

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 969 045**

(51) Int. Cl.:

F27B 7/20 (2006.01)

C04B 7/36 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.08.2018 PCT/EP2018/073192**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2019 WO19043036**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2018 E 18762818 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2023 EP 3676551**

(54) Título: **Calcinador de bajo NOx**

(30) Prioridad:

30.08.2017 DK PA201770653

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

16.05.2024

(73) Titular/es:

**FLSMIDTH A/S (100.0%)
Vigerslev Allé 77
2500 Valby, DK**

(72) Inventor/es:

**GRÉVAIN, DAMIEN y
NIELSEN, MADS**

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 969 045 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Calcinador de bajo NOx

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema para reducir los niveles de emisión de óxidos de nitrógeno durante la fabricación de clínker de cemento, y más particularmente a una unidad calcinadora para su uso en dicho sistema.

Antecedentes de la invención

En un sistema de cemento, en el proceso de fabricación de clínker de cemento, la harina cruda de cemento se precalienta en un precalentador, se calcina en un calcinador que comprende un extremo superior y un extremo inferior, se quema hasta obtener clínker en un horno y se enfriá en un enfriador de clínker posterior. En algunos sistemas de cemento existentes, el calcinador está diseñado específicamente para usar combustibles con un bajo contenido de constituyentes volátiles, tales como coque de petróleo, mientras que en otros sistemas existentes el calcinador está diseñado específicamente para alcanzar niveles bajos de emisiones de NOx. Hay pruebas sólidas de que se impondrán requisitos más estrictos en términos de niveles aceptables de emisiones de NOx y de que el uso de combustibles con un bajo contenido de componentes volátiles seguirá siendo ventajoso. Por consiguiente, existe la necesidad de un sistema para fabricar clínker de cemento que incorpore ambos efectos beneficiosos al mismo tiempo.

Existe una gama de tecnologías disponibles para limitar los niveles de emisiones de NOx y para quemar combustibles con un bajo contenido de componentes volátiles en los sistemas de cemento. Por ejemplo, es posible limitar los niveles de emisiones de NOx mediante métodos primarios, tales como el diseño apropiado del equipo quemador, el diseño apropiado del calcinador y el precalentador, o mediante métodos secundarios que implican la inyección de sustancias extrañas tales como amoníaco y urea en lugares designados en el precalentador. Por ejemplo, el Documento de Patente de los EE.UU. de Número US 5919301 A describe la inyección de amoníaco en una cámara de reacción.

Por ejemplo, de la Solicitud de Documento de Patente Japonesa de Número 155433-1978 se conoce un sistema de horno del tipo ILC (por sus siglas en inglés) de bajo-NOx. Este sistema comprende una cámara de combustión que está situada entre el horno y el calcinador y que en la práctica constituye la parte inferior del calcinador. La limitación de las emisiones de NOx se consigue inyectando combustible en la cámara de combustión, que constituye la denominada zona reductora, que implica una combustión del combustible que reacciona con los NOx contenidos en los gases de escape procedentes del horno, reduciendo así el contenido de NOx. Según métodos conocidos más recientemente, en esta zona se puede introducir una pequeña cantidad de harina cruda precalentada procedente del precalentador para limitar la temperatura. A continuación, se introduce en el calcinador el aire precalentado procedente del enfriador de clínker así como la harina cruda precalentada procedente del precalentador. En este sistema de horno conocido, los gases de escape procedentes del horno se introducen en el fondo de la cámara de combustión, provocando de ese modo que los gases fluyan hacia arriba a través de la cámara de combustión y del calcinador posterior. Así, en este tipo de calcinador, la harina cruda se debe dirigir hacia arriba a través de la parte principal del calcinador suspendida en la corriente de gas que fluye hacia arriba a través del calcinador. En cuanto a este tipo de calcinador, el inconveniente evidente es que al quemar combustibles con un bajo contenido de componentes volátiles en el calcinador no se pueden alcanzar bajas emisiones de NOx debido al enfriamiento excesivo de la suspensión de gas/combustible.

Por ejemplo, del Documento de Patente de los EE.UU. de Número 4.014.641 y del PCT/DK97/00029 se conocen sistemas de horno del tipo SLC-D (por sus siglas en inglés). Este tipo de sistema incorpora un calcinador que comprende una cámara configurada como un conducto de gas dirigido hacia abajo que en su extremo inferior está conectado a un conducto de gas dirigido hacia arriba que además está conectado al extremo de descarga de los gases de escape del horno. La calcinación tiene lugar esencialmente en el conducto de gas dirigido hacia abajo. La mayor parte del combustible usado en el calcinador se introduce axialmente en la parte superior del calcinador. El aire precalentado del enfriador de clínker y la harina cruda precalentada se dirigen tangencialmente hacia la parte superior del calcinador. Así, se logra en el calcinador la combustión completa de una cantidad sustancial del combustible del calcinador mientras que la harina cruda se calcina simultáneamente durante su paso hacia abajo a través de la cámara. La suspensión de los gases de escape, el combustible no quemado y la harina cruda al menos parcialmente calcinada procedente del calcinador se unen en el conducto de gas dirigido hacia arriba con un flujo ascendente de los gases de escape del horno, al que eventualmente se debería añadir una pequeña cantidad del combustible del calcinador, y una pequeña cantidad de harina cruda precalentada. La suspensión combinada o entremezclada de gases de escape y material fluye a continuación hacia arriba a través del tubo de gas dirigido hacia arriba, donde se puede añadir cualquier cantidad residual de harina cruda y aire precalentado que aún no haya sido suministrado desde el refrigerador del clínker. La ventaja de este tipo de sistema conocido es que se pueden usar combustibles con un bajo contenido de componentes volátiles debido a la realización especial del calcinador, lo que permitirá alcanzar un alto grado de eficiencia de combustión incluso cuando se usan tales combustibles.

Además, la producción de NOx en el calcinador es bastante baja. Sin embargo, la desventaja de este tipo de sistema de horno es que puede resultar necesario añadir una parte de la harina cruda sin calcinar directamente a los gases de escape procedentes del horno para combatir contra los recubrimientos en la cámara de humos del horno y/o en el

conducto ascendente del horno. Como resultado, la suspensión de gases de escape/combustible se enfriá excesivamente, lo que implica posibilidades limitadas de reducir los NOx que se producen en el horno, cuando se usa combustible con un bajo contenido de componentes volátiles.

Objeto de la invención

- 5 Un objeto de la invención es superar o al menos aliviar uno o más de los problemas anteriores y/o proporcionar al consumidor una opción útil o comercial.

Un objeto según la reivindicación independiente 1 es proporcionar un sistema para fabricar clíker de cemento mediante un sistema que sea posible alcanzar un alto grado de eficiencia de combustión incluso cuando se usa combustible con un bajo contenido de constituyentes volátiles y lograr una bajo nivel de emisiones de NOx.

10 **Breve descripción de las figuras**

Las realizaciones de la invención se describirán únicamente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

La Figura 1 muestra una vista lateral de una primera realización ejemplar del sistema que comprende un calcinador.

- 15 La Figura 2 muestra una vista lateral de una segunda realización ejemplar del sistema que comprende un calcinador.

La Figura 3 muestra una vista en sección transversal de la zona de reducción de NOx del calcinador.

Descripción detallada de la invención

Como se muestra en las Figura 1, el calcinador de la presente invención tiene una parte superior 11a y una parte 20 inferior 11b. Una zona de reducción de NOx 12 está situada en la parte inferior 11b y una entrada de aire terciario 13 está situada en la parte superior 11a. Normalmente, la zona de reducción de NOx 12 tiene una capa refractaria 12a en su superficie interior. La entrada de aire terciario 13 está diseñada para introducir aire terciario en la parte superior 11a. También hay una entrada principal de harina cruda del calcinador 20 situada por encima de la zona de reducción de NOx 12 para introducir una parte principal de la harina cruda del calcinador en la parte superior 11a.

25 El gas del horno se puede introducir en el calcinador 11 a través de la unidad ascendente 21. Se pueden proporcionar una o más entradas de combustible 50a, 50b para proporcionar un núcleo caliente rico en combustible en el gas del horno que se puede proporcionar en o por debajo de una zona de reducción de NOx 12, por ejemplo, en la unidad elevadora 21. La suspensión de gas de escape/combustible del horno se dirige hacia arriba hacia la zona de reducción de NOx 12. La harina cruda se puede introducir tangencialmente en la zona de reducción de NOx 12 a través de una 30 entrada de harina cruda de enfriamiento del calcinador 30a, 30b para encapsular el núcleo caliente rico en combustible con una capa de enfriamiento periférica. El diseño de la zona de reducción de NOx 12 permite que un núcleo caliente de gas del horno mezclado con combustible reaccione con el NOx del horno y la harina cruda para encapsular el núcleo caliente para proteger las paredes del reactor aguas abajo. Se puede introducir aire terciario a través de una 35 entrada de aire terciario 13 en la parte superior del calcinador. La harina cruda también se puede introducir a través de la entrada principal de harina cruda del calcinador 20. La sección transversal del calcinador 11 se reduce lo suficiente (por ejemplo, como se muestra en la Figura 2 a través de los medios de constrictión) para mantener suspendida la harina del calcinador introducida y para evitar, por ejemplo, (a) el enfriamiento indeseable de la harina de la zona de reducción de NOx primaria introducida a través de la entrada principal de harina del calcinador 20 y (b) la intrusión de aire terciario en la zona de reducción de NOx 12.

40 Como se muestra en la Figura 3, puede haber una entrada de combustible 50a (o más 50b) en el tubo ascendente 21 para proporcionar condiciones reductoras de NOx al gas del horno. El tubo ascendente está representado por la sección cuadrada en el centro de la Figura 3. En la parte superior del tubo ascendente hay una expansión de la sección transversal del flujo de gas hacia la zona de reducción de NOx primaria aguas abajo 12 representada por la sección transversal circular más grande. En la zona de reducción 12 puede haber una entrada de harina 30a (o más 30b). La 45 harina cruda se introduce tangencialmente por encima (corriente abajo) de la entrada de combustible 50, 50b para encapsular el núcleo caliente rico en combustible con una capa de enfriamiento periférica. Las trayectorias de la harina cruda se muestran en la Figura 3. Las trayectorias tangenciales de la harina cruda permiten que la harina cruda enfriada cubra, por ejemplo toda la periferia de la transición entre el tubo ascendente y la expansión a la zona de reducción 21. El flujo de gas del horno en la periferia arrastra la harina cruda hacia el calcinador 11. De este modo, la 50 harina cruda de enfriamiento es capaz de encapsular al núcleo de gas de horno más caliente con el combustible para proporcionar las condiciones de reducción de NOx. El encapsulado protege las paredes de la zona de reducción contra los daños por las altas temperaturas. La aproximación tangencial de la harina cruda al gas del horno en el tubo ascendente evita la intrusión excesiva de la harina cruda de enfriamiento en el núcleo caliente y reductor proporcionado al gas del horno por la entrada de combustible.

55 El objetivo de la presente invención es proporcionar un método, así como un sistema para fabricar cemento mediante

el cual será posible alcanzar un alto grado de eficiencia de combustión incluso cuando se usa combustible con un bajo contenido de componentes volátiles y lograr un bajo nivel de emisiones de NOx.

Esto se obtiene mediante un sistema en el que los gases de escape procedentes del horno se introducen en el extremo superior del calcinador, en el que el combustible también se introduce en el extremo superior del calcinador, en el que

5 la suspensión de gases de escape/combustible se dirige hacia abajo a través del calcinador, en el que el aire precalentado procedente del enfriador del clínker y la harina cruda precalentada procedente del precalentador en combinación o por separado se alimentan al calcinador en un lugar por debajo de la zona donde se introducen los gases de escape procedentes del horno y el combustible, en el que el aire precalentado se dirige hacia abajo a través del calcinador, mezclándose gradualmente con la suspensión de gases de escape/combustible, en el que la harina cruda bajo la acción de la gravedad se dirige hacia abajo a través del calcinador a lo largo de su pared, quedando suspendida en los gases de escape en el extremo inferior del calcinador, y en el que la suspensión de gases de escape/harina cruda se extrae del extremo inferior del calcinador y se transporta a un medio de separación para separar la harina cruda que posteriormente se dirige al horno.

10 De esta manera se obtiene una reducción significativa de los NOx que son conducidos al calcinador junto con los gases de escape del horno, un alto grado de combustión del combustible incluso cuando se usan combustibles con un bajo contenido de constituyentes volátiles, y un bajo grado de conversión en NOx de el nitrógeno que es conducido al calcinador junto con el combustible. Así, será posible generar una zona reductora de NOx introduciendo combustible

15 al calcinador en los gases de escape cargados de NOx del horno y garantizando al mismo tiempo una alta temperatura de combustión entre 900 y 1500°C, incluso cuando el proceso de combustión se basa en combustibles con un bajo contenido de componentes volátiles. Como resultado, la formación de NOx resultante será a un nivel mucho más bajo que el que se puede alcanzar con los sistemas anteriores. La alta temperatura de combustión se logra debido al hecho de que la harina cruda, debido al paso dirigido hacia abajo a través del calcinador, se conduce hacia abajo a lo largo de la pared del calcinador, sustancialmente bajo la acción de la gravedad. Esto reducirá el efecto del enfriamiento de la harina cruda en la suspensión de gases de escape/combustible durante la combustión del combustible. La alta

20 temperatura de combustión también asegurará, además de una baja formación neta de NOx, una rápida combustión del combustible que es necesaria para el funcionamiento estable del sistema. La harina cruda que se dirige hacia abajo a lo largo de la pared del calcinador protegerá también a éste contra las altas temperaturas que se puedan producir, reduciendo así, como efecto secundario, el nivel de revestimientos en la pared.

25 Los gases de escape del horno se pueden introducir en el extremo superior del calcinador según diversos métodos adecuados, tales como radialmente, tangencialmente o axialmente.

30 El combustible se podrá introducir en el extremo superior del calcinador, ya sea por separado o junto con los gases de escape del horno. Si el combustible se introduce por separado, esto se hará preferentemente inyectando el combustible axialmente desde la parte superior del calcinador. Dicha inyección axial puede ocurrir a lo largo de la línea central del calcinador, pero también puede estar desplazada radialmente con respecto a la línea central. Sin embargo,

35 el combustible también se puede inyectar radialmente, tangencialmente o de otra manera desde el lado del calcinador. Si el combustible se introduce junto con los gases de escape del horno, se prefiere que el combustible se introduzca en los gases de escape del horno en un lugar donde se pueda garantizar un contacto efectivo entre el combustible y los NOx en los gases de escape, optimizando así el proceso de reducción de NOx. Preferiblemente, esto se puede hacer en un lugar apropiado antes de que los gases de escape del horno se introduzcan en el calcinador.

40 La suspensión mixta de gases de escape del horno y combustible se conduce preferentemente hacia abajo a través del calcinador, generando una llama en su zona central.

45 El aire precalentado procedente del enfriador del clínker y la harina cruda precalentada procedente del precalentador se introducen preferentemente en el calcinador como una suspensión combinada de aire y harina cruda. Se prefiere además que esta suspensión de aire/harina cruda se introduzca tangencialmente de modo que la harina cruda sea lanzada hacia la pared del calcinador provocando que se deslice hacia abajo a lo largo de la pared, bajo la acción de la gravedad, mientras que el aire forma un colchón de aire envolvente alrededor de la llama para que el aire se mezcle gradualmente con la suspensión de gases de escape/combustible.

50 Alternativamente, el aire precalentado procedente del enfriador del clínker y la harina cruda precalentada procedente del precalentador se pueden introducir por separado en el calcinador. En los casos donde se aplica este procedimiento, el aire también se puede introducir axialmente, radialmente o de cualquier otra manera apropiada, mientras que la harina cruda se puede introducir ventajosamente a través de una abertura de entrada o varias aberturas de entrada, dispuestas en un patrón sustancialmente uniforme alrededor de la circunferencia del calcinador.

55 Para controlar la temperatura de combustión en el calcinador y así garantizar un grado satisfactorio de combustión de los combustibles que requieren un período de tiempo relativamente largo a altas temperaturas, tales como combustibles con un bajo contenido de componentes volátiles, sería ventajoso que la harina cruda precalentada se introdujera en el calcinador en varios lugares aguas abajo a lo largo de la unidad. Así, se prefiere que se pueda introducir la harina cruda precalentada en el extremo inferior del calcinador. La harina cruda introducida en el extremo inferior del calcinador se calcinará rápidamente, reduciendo así la temperatura al nivel que se aplica al proceso de calcinación.

Además, se puede introducir la harina cruda precalentada procedente del precalentador en el calcinador junto con los gases de escape del horno para provocar, debido a su efecto catalítico, una reducción adicional del nivel de NOx, por ejemplo, promoviendo la reacción NO + CO a N₂ + CO₂. La harina cruda precalentada que se introduce de esta manera se puede introducir ventajosamente en la corriente de los gases de escape del horno inmediatamente después

- 5 de la descarga de estos gases procedentes del horno. Como consecuencia de esto, la harina cruda bajará la temperatura de los gases de escape del horno, reduciendo así cualquier problema de apelmazamiento en el conducto que lleva los gases de escape del horno desde el horno al calcinador. En este escenario, la suspensión de gases de escape/harina cruda se puede introducir ventajosamente tangencialmente en el extremo superior del calcinador para garantizar que la harina cruda se mantenga cerca de la pared del calcinador. Como resultado, la cantidad de harina cruda en la parte central de la zona reductora del calcinador será bastante pequeña, y esto significa que se puede alcanzar una temperatura alta y, por tanto, condiciones ventajosas para la ignición y la reducción de NOx, incluso cuando se usan combustibles con un bajo contenido de componentes volátiles.

El sistema para llevar a cabo el método según la invención es del tipo que puede comprender un precalentador, un calcinador que comprende un extremo superior y un extremo inferior, un horno y un enfriador posterior de clínker, y que se caracteriza por que comprende medios para introducir los gases de escape del horno en el extremo superior del calcinador, medios para introducir el combustible en el extremo superior del calcinador, medios para introducir el aire precalentado desde el enfriador del clínker en el calcinador en un lugar por debajo de la zona para introducir los gases de escape del horno y el combustible, medios para introducir la harina cruda precalentada en el calcinador en un lugar por debajo de la zona para introducir los gases de escape del horno y el combustible, medios para extraer la suspensión de gases de escape/harina cruda del extremo inferior del calcinador y transportarla a un medio de separación, y medios para transportar la harina cruda separada al horno.

Se debe entender que la forma de esta invención mostrada es simplemente una realización preferida. Se pueden realizar varios cambios en la función y disposición de las piezas; se podrán sustituir las piezas ilustrados y descritas por medios equivalentes; y ciertas características se pueden usar independientemente de otras sin apartarse del espíritu y alcance de la invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

Lista de componentes

- 1 sistema
- 11 unidad calcinadora
- 11a parte superior del calcinador
- 30 11b parte inferior del calcinador
- 12 zona de reducción de NOx
- 12a capa refractaria
- 13 entrada de aire terciario
- 18 cono de entrada de la zona de reducción
- 35 20 entrada principal de harina cruda al calcinador
- 21 unidad elevadora
- 30a primera entrada de harina de enfriamiento del calcinador
- 30b segunda entrada de harina de enfriamiento del calcinador
- 40 medios de restricción
- 40 50a, 50b entrada de combustible

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (1) para reducir los niveles de emisión de NOx durante la fabricación de clínker de cemento que comprende una unidad calcinadora (11) que comprende, además:

una parte superior (11a);

5 una parte inferior (11b);

una zona de reducción de NOx (12) en la parte inferior (11b) con una capa refractaria (12a) en una superficie interior de la misma;

una entrada de aire terciario (13) en la parte superior (11a) para introducir aire terciario en la parte superior (11a);

10 una entrada principal de harina del calcinador (20) situada por encima de la zona de reducción de NOx (12) para introducir una parte principal de la harina del calcinador en la parte superior (11a);

una primera entrada de harina cruda de enfriamiento del calcinador (30a) situada en la zona de reducción de NOx (12) para introducir una primera parte de la harina de enfriamiento del calcinador; y

15 una entrada de combustible (50a) situada en o por debajo de la zona de reducción de NOx (12) para introducir combustible en la zona de reducción de NOx (12) para soportar un núcleo caliente del gas caliente del horno dentro de la capa periférica de harina cruda en la zona de reducción de NOx (12);

caracterizado por que

20 la primera entrada de harina de enfriamiento del calcinador (30a) está dispuesta de manera que la primera parte de la harina de enfriamiento del calcinador se introduce tangencialmente en la zona de reducción de NOx (12), formando una capa periférica de harina en la zona de reducción de NOx (12) que protege la capa refractaria (12a) del gas caliente del horno.

2. El sistema (1) de la reivindicación 1, en donde la unidad calcinadora (11) comprende además un medio de restricción (40) situado entre la parte superior (11a) y la parte inferior (11b) para inhibir que la parte principal de la harina del calcinador en la parte superior (11a) entre en la zona de reducción (12).

25 3. El sistema (1) de la reivindicación 1 ó 2, en donde la entrada principal de la harina del calcinador (20) está situada por encima de la entrada del aire terciario (13).

4. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además una unidad ascendente (21) situada por debajo de la zona de reducción (12) en donde la entrada de combustible (50a) está situada por debajo de la zona de reducción de NOx (12) en la unidad ascendente (21).

30 5. El sistema (1) de la reivindicación 4, en donde un área de la sección transversal de la zona de reducción (12) es mayor que un área de la sección transversal de la unidad ascendente (21).

6. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la zona de reducción (12) comprende un cono de entrada de la zona de reducción (18) y en donde la entrada de combustible (50a) está situada inmediatamente adyacente a y por debajo del cono de entrada (18).

35 7. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la unidad calcinadora (11) comprende además una segunda entrada de harina de enfriamiento del calcinador (30b) situada en la zona de reducción de NOx (12) colocada lateralmente opuesta a la primera entrada de harina de enfriamiento del calcinador (30a) para introducir una segunda parte de la harina de enfriamiento del calcinador, en donde la segunda entrada de harina de enfriamiento del calcinador (30b) está dispuesta de manera que la segunda parte de la harina de enfriamiento del calcinador se introduce tangencialmente en la zona de reducción de NOx (12), formando una capa periférica de harina en la zona de reducción de NOx (12) para proteger aún más la capa refractaria (12a) del gas caliente del horno.

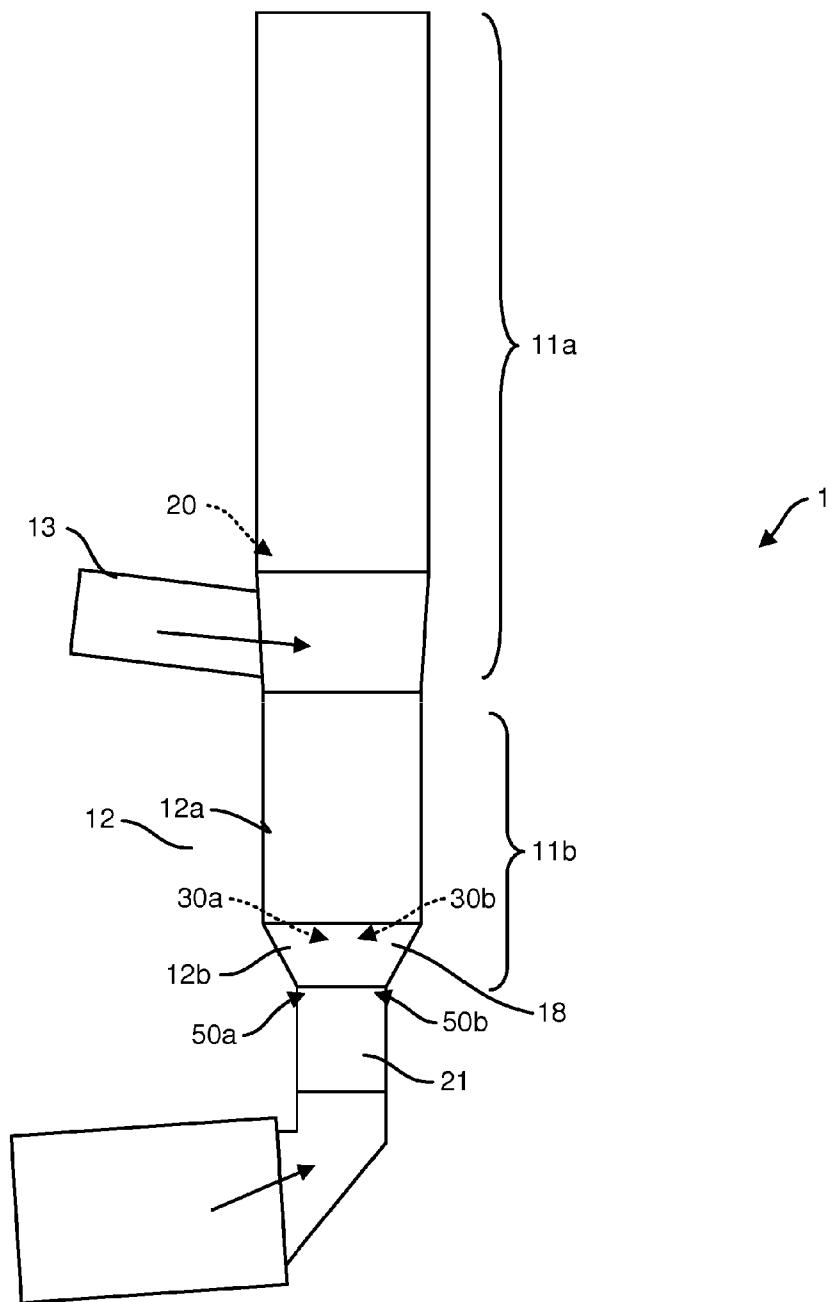


FIG. 1

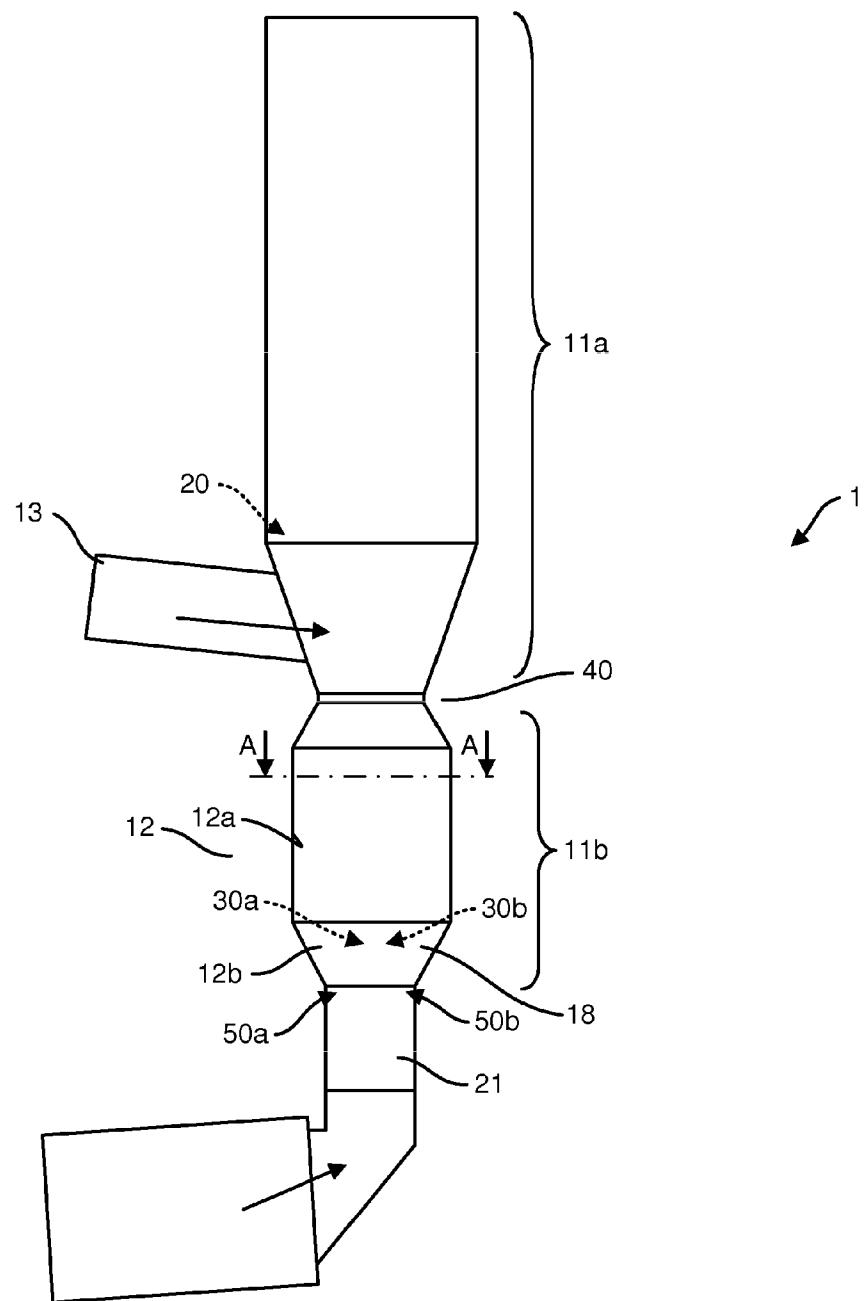


FIG. 2

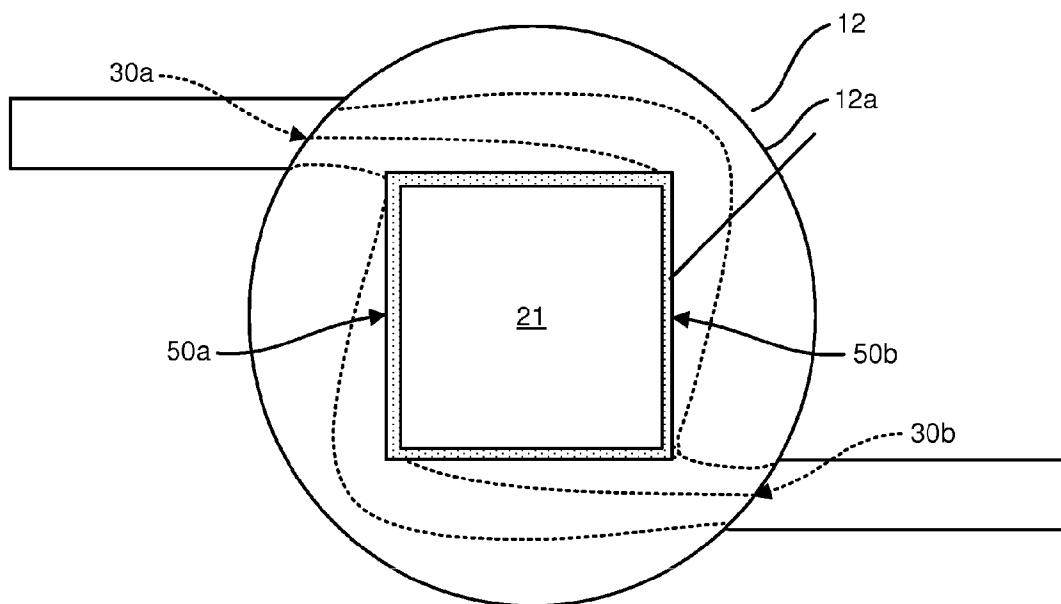


FIG. 3