниже 120°C, однако в процессе охлаждения, в частности, при температуре приблизительно 100°C моноклинная форма становится неустойчивой и имеет тенденцию к неравномерному преобразованию в некомпактную разъединенную массу, состоящую преимущественно из орторомбических кристаллов, с получением пыли и газов, являющихся потенциально опасными при контакте с воздухом и водой.

Хотя сера является не металлом, а диамагнитным веществом, воздействие электромагнитного поля неожиданным образом изменяет ось вращения электронов серы и не дает сере начать кристаллизоваться при температуре выше приблизительно 100°C.

При температуре непосредственно ниже данной температуры сера начинает кристаллизоваться в орторомбической форме, образуя компактную и однородную массу.

В качестве альтернативы соленоиду (31), источник (3) электромагнитного поля может быть образован множеством постоянных магнитов (32), распределенных по поверхности шнекового подающего механизма (2), даже если это не показано на фигурах.

Также может быть предпочтительным, чтобы устройство содержало множество ультразвуковых генераторов (5), применяемых для шнекового подающего механизма (2), пригодных для предотвращения образования отложений серы в шнековом подающем механизме.

Ниже по потоку относительно шнекового подающего механизма (2), из которого сера выходит в пастообразной форме, образованной сдвоенными кристаллами и жидкой серой, предусмотрены по порядку станция (4) упаковки серы и станция (6) транспортировки и отверждения упакованной серы.

Датчик (11) температуры позволяет обнаруживать температуру серы, выходящей из бака (1), и соленоидный клапан (12), управляемый датчиком (11), предотвращает попадание серы в шнековый подающий механизм (2) в случае, если температура, обнаруженная датчиком (11), превышает предварительно определенное значение. Привод (13) с регулируемой скоростью, который приводит во вращение шнековый подающий механизм (2), позволяет определять время прохождения серы в шнековом подаю-

шем механизме (2) в зависимости от температуры при подаче и необходимого температурного градиента.

Станция (4) упаковки содержит впускной соленоидный клапан (45), пригодный для предотвращения прохождения серы в случае, если температура превышает предварительно определенное значение, подающее устройство (41) для подачи пустых контейнеров (42), например многослойных бумажных мешков или бочек, дозатор (43) для дозирования серы, подлежащей перемещению в контейнеры (42), укупорочные средства (44) для укупорки заполненных контейнеров (42).

Последующая станция (6) транспортировки и отверждения, показанная на фиг. 4, содержит по меньшей мере одну конвейерную ленту (61), пригодную для перемещения упакованной серы во время ее дальнейшего охлаждения. Желательно также, чтобы станция (6) транспортировки и отверждения содержала верхнюю ленту (61а) и нижнюю ленту (61b), движущихся вперед в противоположных направлениях, так что падение контейнеров (42) с верхней ленты (61а) на нижнюю ленту (61b) способствует переворачиванию контейнеров, что обеспечивает более быстрое охлаждение серы.

Станция (6) транспортировки и отверждения может также быть снабжена средствами (62) охлаждения, такими как распылительное устройство (62а) и вентиляционное устройство (62b), пригодными для ускорения охлаждения серы.

В этих последних станциях отверждение в орторомбической форме становится полным, устойчивым и необратимым, что приводит к образованию компактных и однородных блоков, стойких к воздействию кислых растворов, с отсутствием выделений газообразных и химически неактивных в воде выбросов.

Таким образом, способ отверждения жидкой серы с превращением ее в орторомбические кристаллы включает по меньшей мере следующие этапы:

- хранение жидкой серы в расходном баке (1);
- подача жидкой серы в шнековый подающий механизм (2) с охлаждением, подвергаемый воздействию поля, создаваемого источником (3) электромагнитного поля, для предотвращения кристаллизации серы в моноклинной форме при температуре свыше 100°C;
- упаковка пастообразной серы, выходящей из шнекового подающего механизма (2), в пустые контейнеры (42);
- отверждение серы внутри контейнеров (42) на по меньшей мере одной конвейерной ленте (61).

Также целесообразно предусмотреть этап переворачивания контейнеров (42) для ускорения охлаждения серы.

Наконец, способ включает этап обертыывания контейнеров (42) пластиковой пленкой, желательно черной, для снижения светочувствительности упаковки.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для отверждения жидкой серы с превращением ее в орторомбические кристаллы, отличающееся тем, что оно содержит по меньшей мере один расходный бак (1) для жидкой серы, соединенный со шнековым конвейером (2), выполненным с возможностью охлаждения серы, и по меньшей мере один источник (3) электромагнитного поля, установленный снаружи шнекового конвейера (2), выполненный с возможностью воздействия на серу таким образом, чтобы предотвращать ее кристаллизацию в моноклинной форме при температуре свыше 100°C.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно содержит станцию (4) упаковки серы ниже по потоку относительно шнекового конвейера (2).

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно содержит по меньшей мере один ультразвуковой генератор (5), применяемый для шнекового конвейера (2), пригодный для предотвращения образования отложений в шнековом конвейере (2).

4. Устройство по п.2, отличающееся тем, что оно содержит станцию (6) транспортировки и отверждения упакованной серы.

5. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно содержит датчик (11) температуры, пригодный для обнаружения температуры серы, выходящей из расходного бака (1), и соленоидный клапан (12), управляемый датчиком (11), пригодный для предотвращения попадания серы в шнековый конвейер (2) в случае, если температура, обнаруженная датчиком (11), превышает предварительно определенное значение.

6. Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник (3) электромагнитного поля содержит соленоид (31), окружающий шнековый конвейер (2), причем через указанный соленоид (31) пропускают электрический ток.

7. Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник (3) электромагнитного поля содержит множество постоянных магнитов (32), распределенных по поверхности шнекового конвейера (2).

8. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно содержит привод (13) с регулируемой скоростью, пригодный для определения времени прохождения серы в шнековом конвейере (2).

9. Устройство по п.2, отличающееся тем, что станция (4) упаковки содержит впускной соленоидный клапан (45), пригодный для предотвращения прохождения серы в случае, если температура превышает

предварительно определенное значение, подающее устройство (41) для подачи пустых контейнеров (42), дозатор (43) для дозирования серы, подлежащей перемещению в контейнеры (42), укупорочные средства (44) для укупорки заполненных контейнеров (42).

10. Устройство по п.4, отличающееся тем, что станция (6) транспортировки и отверждения содержит по меньшей мере одну конвейерную ленту (61), пригодную для перемещения упакованной серы во время ее охлаждения.

11. Устройство по п.10, отличающееся тем, что станция (6) транспортировки и отверждения содержит верхнюю ленту (61a) и нижнюю ленту (61b), движущихся вперед в противоположных направлениях, чтобы способствовать переворачиванию упакованной серы.

12. Устройство по п.4, отличающееся тем, что станция (6) транспортировки и отверждения содержит средства (62) охлаждения, пригодные для ускорения охлаждения серы.

13. Устройство по п.12, отличающееся тем, что средства (62) охлаждения содержат распылительное устройство (62a).

14. Устройство по п.12, отличающееся тем, что средства (62) охлаждения содержат вентиляционное устройство (62b).

15. Способ отверждения жидкой серы с превращением ее в орторомбические кристаллы, отличающийся тем, что он включает по меньшей мере следующие этапы:

хранение жидкой серы в расходном баке (1);

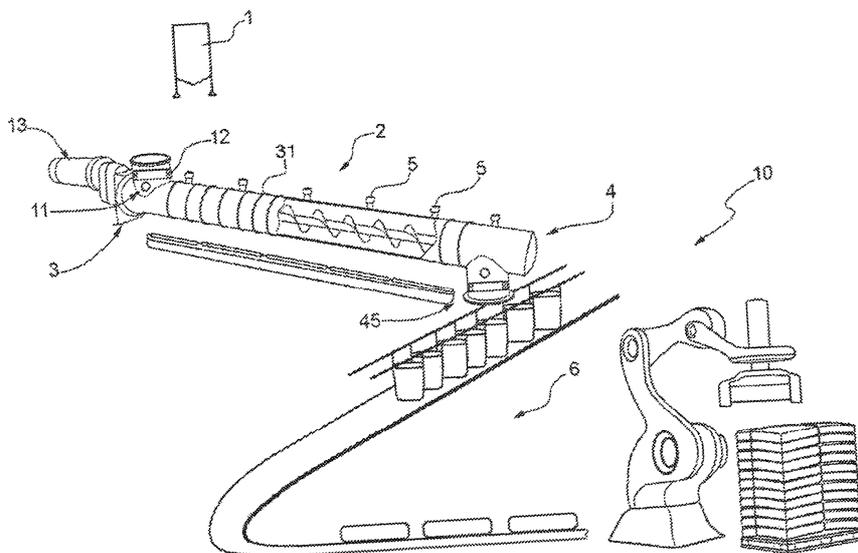
подача жидкой серы в шнековый конвейер (2) с охлаждением, подвергаемый воздействию поля, создаваемого источником (3) электромагнитного поля, для предотвращения кристаллизации серы в моноклинной форме при температуре свыше 100°C;

упаковка пастообразной серы, выходящей из шнекового конвейера (2), в пустые контейнеры (42);

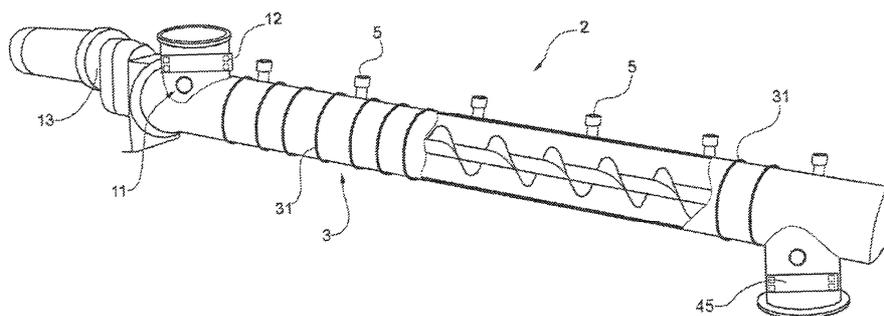
отверждение серы внутри контейнеров (42) на по меньшей мере одной конвейерной ленте (61).

16. Способ по п.15, отличающийся тем, что он включает этап переворачивания контейнеров (42) для ускорения охлаждения серы.

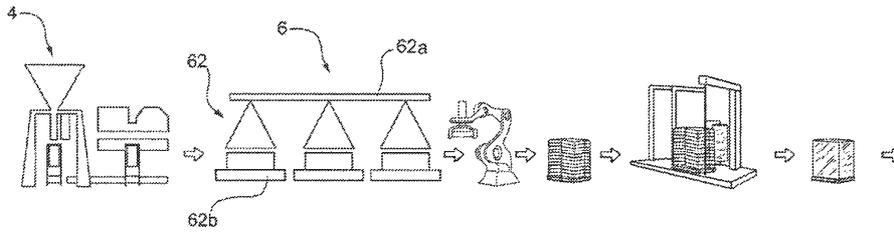
17. Способ по п.15 или 16, отличающийся тем, что он включает этап обертывания контейнеров (42) черной пластиковой пленкой для снижения их светочувствительности.



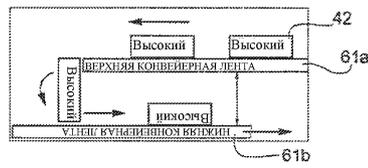
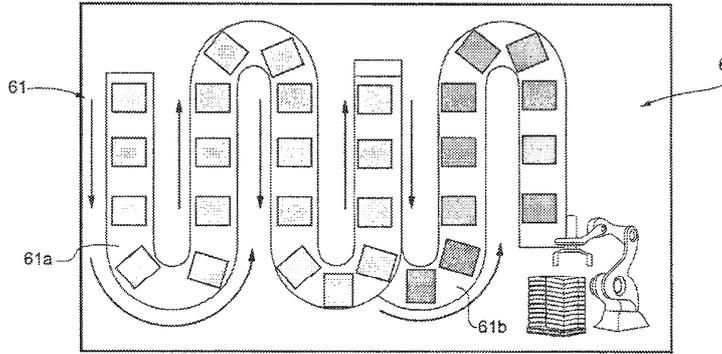
Фиг. 1



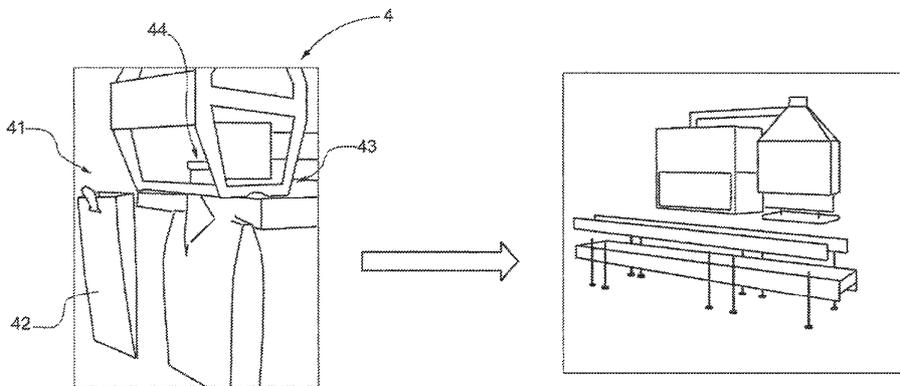
Фиг. 2



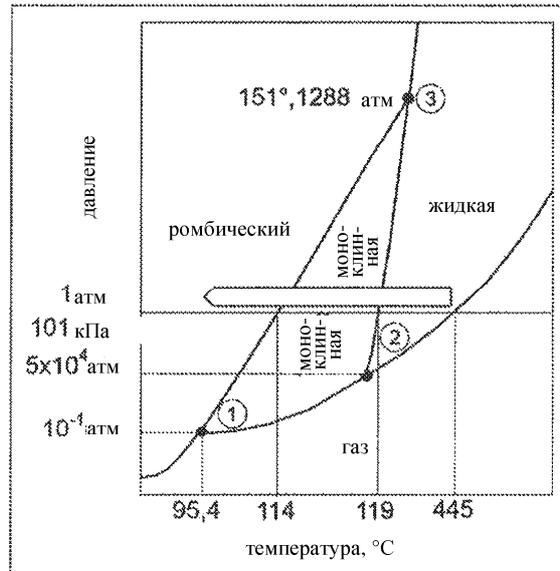
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

