

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202392326 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.11.22

(51) Int. Cl. C03B 5/12 (2006.01)  
C03B 5/235 (2006.01)  
F23C 5/32 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.03.14

---

(54) ГАЗОВАЯ ПЕЧЬ

---

(31) 21163056.1

(72) Изобретатель:

(32) 2021.03.17

Хансен Ларс Эльмекилле (DK)

(33) EP

(74) Представитель:

(86) PCT/EP2022/056474

Медведев В.Н. (RU)

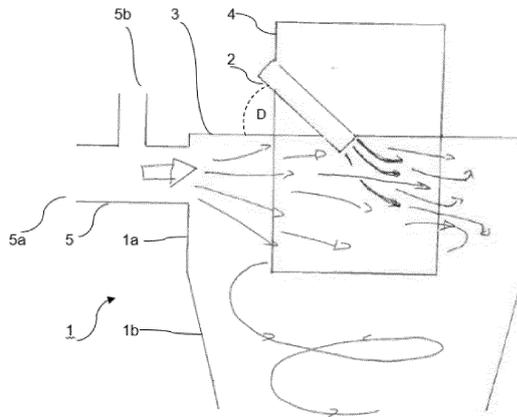
(87) WO 2022/194747 2022.09.22

(71) Заявитель:

РОКВУЛ А/С (DK)

---

(57) Настоящим изобретением обеспечивается устройство и способ функционирования циклонной пламенной печи с использованием газообразного топлива.



A1

202392326

202392326

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-579040EA/032

### ГАЗОВАЯ ПЕЧЬ

#### ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к области печей для плавления минерального материала, в частности, для плавления минерального материала в процессе изготовления волокон.

#### УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Циклонные печи широко применяются для плавления минеральных материалов.

Существующие циклонные печи функционируют только или преимущественно на угле или другом твердом или жидком топливе. Уголь является особенно предпочтительным первичным топливом для циклонной печи, так как обеспечивает медленное горение. В WO 2014057130A1 предусматривается возможность введения в нижнюю часть центральной области циклонной печи для организации там горения вторичного газообразного топлива, на долю которого приходится менее 40% общей энергии, выделяемой топливом. Первичное топливо, применяемое для плавления исходного минерального материала, имеет форму твердых частиц.

В документе US3077094 раскрывается циклонная печь, отличающаяся тем, что воздух, газообразное топливо и, возможно, исходный материал смешивают до подачи в печь. В таком случае газообразное топливо быстро сгорает.

В соответствии с WO2016/092100A1 для плавления исходного минерального материала используют твердое или жидкое первичное топливо. Газообразное топливо может быть использовано в качестве вторичного, при этом его вводят в циклонную печь совместно с топливом в форме твердых частиц ниже, чем первичное топливо. Благодаря этому в нижней части циклонной печи вблизи плавильной ванны поддерживается устойчивое горение, так как газообразное топливо быстро сгорает и обеспечивает подогрев вторичного топлива в форме частиц. Такая конфигурация позволяет эффективным образом использовать более дешевые топлива, такие как уголь, получая при этом высококачественный расплав. Как указано в WO2016/092100A1, важно использовать в качестве первичного топлива в форме частиц (т.е., твердое или жидкое), тогда как газообразное топливо вводят только в нижнюю часть циклонной печи в сочетании с топливом в форме частиц.

В документе EP 1944873A1 раскрывается циклонная печь для плавления минерального материала, при этом первичное топливо имеет форму частиц, в частности, представляет собой уголь. В верхнюю часть камеры и, таким образом, на стадию плавления подают только топливо в форме частиц. Газообразное топливо вводят в сочетании с топливом в форме частиц в нижнюю часть печи для поддержания горения над плавильной ванной. Утверждается, что это помогает регулировать температуру плавильной ванны, а следовательно, и вязкость минерального расплава, отводимого из печи. Однако в этом документе отмечено, что первичное топливо должно иметь форму частиц.

Хотя уголь и другие топлива в форме частиц широко используются в циклонных печах из экономических соображений, с точки зрения улучшения экологических параметров процесса плавления было бы желательно использовать в качестве единственного или первичного газообразное топливо. В ходе работы над изобретением было обнаружено, что непосредственная замена топлива в форме частиц газообразным в той же конфигурации печи неэффективна. Газообразное топливо сгорает намного быстрее, чем топливо в форме частиц, и дает более короткое пламя, чем уголь. Непосредственная замена топлива в форме частиц на газообразное приводила к закупорке впускных отверстий топлива образующимся шлаком, делая такую замену нецелесообразной. Очень быстрое горение газообразного топлива вызывало почти мгновенное спекание исходного минерального материала, являющееся причиной закупорки впускных отверстий.

Целью настоящего изобретения является обеспечение устройства и способа использования газообразного топлива в циклонной печи, предназначенной для производства минерального расплава, и, тем самым, улучшение экологических параметров процесса плавления без ущерба для качества расплава и срока службы печи.

#### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретением обеспечивается способ плавления минерального материала, включающий стадии, на которых: обеспечивают наличие циклонной печи, исходного минерального материала в форме частиц, газообразного топлива и окислителя; подают в печь газообразное топливо через одно или несколько первых впускных отверстий; подают в печь окислитель через одно или несколько вторых впускных отверстий; подают в печь исходный минеральный материал через одно или несколько третьих впускных отверстий; проводят реакцию горения газообразного топлива с окислителем и, следовательно, плавление исходного минерального материала; отличающийся тем, что каждое первое впускное отверстие отстоит на такое угловое расстояние от одного или нескольких вторых впускных отверстий, что ни одно из первых впускных отверстий не находится на угловом расстоянии менее 20 градусов от любого второго впускного отверстия, при этом угловое расстояние измеряют вокруг вертикальной оси, проходящей через центр циклонной печи.

Изобретением также обеспечивается циклонная печь, предназначенная для плавления минерального материала с использованием газообразного топлива в качестве единственного или первичного топлива, при этом печь включает: корпус печи со стенкой и крышкой, одно или несколько первых впускных отверстий для подачи в печь газообразного топлива, одно или несколько вторых впускных отверстий для подачи в печь окислителя и одно или несколько третьих впускных отверстий для подачи в печь исходного минерального материала; при этом корпус печи включает верхнюю часть, центральную часть и нижнюю часть; отличающаяся тем, что через одно или несколько первых впускных отверстий, одно или несколько вторых впускных отверстий и одно или несколько третьих впускных отверстий в верхнюю часть печи подают газообразное топливо, окислитель и исходный минеральный материал, соответственно, и тем, что

каждое первое впускное отверстие отстоит на такое угловое расстояние от одного или нескольких вторых впускных отверстий, что ни одно из первых впускных отверстий не находится на угловом расстоянии менее 20 градусов от любого второго впускного отверстия, при этом угловое расстояние измеряют вокруг вертикальной оси, проходящей через центр циклонной печи.

В соответствии с изобретением первичным топливом является газообразное топливо. Газообразное топливо может представлять собой природный газ, биогаз, сланцевый газ или газ другого имеющегося в наличии типа или их сочетание. Предпочтительно, за счет газообразного топлива в данном процессе обеспечивается, по меньшей мере, 60% энергии, более предпочтительно, по меньшей мере, 80% энергии. В соответствии с изобретением единственное топливо может быть газообразным. Благодаря этому уменьшается или даже исключается использование топлив в форме частиц, тем самым, улучшаются экологические параметры процесса.

Дополнительные горелки или электроды для нагрева джоулевой теплотой могут быть установлены над плавильной ванной или погружены в расплав. Горелки или электроды предназначены для гомогенизации минерального расплава.

Окислителем может являться воздух, кислород или обогащенный кислородом воздух. В соответствии с изобретением предпочтительно использовать обогащенный кислородом воздух, что достигается путем введения кислорода в подаваемый воздух. При использовании чистого кислорода можно уменьшить объем печи, однако экономические параметры процесса при этом ухудшаются, тогда как использование воздуха без добавок позволяет сократить затраты, но требует большего объема печи по сравнению с обогащенным кислородом воздухом.

Исходный минеральный материал, предпочтительно, имеет форму частиц. Размер частиц исходного материала, предпочтительно, лежит в миллиметровом диапазоне. Предпочтительно, по меньшей мере, 99%, в частности, все частицы имеют диаметр менее 4 мм, предпочтительно, 50% вес. частиц имеют диаметр менее 2 мм. Исходная композиция может представлять собой любую из известных композиций стекла, каменного стекла или шлака, из которых обычно изготавливают искусственные стекловидные волокна (man-made vitreous fibres, MMVF). Предпочтительно, композиция волокон отвечает следующим параметрам, выраженным в % вес. в пересчете на оксиды:

$\text{SiO}_2$ : по меньшей мере, 30, 32, 35 или 37; не более 51, 48, 45 или 43

$\text{Al}_2\text{O}_3$ : по меньшей мере, 14, 15, 16 или 18; не более 35, 30, 26 или 23

$\text{CaO}$ : по меньшей мере, 8 или 10; не более 30, 25 или 20

$\text{MgO}$ : по меньшей мере, 2 или 5; не более 25, 20 или 15

$\text{FeO}$  (включая  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ): по меньшей мере, 4 или 5; не более 15, 12 или 10

$\text{FeO}+\text{MgO}$ : по меньшей мере, 10, 12 или 15; не более 30, 25 или 20

$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ : ноль или, по меньшей мере, 1; не более 10

$\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ : по меньшей мере, 10 или 15; не более 30 или 25

$\text{TiO}_2$ : ноль или, по меньшей мере, 1; не более 6, 4 или 2

TiO<sub>2</sub>+FeO: по меньшей мере, 4 или 6; не более 18 или 12

B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: ноль или, по меньшей мере, 1; не более 5 или 3

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: ноль или, по меньшей мере, 1; не более 8 или 5

Другие: ноль или, по меньшей мере, 1; не более 8 или 5

В соответствии с изобретением, печь может иметь любую известную конструкцию циклонной печи. В частности, конструкция может характеризоваться наличием верхней части, предпочтительно, по существу, цилиндрической, центральной части, предпочтительно, по существу, в форме усеченного конуса и нижней части, предпочтительно, по существу, цилиндрической. Плавильная ванна образуется в нижней части, предназначенной для сбора и осветления минерального расплава.

Газообразное топливо, окислитель и исходный минеральный материал подают, предпочтительно, в верхнюю часть печи или вблизи нее.

Каждое второе впускное отверстие, предпочтительно, объединено с третьим впускным отверстием так, что окислитель и исходный минеральный материал поступают в печь вместе. В этом случае газообразное топливо подается отдельно от окислителя и исходного минерального материала.

Газообразное топливо подают, предпочтительно, через крышку печи.

Дополнительное топливо в верхнюю часть печи, предпочтительно, не подают.

Дополнительное газообразное топливо может быть подано в нижнюю часть печи, обычно непосредственно над плавильной ванной, через дополнительные впускные отверстия. Доля энергии, вводимой в процесс посредством топлива, подаваемого через первые впускные отверстия вблизи верха печи, обычно составляет, по меньшей мере, 40%, предпочтительно, от 45 до 55%, в частности, около 50%.

Исходный минеральный материал и окислитель, предпочтительно, подают через боковую стенку корпуса печи.

Каждое впускное отверстие для газообразного топлива отстоит, по меньшей мере, на 20 градусов от любого впускного отверстия для окислителя. Благодаря наличию такого расстояния горение и, следовательно, выделение тепла происходит значительно медленнее. Угловое расстояние измеряют вокруг вертикальной оси, проходящей через центр циклонной печи.

Благодаря подаче газообразного топлива через крышку печи облегчается разобщение газообразного топлива и окислителя в момент поступления в печь. Благодаря такому разобщению топливо горит медленнее, и выделением тепловой энергии можно управлять, поэтому исходный минеральный материал не спекается в печи, что могло бы приводить к закупорке впуска минерального материала, а плавится. Дополнительным преимуществом введения газообразного топлива через крышку, а не через боковую стенку, является то, что значительно уменьшается износ внутренних стенок печи.

Когда газообразное топливо подают в печь через крышку, впускное отверстие для газообразного топлива может быть ориентировано под углом от 30° до 90° вверх от крышки. С точки зрения улучшения перемешивания газообразного топлива с исходным

минеральным материалом предпочтительна меньшая величина угла, так как в этом случае газообразное топливо завихряется, пересекает поток воздуха и участвует в управляемом горении, приводящем к плавлению исходного минерального материала. Слишком малая величина угла менее  $30^\circ$  нежелательна, так как в этом случае нужна более длинная фурма, особенно если используется более толстая крышка печи с водяным охлаждением.

Газообразное топливо и газообразный окислитель могут быть поданы в стехиометрическом или превышающем стехиометрическое (избыток кислорода) соотношении. Объемное отношение природного газа к обогащенному кислородом воздуху лежит в диапазоне от 1:4 до 1:15, в частности, в контексте устройства настоящего изобретения особенно предпочтителен диапазон от 1:5 до 1:8.

Газообразное топливо и газообразный окислитель независимо друг от друга могут характеризоваться скоростью подачи в диапазоне от 20 до 100 м/с, предпочтительно, от 40 до 80 м/с. Исходный материал в форме частиц может быть подан со скоростью в диапазоне от 20 до 60 м/с, предпочтительно, от 30 до 40 м/с.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На фиг. 1 представлен схематичный вид сверху печи, соответствующей изобретению.

На фиг. 2 представлен схематичный вертикальный разрез верхней части печи, соответствующей изобретению.

На фиг. 3 представлен схематичный вид печи, соответствующей изобретению.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

На фигурах показан один из примеров печи, соответствующей изобретению.

На фиг. 1 представлен схематичный вид сверху печи 1. Впускные отверстия 2 газообразного топлива проходят сквозь крышку 3 печи, в центре которой также имеется выпускное отверстие 4. Исходный минеральный материал и окислитель (воздух или обогащенный кислородом воздух) подают в печь одновременно через впускные отверстия 5, расположенные в верхней части боковой стенки корпуса печи 1. Верхняя часть печи 1 обычно цилиндрическая и имеет единую непрерывную боковую стенку.

Впускные отверстия 2 газообразного топлива расположены на одинаковом угловом расстоянии друг от друга. На фиг. 1 угловое расстояние между впускными отверстиями 2 газообразного топлива показано как угол А. В данном случае угол равен  $90^\circ$ , так как имеется четыре впускных отверстия 2, равномерно распределенных по окружности печи. Впускные отверстия 5 для исходного минерального материала и окислителя расположены на одинаковом угловом расстоянии друг от друга. На фиг. 1 угловое расстояние между впускными отверстиями 5 показано как угол В. В данном случае угол равен  $90^\circ$ , так как имеется четыре впускных отверстия 5, равномерно распределенных по окружности печи. Как показано на чертеже, каждое впускное отверстие отстоит на угловое расстояние, по меньшей мере,  $20^\circ$  от ближайшего впускного отверстия 2 газообразного топлива. Угловое расстояние между каждым впускным отверстием и ближайшим впускным отверстием 2 газообразного топлива показано как угол С, который в данном варианте

осуществления равен примерно  $45^\circ$ . Угловое расстояние измеряют вокруг точки в центре представленного схематичного вида сверху.

Исходный минеральный материал, окислитель и газообразное топливо подают в печь 1 тангенциально, обеспечивая циркуляционный поток, подобный потоку в циклонной установке. При таком расположении и угле поворота впускных отверстий 2 газообразного топлива топливо вводится в поток окислителя и исходного минерального материала, благодаря чему происходит медленное смешивание и выделение энергии, приводящее к плавлению исходного минерального материала по мере сгорания газообразного топлива.

На фиг. 2 представлен схематичный вид сбоку в разрезе печи 1, соответствующей изобретению. Исходный минеральный материал и окислитель (обычно, воздух, кислород или обогащенный кислородом воздух) одновременно подают через впускное отверстие 5. А именно, в данном варианте осуществления изобретения окислитель подают через впускное отверстие 5а, а исходный минеральный материал - через впускное отверстие 5б, и оба этих компонента поступают в верхнюю часть 1а печи одновременно. В качестве альтернативы (на фигуре не показано) исходный материал может быть подан через крышку 3 вблизи впускного отверстия окислителя. Если в качестве окислителя используется обогащенный кислородом воздух, это может быть выполнено путем введения кислорода в поток воздуха у впускного отверстия 5а.

На фиг. 2 также показано общее направление потока материалов в печи 1. Окислитель и исходный минеральный материал образуют поток, в который через впускное отверстие 2 в крышке печи подают газообразное топливо. Каждое из впускных отверстий 2 расположено под углом  $D$  от 30 до 90 градусов относительно крышки печи. В результате смешивание замедляется таким образом, что высвобождение энергии при горении топлива приводит к плавлению исходного минерального материала, и в то же время, топливо сгорает, не будучи увлеченным в выпускное отверстие 4 до завершения горения. Минеральный материал плавится в циркулирующем потоке и опускается в центральную часть 1б печи и нижнюю часть 1с (на фиг. 2 не показана).

На фиг. 3 представлен схематичный вид печи 1 снаружи. Показана в целом цилиндрическая верхняя часть 1а, в целом имеющая форму усеченного конуса центральная часть 1б и в целом цилиндрическая нижняя часть 1с. Впускные отверстия 5 исходного минерального материала и окислителя и впускные отверстия 2 газообразного топлива расположены в верхней части печи 1. Более конкретно, впускные отверстия 2 газообразного топлива проходят сквозь крышку 3 печи, впускные отверстия 5 исходного минерального материала и окислителя проходят сквозь боковую стенку корпуса верхней части 1а печи 1.

В центральной части 1б и/или нижней части 1с могут быть установлены дополнительные нагревательные устройства, такие как дополнительные горелки или электроды, для нагревания и осветления расплавленного минерального материала. Однако источник первичного топлива является газообразным, и энергия для плавления

минерального материала обеспечивается за счет газообразного топлива, подаваемого в верхнюю часть печи 1.

В нижней части 1с имеется выпуск 6 для минерального расплава. На фиг. 3 выпуск 6 показан в форме сифона. В качестве альтернативы, выпуск 6 может находиться в основании печи 1 (не показано).

Минеральный расплав может быть перемещен в устройство формирования волокон, такое как устройство внутреннего центрифугирования (с вращающимся стаканом) или наружного центрифугирования (каскадное устройство). В нем из расплава традиционным способом изготавливают волокна, которые затем, также традиционным способом, могут быть преобразованы в изделия из минерального волокна.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения минерального расплава, включающий стадии, на которых: обеспечивают наличие циклонной печи, исходного минерального материала в форме частиц, газообразного топлива и окислителя;

вводят в печь газообразное топливо через одно или несколько первых впускных отверстий;

вводят в печь окислитель через одно или несколько вторых впускных отверстий;

вводят в печь исходный минеральный материал через одно или несколько третьих впускных отверстий;

при этом газообразное топливо, окислитель и исходный минеральный материал вводят в верхнюю часть печи;

проводят реакцию горения газообразного топлива с окислителем, расплавляя таким образом исходный минеральный материал;

отличающийся тем, что каждое первое впускное отверстие отстоит на такое угловое расстояние от одного или нескольких вторых впускных отверстий, что ни одно из первых впускных отверстий не находится на угловом расстоянии менее 20 градусов от любого второго впускного отверстия, при этом угловое расстояние измеряют вокруг вертикальной оси, проходящей через центр циклонной печи.

2. Способ по п. 1, в котором каждое второе впускное отверстие объединено с третьим впускным отверстием.

3. Способ по п. 1, в котором каждое первое впускное отверстие отстоит на такое угловое расстояние от одного или нескольких третьих впускных отверстий, что ни одно из первых впускных отверстий не находится на угловом расстоянии менее 20 градусов от любого третьего впускного отверстия, при этом угловое расстояние измеряют вокруг вертикальной оси, проходящей через центр циклонной печи.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором посредством газообразного топлива, вводимого через одно или несколько первых впускных отверстий, обеспечивается, по меньшей мере, 40% энергии для функционирования печи, предпочтительно, по меньшей мере, 50%.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором печь включает корпус и крышку, при этом первые впускные отверстия проходят сквозь крышку.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором печь включает корпус с боковой стенкой и крышкой, при этом в корпусе имеется верхняя часть, центральная часть и нижняя часть, при этом вторые и третьи впускные отверстия проходят сквозь боковую стенку верхней части.

7. Способ по п. 5, в котором каждое из одного или нескольких первых впускных отверстий ориентировано под углом от 30 до 90 градусов относительно крышки.

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором исходный минеральный материал имеет следующий состав, в % вес.:

SiO<sub>2</sub>: от 30 до 51

$\text{Al}_2\text{O}_3$ : по меньшей мере, 14, 15, 16 или 18; не более 35, 30, 26 или 23

$\text{CaO}$ : от 8 до 30

$\text{MgO}$ : от 2 до 25

$\text{FeO}$  (включая  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ): от 4 до 15

$\text{FeO}+\text{MgO}$ : от 10 до 30

$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ : до 10

$\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ : от 10 до 30

$\text{TiO}_2$ : до 6

$\text{TiO}_2+\text{FeO}$ : от 4 до 18

$\text{V}_2\text{O}_5$ : до 5

$\text{P}_2\text{O}_5$ : до 8

Остальное: до 8.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором окислителем является воздух, кислород или обогащенный кислородом воздух, предпочтительно, обогащенный кислородом воздух.

10. Циклонная печь для плавления минерального материала, при этом печь включает:

корпус печи со стенкой и крышкой, одно или несколько первых впускных отверстий для введения в печь газообразного топлива, одно или несколько вторых впускных отверстий для введения в печь окислителя и одно или несколько третьих впускных отверстий для введения в печь исходного минерального материала;

при этом корпус печи включает верхнюю часть, центральную часть и нижнюю часть;

отличающаяся тем, что каждое первое впускное отверстие отстоит на такое угловое расстояние от одного или нескольких вторых впускных отверстий, что ни одно из первых впускных отверстий не находится на угловом расстоянии менее 20 градусов от любого второго впускного отверстия, при этом угловое расстояние измеряют вокруг вертикальной оси, проходящей через центр циклонной печи, и

тем, что каждое впускное отверстие из первых, вторых и третьих впускных отверстий предназначено для введения в верхнюю часть печи газообразного топлива, окислителя и исходного минерального материала, соответственно.

11. Циклонная печь по п. 10, в которой каждое второе впускное отверстие объединено с третьим впускным отверстием.

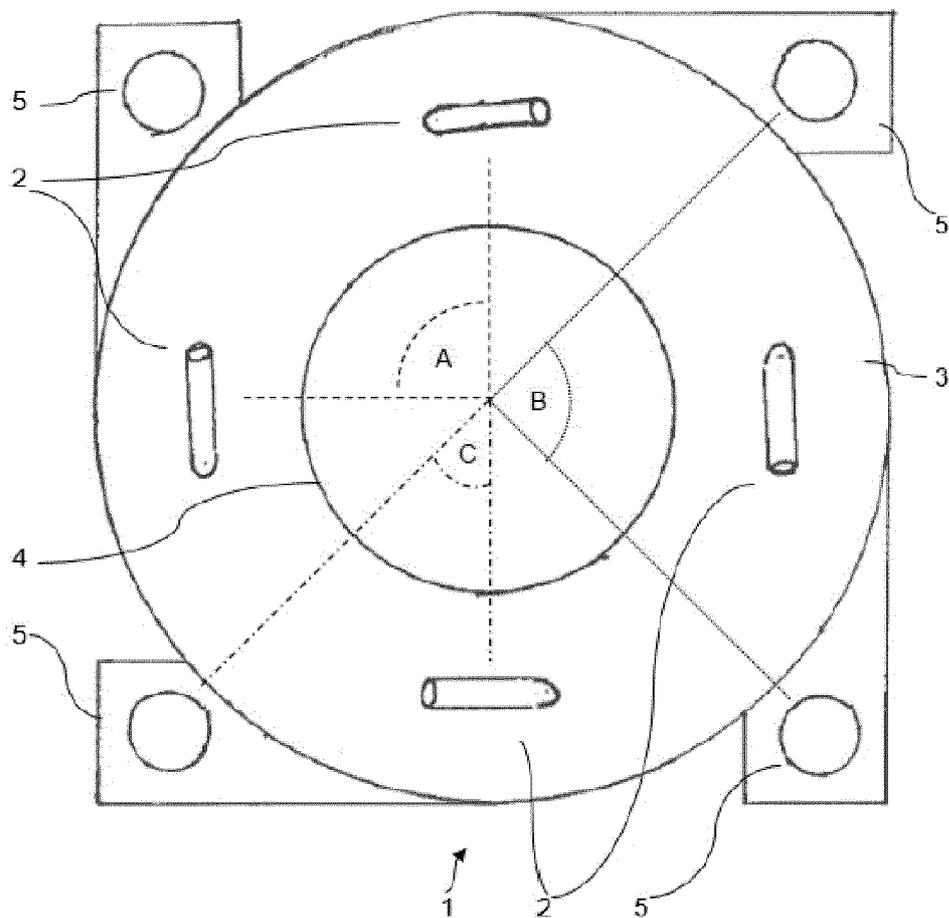
12. Циклонная печь по п. 10 или 11, в которой каждое первое впускное отверстие отстоит на такое угловое расстояние от одного или нескольких третьих впускных отверстий, что ни одно из первых впускных отверстий не находится на угловом расстоянии менее 20 градусов от любого третьего впускного отверстия, при этом угловое расстояние измеряют вокруг вертикальной оси, проходящей через центр циклонной печи.

13. Циклонная печь по любому одному из пп. 10-12, при этом печь включает стенку корпуса и крышку, при этом первые впускные отверстия проходят сквозь крышку.

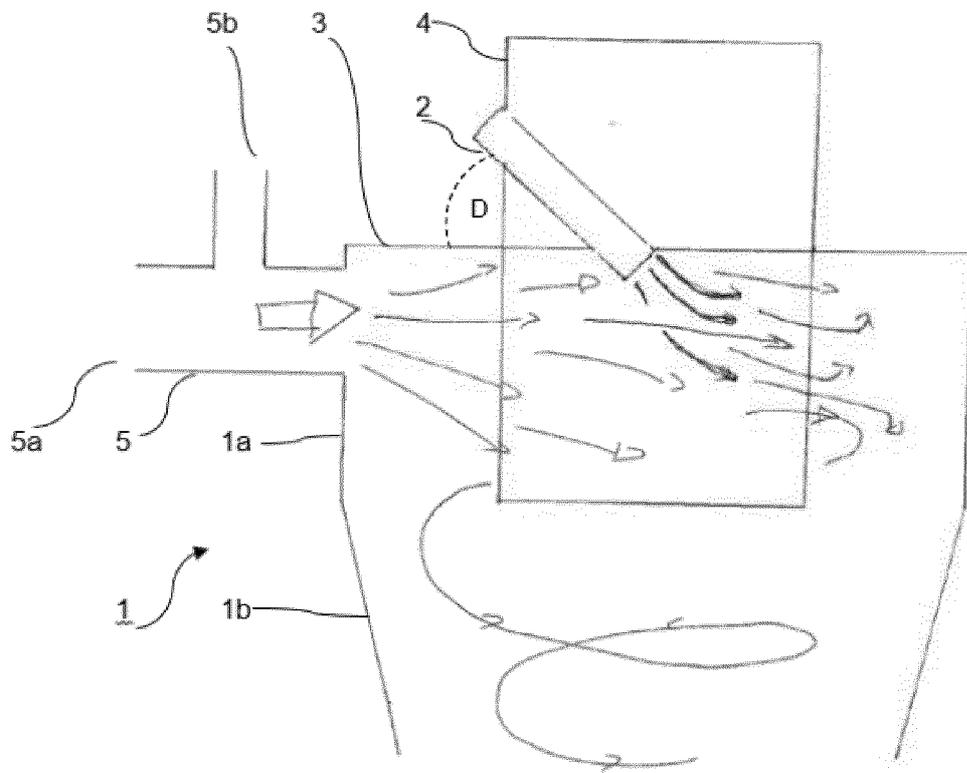
14. Циклонная печь по п. 13, в которой каждое из одного или нескольких первых впускных отверстий ориентировано под углом от 30 до 90 градусов относительно крышки.

15. Циклонная печь по любому одному из пп. 10-14, при этом печь включает корпус с боковой стенкой и крышкой, при этом боковая стенка имеет верхнюю часть, центральную часть и нижнюю часть, при этом вторые и третьи впускные отверстия проходят сквозь верхнюю часть боковой стенки.

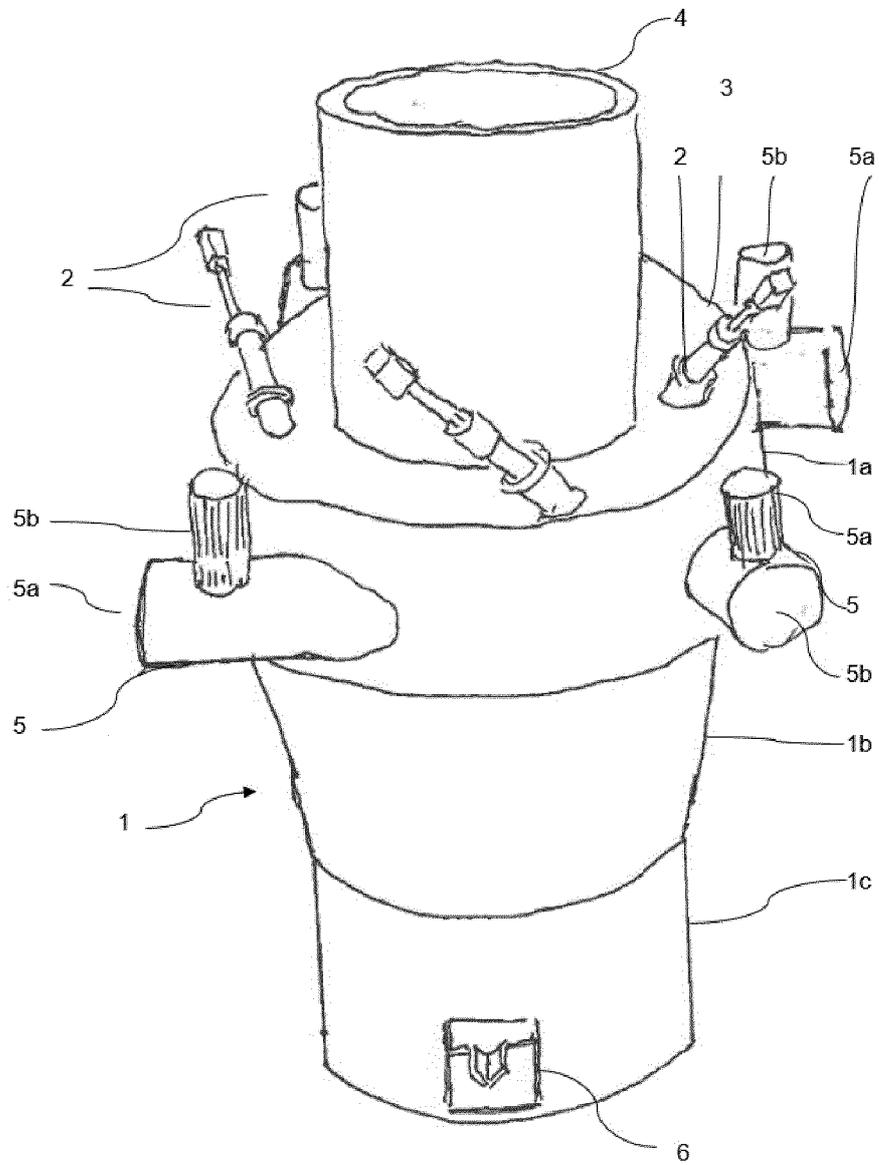
По доверенности



ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 3