

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 406**

51 Int. Cl.:

C10J 3/26 (2006.01)

C10J 3/66 (2006.01)

C10J 3/30 (2006.01)

C10K 1/32 (2006.01)

C10K 1/04 (2006.01)

C10J 3/00 (2006.01)

C10B 53/02 (2006.01)

C01B 32/324 (2007.01)

C10B 47/44 (2006.01)

C10B 47/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2015 E 15166002 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018 EP 3088492**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la gasificación de biomasa**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.04.2018

73 Titular/es:
**WS-WÄRMESSTECHNIK GMBH (100.0%)
Dornierstrasse 14
71272 Renningen**

72 Inventor/es:
**WÜNNING, JOACHIM A. y
WÜNNING, JOACHIM G.**

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 662 406 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

Procedimiento y dispositivo para la gasificación de biomasa

5 La presente invención se refiere a un procedimiento, así como a un dispositivo para la gasificación de biomasa. Por biomasa se entiende cualquier masa biogénica rica en carbono, como residuos de madera, residuos de cosecha, recortes de hierba, residuos de fermentación, lodos residuales o similares.

10 En la práctica se utilizan preferentemente instalaciones pequeñas, descentralizadas con un caudal de producción inferior a 200 kg de biomasa a la hora, como por ejemplo en granjas o zonas comunales, para evitar el transporte de la biomasa y los residuos y aprovechar la energía térmica residual localmente. Hasta ahora estas instalaciones han carecido de aceptación en el mercado. Un motivo fundamental para ello es el alquitrán que se origina a partir de la pirólisis y la gasificación de la biomasa. Hasta ahora el alquitrán se eliminaba con dificultad y por lo general conllevaba trabajos de mantenimiento sustanciales en las instalaciones. Para poder utilizar el gas generado durante la gasificación después en una planta de cogeneración, es necesario eliminar completamente el alquitrán del gas de gasógeno generado. Hasta ahora no solo el mantenimiento, sino también la adquisición de estas instalaciones resultaba cara.

20 El documento DE 102008043131 A1 da a conocer un procedimiento y un dispositivo para la gasificación de biomasa por medio del uso de un gasificador de corriente continua. A fin de evitar la acumulación de alquitrán en el gas de gasógeno se propone ahí un procedimiento de una sola fase con ayuda del gasificador de corriente continua, en el que el combustible se introduce en la cámara de gasificación en dirección opuesta a la fuerza de gravedad. En la zona de reducción se forma por encima de la zona de oxidación un lecho fluidificado estacionario. Así se evita la canalización crítica en la zona de reducción habitual en los gasificadores de lecho fijo y de este modo se reduce la acumulación de alquitrán en el gas de gasógeno. Sin embargo, la generación de un lecho fluidificado semejante requiere limitar la gasificación a determinados residuos biogénicos o tamaños de partícula, ya que de lo contrario no es posible conseguir un lecho fluidificado estable.

30 El documento EP 1436364 B1 describe un dispositivo con una cámara de reacción, en la que la entrada de la biomasa tiene lugar lateralmente. En la cámara los gases con contenido en alquitrán se pueden condensar en la tapa cerrada. Esto permite bien la eliminación del alquitrán condensado de la cámara de reacción o la recirculación del alquitrán a las zonas de reacción dentro de la cámara de reacción. Con esto se debería incrementar el grado de eficiencia total. Un equipo similar aparece descrito también en el documento EP 2522707 A2. En este hay disponible además una unidad de postratamiento, con la que el residuo se transforma en "cenizas blancas" lo más mineralizadas posible.

40 Otra solución para la gasificación de biomasa se describe en el documento DE 202009008671 U1. Aquí se proponen un gasificador de corriente continua con una cámara pirolítica y un gasificador. En la zona de oxidación del gasificador se procede a quemar el gas de la pirólisis rico en alquitrán a 1200 °C. Por consiguiente, se alcanzan en la zona de oxidación unas temperaturas muy altas.

45 El documento EP 2636720 A1 describe un procedimiento según el cual se genera un gas de síntesis mediante el reformado con vapor a partir de biomasa. Para ello se necesitan unos cuerpos calefactores muy grandes para el calentamiento indirecto. En las tuberías del gasificador o en las espirales del gasificador se genera un lecho fluidificado por medio de una pala móvil. A continuación, el gas de síntesis se limpia en un filtro de carbono mediante el procedimiento a contracorriente al mismo tiempo que se enfría.

50 El documento DE 19846805 A1 describe un procedimiento y un dispositivo para la gasificación de biomasa con las características del preámbulo de la reivindicación 1 o de la reivindicación 13. La biomasa entra a un horno desgasificador para la generación de coque y gas de pirólisis. El coque se tritura y cae a una parrilla de combustión en una cámara de combustión de un reactor de gasificación y una parte del coque cae de aquí a una cama de ascuas. El alquitrán que se forma en el horno de desgasificación gotea sobre la rejilla y se evapora o quema en la cámara de combustión. En la cama de ascuas se forma carbón activo, que es extraído e introducido en un filtro. El gas pobre originado en el reactor de gasificación se enfría en un intercambiador de calor y a continuación se conduce a través de un filtro con el carbón activo.

60 Partiendo del estado de la técnica se puede considerar que el objetivo de la presente invención es crear un procedimiento y un dispositivo para la gasificación de biomasa, que pueda procesar los residuos biogénicos más variados independientemente del tamaño de las partículas y que pueda generar un gas de gasógeno de bajo contenido en alquitrán de manera rentable.

Este objetivo se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 así como un dispositivo con las características de la reivindicación 13.

65 Con el procedimiento según la invención el gas de gasógeno derivado de la biomasa se genera en tres fases del procedimiento. En una primera fase del procedimiento la biomasa se oxida subestoequímicamente en una zona

ES 2 662 406 T3

de oxidación mediante la entrada de un gas rico en oxígeno, especialmente aire. Así se origina un gas bruto y un residuo rico en carbono similar al coque.

5 El gas bruto y el residuo rico en carbono de esta primera fase del procedimiento se gasifican parcialmente en una segunda fase del procedimiento de manera que se origina carbón activo. De este modo se gasifica preferiblemente hasta un máximo del 75 % y más preferiblemente hasta un máximo del 60 al 65 % del residuo rico en carbono en la zona de gasificación. La temperatura en la zona de gasificación puede alcanzar en un ejemplo de realización un mínimo de 800 °C y un máximo de 1000 °C. En la zona de gasificación se genera un gas de gasógeno caliente y carbón activo. En la tercera fase del procedimiento se enfrían el gas de gasógeno caliente y el carbón activo en la zona de enfriamiento. Así tiene lugar un proceso de absorción por el cual el alquitrán del gas de gasógeno caliente se transfiere al carbón activo. De esta manera se elimina el alquitrán del gas de gasógeno caliente y el gas de gasógeno resultante después de la tercera fase del procedimiento es pobre en alquitrán o esencialmente libre de restos de alquitrán.

15 En la zona de enfriamiento se enfría el gas de gasógeno, preferiblemente a una temperatura de un máximo de 50 grados centígrados.

20 Con ayuda de este procedimiento y de un dispositivo correspondiente, que posibilita las fases del procedimiento, se puede generar de manera rentable y sencilla un gas de gasógeno pobre en alquitrán durante la gasificación de biomasa.

En algunos ejemplos de realización el valor calorífico del gas de gasógeno está comprendido entre 1,5 y 2 kWh/m³. El grado de eficiencia con gas frío del procedimiento puede superar el 70 por ciento.

25 Con este procedimiento se pueden gasificar todo tipo y tamaño de residuos biogénicos como biomasa. Se prescinde de la formación de un lecho fluidificado. No se originan aguas residuales contaminadas. La eliminación del alquitrán del gas de gasógeno también es rentable en instalaciones pequeñas, ya que no se requieren grandes costes de inversión en la eliminación del alquitrán y la explotación no conlleva trabajos de mantenimiento sustanciales.

30 El procedimiento según la invención funciona con una forma mixta de gasificación autotérmica y alotérmica. La temperatura de la zona de oxidación se ajusta en un ejemplo de realización en base a la cantidad de gas rico en oxígeno introducido. De este modo se puede adaptar la producción a la demanda, sin necesidad de condicionar la temperatura en la zona de gasificación. La temperatura en la zona de gasificación se ajusta por calentamiento indirecto con un equipo calefactor.

35 Se prefiere cuando la temperatura en la zona de oxidación es menor al punto de reblandecimiento de las cenizas o al punto de fusión de las cenizas del residuo rico en carbono. A este respecto es ventajoso que la temperatura en la zona de oxidación sea lo más cercana posible al punto de reblandecimiento de las cenizas o al punto de fusión de las cenizas.

40 Para el calentamiento indirecto de la zona de gasificación se necesita en un ejemplo de realización menos del 10 % del contenido energético de la biomasa introducida. En comparación con una gasificación meramente alotérmica, así se pueden emplear cuerpos calefactores más pequeños en la zona de gasificación.

45 El carbón activo y el gas de gasógeno caliente se enfrían en la zona de enfriamiento por enfriamiento indirecto. El gas de gasógeno enfriado, que también se puede denominar gas depurado, se puede introducir después de la zona de enfriamiento en una unidad de filtrado y/o separación de polvo, para reducir la acumulación de polvo del gas de gasógeno.

50 La zona de oxidación y la zona de gasificación pueden ir en un ejemplo de realización dispuestas en una misma cámara de reacción, especialmente en el caso de una cámara de reacción vertical. La zona de gasificación y la zona de enfriamiento pueden ir dispuestas bien en cámaras de reacción independientes o en una misma cámara de reacción.

55 Al menos una cámara de reacción puede disponerse verticalmente. De este modo se facilita un transporte más sencillo sin necesidad de costosos equipos transportadores. Alternativamente al menos una cámara de reacción se puede orientar inclinada horizontal o diagonalmente al plano vertical y horizontal.

60 La zona de gasificación se calienta en un ejemplo de realización preferido con el calor del quemador. Esto se puede dar especialmente mediante el calentamiento indirecto de una cámara de reacción que muestra la zona de gasificación o de la sección de la cámara de reacción en la que está disponible la zona de gasificación. Como combustible para el quemador se puede utilizar en un ejemplo de realización el carbón activo resultante tras el enfriamiento en la zona de enfriamiento. A este respecto puede resultar ventajoso expandir la superficie de carbón activo antes de introducirlo en el quemador, por ejemplo, moliendo o moliendo fino el carbón activo después de extraerlo de la zona de enfriamiento. Mediante una o varias de las medidas indicadas se puede aumentar la eficiencia del procedimiento o del dispositivo aún más.

65

Resulta aún más ventajoso utilizar un gas de escape originado durante la combustión en el quemador para precalentar el gas rico en oxígeno antes de introducirlo en la zona de oxidación. Adicional o alternativamente también se puede utilizar el gas de escape para secar la biomasa introducida en la zona de oxidación.

5 En una realización ventajosa se puede extraer una parte del carbón activo entre su salida de la zona de gasificación y su introducción en la zona de enfriamiento y utilizarla para la depuración fina del gas de gasógeno enfriado en la zona de enfriamiento. Para ello se puede utilizar un equipo de limpieza con tanques intercambiables para el carbón activo, como ya de por sí se conoce.

10 También es ventajoso si la gasificación se realiza a una presión más alta que la presión ambiente, por ejemplo, a una presión de la orden de aproximadamente 5 bar. El gas de gasógeno enfriado generado puede después utilizarse sin necesidad de recompresión en turbinas de gas o motores presurizados. Para lograr esto se puede presurizar al menos una cámara de reacción a una presión apropiada. Por ejemplo, se puede someter el gas rico en oxígeno (p. ej. aire) a presión en al menos una cámara de reacción a través de un compresor u otra unidad de compresión adecuada.

15 El dispositivo según la invención para la gasificación de biomasa presenta al menos una cámara de reacción o al menos un tanque de reacción para la zona de oxidación, la zona de gasificación y la zona de enfriamiento. La biomasa se introduce en la zona de oxidación por medio de un equipo de entrada. El gas rico en oxígeno es conducido hasta la zona de oxidación con ayuda de un equipo de entrada de gas. La producción del gas de gasógeno se adapta a la demanda en función de la cantidad del gas rico en oxígeno introducido y de la biomasa introducida. La temperatura en la zona de gasificación se ajusta de manera independiente a esta por medio de un equipo calefactor, especialmente un equipo calefactor indirecto. Un equipo enfriador enfría el gas de gasógeno caliente y el carbón activo provenientes de la zona de gasificación en la zona de enfriamiento.

20 En un ejemplo de realización el dispositivo tiene una única cámara de reacción común. El transporte del gas bruto y del residuo rico en carbono de la zona de oxidación a la zona de gasificación tiene lugar al menos con la ayuda del efecto de la fuerza de gravedad esencialmente en vertical. El gas de gasógeno caliente y el carbón activo pueden pasar de la zona de gasificación a la zona de enfriamiento del mismo, al menos con la ayuda del efecto de la fuerza de gravedad.

25 Alternativamente a esto también es posible disponer la zona de oxidación y la zona de gasificación en una primera cámara de reacción y la zona de enfriamiento en una segunda cámara de reacción. A fin de transportar las sustancias entre las cámaras de reacción y/o en el interior de las propias cámaras de reacción se pueden disponer medios de transporte adecuados, como tornillos transportadores sinfín o similares.

30 Configuraciones ventajosas del procedimiento o del dispositivo se desprenden de las reivindicaciones dependientes, de la descripción y de los dibujos. A continuación, se describen ejemplos de realización preferidos de la invención individualmente en base a los dibujos adjuntos. Muestran:

la figura 1, un diagrama de bloques de un ejemplo de realización del procedimiento según la invención o del dispositivo según la invención,

35 la figura 2, un ejemplo de realización del dispositivo con una cámara de reacción común para una zona de oxidación una zona de gasificación y una zona de enfriamiento y

40 la figura 3, una representación esquemática de otro ejemplo de realización del dispositivo, en el que una zona de oxidación y una zona de gasificación por un lado y una zona de enfriamiento por otro lado están dispuestas en cámaras de reacción independientes.

45 En la figura 1 se ejemplifica esquemáticamente un diagrama de bloques de un ejemplo de realización de la invención. El diagrama de bloques muestra un procedimiento 10 o un dispositivo 11 para la gasificación de una biomasa B. El procedimiento presenta esencialmente tres fases del procedimiento consecutivas 12, 13, 14. En una primera fase del procedimiento 12 la biomasa B se introduce junto con un gas rico en oxígeno en una zona de oxidación ZO. A modo de gas rico en oxígeno se utiliza en el ejemplo de realización aire L. La cantidad de aire L introducida se ajusta en función de la demanda de un gas de gasógeno a producir. Además, a través de la cantidad de aire L se puede ajustar una temperatura TO en la zona de oxidación ZO.

50 En esta primera fase del procedimiento se oxida la biomasa B en la zona de oxidación ZO subestochiométricamente. Así se origina un gas bruto R y un residuo rico en carbono RK. La temperatura TO en la zona de oxidación se ajusta por debajo, pero lo más cercana posible al punto de fusión de las cenizas o al punto de reblandecimiento de las cenizas del residuo rico en carbono RK. Así se evita que las cenizas del residuo rico en carbono se fundan o reblandezcan en la zona de oxidación ZO y se adhieran al área de la zona de oxidación ZO. Por otro lado, con una temperatura TO muy alta en la zona de oxidación ZO se consigue reducir el contenido en alquitrán en el gas bruto R.

El gas bruto R y el residuo rico en carbono RK se gasifican parcialmente a continuación en una segunda fase del procedimiento 13 en una zona de gasificación ZV. La zona de gasificación ZV se calienta indirectamente con ayuda de un equipo calefactor 15. El equipo calefactor 15 puede presentar en un ejemplo de realización preferido al menos un quemador 16.

5 La temperatura TV en la zona de gasificación ZV se puede ajustar a través del equipo calefactor 15 independientemente de la temperatura en la zona de oxidación ZO. La temperatura TV en la zona de gasificación ZV asciende en un ejemplo de realización a un mínimo de 800 °C y un máximo de 1000 °C. El residuo rico en carbono RK se gasifica parcialmente en la zona de gasificación ZV con componentes gaseosos del gas bruto R, de modo que
10 en el ejemplo de realización se gasifica hasta aproximadamente un 60 % del residuo rico en carbono RK. Los componentes gaseosos que se emplean para la gasificación del residuo rico en carbono RK son principalmente vapor de agua y dióxido de carbono.

15 En estas condiciones se genera en la zona de gasificación ZV un gas de gasógeno caliente PH que aún presenta un contenido en alquitrán indeseablemente alto, así como carbón activo AK. El gas de gasógeno caliente PH y el carbón activo AK se introducen en una zona de enfriamiento ZK.

20 En una tercera fase del procedimiento 14 el gas de gasógeno caliente PH y el carbón activo AK se enfrían indirectamente con ayuda de un equipo enfriador 17. La temperatura del gas de gasógeno caliente PH se reduce dentro de la zona de enfriamiento ZK a una temperatura de, por ejemplo, menos de 50 °C. Entonces se lleva a cabo en la zona de enfriamiento ZK un proceso de absorción en el que el alquitrán del gas de gasógeno se adhiere al carbón activo AK. El carbón activo AK se enriquece con el alquitrán del gas de gasógeno. Así, al final de la zona de enfriamiento ZK se origina un gas de gasógeno enfriado PA que también puede denominarse gas depurado PR. El gas depurado PR está completamente libre de alquitrán o solo contiene una parte despreciable de alquitrán. Se
25 puede utilizar para la producción de energía y sobre todo no requiere de ningún otro postratamiento costoso para la eliminación del alquitrán. El gas depurado PR en particular se puede emplear directamente en plantas de cogeneración.

30 Antes de introducir el carbón activo AK en la zona de enfriamiento ZK, una parte MAK del carbón activo AK se puede ramificar o extraer, lo que en la figura 1 se ejemplifica por medio de una flecha de trazo discontinuo. Esta parte MAK se puede introducir para la depuración fina del gas depurado PR en una disposición de tanques de depuración a fin de reducir aún más el contenido en alquitrán residual. Dichas disposiciones de tanques de depuración para la depuración de gas son ya de por sí conocidas, de modo que se puede prescindir de dar una descripción detallada. La parte MAK de carbón activo AK extraída puede, por ejemplo, ascender a aproximadamente el 10 % de la
35 cantidad total de carbón activo.

40 Tal y como se ejemplifica con trazo discontinuo en la figura 1, el gas de gasógeno enfriado PA o el gas depurado PR se pueden limpiar de polvo en una unidad de separación de polvo 18 adecuada, por ejemplo, mediante filtros, equipos electrostáticos, ciclones o similares.

45 El carbón activo AK se puede extraer de la zona de enfriamiento ZK y con ayuda de un equipo de molienda 19 ser molido o molido fino. El carbón activo molido, que en adelante se denominará polvo de carbón SK, se puede emplear a modo de portador de energía para la combustión. Por ejemplo, se puede introducir el polvo de carbón SK o al menos una parte del mismo en el quemador 16 del equipo calefactor 15 para el calentamiento indirecto de la zona de gasificación ZV.

50 En la figura 1 se ejemplifican además dos posibilidades para la utilización de un gas de escape G del al menos un quemador 16 del equipo calefactor 15. El gas de escape G puede por un lado utilizarse en un equipo de secado 20 para el secado de la biomasa B antes de su introducción en la zona de oxidación ZO. Alternativa o adicionalmente el gas de escape G se puede emplear en un equipo de precalentamiento 21 para precalentar el aire L o el gas rico en oxígeno antes de su introducción en la zona de oxidación ZO.

55 El procedimiento es una forma mixta de gasificación autotérmica y alotérmica. Para el calentamiento indirecto de la zona de gasificación ZV en la segunda fase del procedimiento 13 se necesita a modo de ejemplo como máximo el 10 % del contenido energético de la biomasa. El gas depurado PR tiene un valor calorífico de entre 1,5 y 2 kWh/m³. Se pueden alcanzar grados de eficiencia en frío de más del 70 %. La eliminación del alquitrán del gas de gasógeno mediante la absorción en la tercera fase del procedimiento 14 es extremadamente rentable y no supone grandes costes de inversión, ni trabajos de mantenimiento sustanciales.

60 En la figura 2 se ejemplifica esquemáticamente en una vista lateral parcialmente seccionada un ejemplo de realización de un dispositivo 11 para la gasificación de biomasa B. El dispositivo 11 presenta esencialmente un tanque de reacción cilíndrico dispuesto en vertical 22, que delimita una cámara de reacción común 23. En una sección de la cámara de reacción 23 o del tanque de reacción 22 figura la zona de oxidación ZO y en una sección adyacente a esta, la zona de gasificación ZV. En otra sección de la cámara de reacción 23 o del tanque de reacción
65 22 figura la zona de enfriamiento ZK.

Por el extremo superior vertical se introduce en el tanque de reacción 22 la biomasa B desde el silo 24 o un almacén intermedio con la ayuda de un equipo de entrada 25. A modo de equipo de entrada 25 sirve por ejemplo un transportador sinfín motorizado. En la sección superior vertical del tanque de reacción 22 hay dispuesto además un equipo de entrada de gas 26 para la introducción del gas rico en oxígeno o del aire L en la zona de oxidación ZO. El

5 aire L es dirigido por medio de un conducto 26a del equipo de entrada de gas 26 directamente hasta la zona de oxidación ZO.

La zona de oxidación ZO en el ejemplo de realización representado en la figura 2 del dispositivo 11 está formada por una sección vertical del tanque de reacción 22. En esta sección vertical el tanque de reacción 22 en el ejemplo de

10 realización está equipado con un aislamiento térmico 27 en la pared del tanque de reacción 22. La temperatura TO en la zona de oxidación ZO debe ser por un lado tan alta como sea posible para reducir el contenido en alquitrán del gas bruto R y, por otro, mantenerse por debajo del punto de fusión de las cenizas del residuo rico en carbono RK para evitar que se adhiera. La temperatura TO en la zona de oxidación ZO se registra por medio de un primer sensor de temperatura 28a y se comunica a un equipo de control de procesos que no aparece representado.

La zona de gasificación ZV en el ejemplo de realización representado en la figura 2 está formada inmediatamente después de la zona de oxidación ZO por otra sección vertical de la cámara de reacción 23 o del tanque de reacción

20 22. En el ejemplo de realización la zona de gasificación ZV está envuelta por una capa aislante 29. La capa aislante 29 puede también envolver al menos una parte de la zona de oxidación ZO. Entre la capa aislante 29 y la pared exterior del tanque de reacción 22 se forma una cámara de calentamiento 30. La cámara de calentamiento 30 en el ejemplo de realización está llena de gas de escape, que se calienta por medio del quemador 16 del equipo calefactor 15. Un segundo sensor de temperatura 28b registra la temperatura en la cámara de calentamiento 30, que es a su vez característica para la temperatura TV en la zona de gasificación ZV.

El dispositivo 11 se puede llevar a un estado de reposo, en el que no se introduce ninguna biomasa y no se genera ningún gas de gasógeno. El calor del quemador 16 calienta tanto la zona de gasificación ZV, como la zona de oxidación ZO. El aislamiento 27 permite conservar la temperatura en la zona de oxidación ZO y también en los muy escasos conductos de combustión del quemador 16 durante el estado de reposo. De este modo se facilita un

25 reorganizar rápido para salir del modo de reposo.

De la cámara de calentamiento 30 sale un canal de salida 31 hacia fuera y desemboca en un separador de cenizas 32. Allí se separan y reconducen por separado las cenizas A de la combustión del gas de escape G de la combustión. Como ya se ha mencionado, el gas de escape G se puede utilizar por ejemplo para secar la biomasa B y/o precalentar el aire L.

30

Una sección del tanque de reacción 22 dispuesta verticalmente debajo de la zona de gasificación ZV está equipada con el equipo enfriador 17. El equipo enfriador 17 sirve para el enfriamiento indirecto de la zona de enfriamiento ZK disponible en el interior del tanque de reacción 22. Para ello la pared exterior del tanque de reacción 22 está envuelta en una capa refrigerante 33, de tal manera que entre el tanque de reacción 22 y la capa refrigerante 33 se

35 forma una cámara de enfriamiento 34. A través de la cámara de enfriamiento 34 fluye un refrigerante C, por ejemplo agua y/o aire, con el que la sección del tanque de reacción 22 que queda en el interior de la capa refrigerante 33 y que conforma la zona de enfriamiento ZK se enfría de forma indirecta.

Verticalmente por debajo de la zona de enfriamiento ZK se encuentra una salida de gas de gasógeno 35, que en el ejemplo de realización transcurre lateralmente y en esencial radialmente al eje del tanque reacción 22. Además, hay disponible en el extremo inferior del tanque de reacción 22 una salida de sólidos 36, que conduce hasta un equipo de extracción 37 -siendo en el ejemplo de realización un transportador sinfín motorizado-. El carbón activo enfriado, enriquecido con alquitrán se extrae a través del equipo de extracción 37 del tanque de reacción 22 y se introduce por ejemplo mediante un almacén intermedio 38 en el equipo de molienda 19. El equipo de molienda 19 muele el carbón

40 activo hasta convertirlo en polvo de carbón SK. Este se introduce por ejemplo con ayuda de un fluido transportador F en el quemador 16 del equipo calefactor 15 a modo de combustible. Como fluido transportador se puede utilizar aire o gas inerte, por ejemplo, el gas de escape G, o una mezcla derivada. Adicionalmente al polvo de carbón SK el quemador 16 cuenta con una conexión para la introducción de aire L u otro gas rico en oxígeno.

Por medio de la disposición vertical del tanque de reacción 22 tiene lugar el transporte de sólidos entre las zonas ZO, ZV, ZK mediante el efecto de la fuerza de gravedad del material. Así se transporta el residuo rico en carbono RK desde la zona de oxidación ZO por el efecto de la fuerza de gravedad a la zona de gasificación ZV. Del mismo modo se desplaza el carbón activo AK desde la zona de gasificación ZV por el efecto de la fuerza de gravedad hasta la zona de enfriamiento ZK. El tiempo de retención de los sólidos en las diferentes zonas se puede ajustar especialmente en función de la cantidad transportada por el equipo de extracción 37, que saca el carbón activo AK enriquecido de la zona de enfriamiento ZK o de una sección del tanque de reacción 22 adyacente a la misma. El transporte del gas se consigue, por un lado, introduciendo aire L en el extremo superior vertical y presionando con él en la cámara de reacción 23 los gases disponibles hacia abajo en sentido vertical. Adicional o alternativamente se puede conectar en la salida de gas de gasógeno 35 un equipo aspirador, para provocar o potenciar el transporte de

50 55 60 65 gas dentro de la cámara de reacción 23.

Otro ejemplo de realización del dispositivo 11 aparece ejemplificado en la figura 3. La diferencia esencial respecto al ejemplo de realización según la figura 2 reside en que la zona de enfriamiento ZK está dispuesta en una cámara de reacción independiente separada de la cámara de reacción que presentan la zona de oxidación ZO y la zona de gasificación ZV. Además, las cámaras de reacción en el ejemplo de realización ejemplificado en la figura 3 están dispuestas esencialmente en horizontal.

En la figura 3 se ejemplifica además un ejemplo de realización de un equipo de secado 20. La biomasa B se transporta desde el silo 24 a través de una primera fase 25a del equipo de entrada 25 hasta una cámara de secado 43. En la cámara de secado 43 la biomasa B se transporta más allá a través de una segunda fase 25b del equipo de entrada 25. La cámara de secado 43 está dispuesta en un tanque de secado 44 cilíndrico dispuesto horizontalmente. El extremo del tanque de secado 44 o de la cámara de secado 43 dispuesto en la dirección de transporte de la biomasa B va unido a través de un canal de unión esencialmente vertical 45 con un primer tanque de reacción 22a, en el que se forma una primera cámara de reacción 23a. El primer tanque de reacción 22a contiene la zona de oxidación ZO así como la zona de gasificación ZV. La zona de oxidación ZO se encuentra en una sección axial del primer tanque de reacción 22a, en la que se introduce la biomasa B seca, por ejemplo, en una sección axial, en la que desemboca el primer canal de unión 45. Después de la zona de oxidación ZO el primer tanque de reacción 22a está envuelto por la capa aislante 29 del equipo calefactor 15, de modo que se forma la cámara de calentamiento 30, en la que el al menos un quemador 16 del equipo calefactor 15 genera un gas caliente, para insuflar calor a la zona de gasificación ZV. Un canal de gas de escape sale fuera de la cámara 30 por la zona superior vertical, para redirigir el gas de escape G a una cámara anular 46 alrededor del tanque de secado 44 y allí transferir calor para el secado de la biomasa B indirectamente a la biomasa B.

En una zona inferior vertical se extrae la ceniza A de la combustión de la cámara 30.

En la zona del primer canal de unión 45 y en el ejemplo de realización en un extremo axial del primer tanque de reacción 22a se conduce aire L a la zona de oxidación ZO a través del equipo de entrada de gas 26. La zona de oxidación ZO está disponible en una sección final axial del primer tanque de reacción 22a, en el que desembocan el primer canal de unión 45 para la entrada de la biomasa B y el conducto 26a del equipo de entrada de gas 26 para la entrada de aire L en la zona de oxidación ZO.

El calor del quemador 16 calienta también en este ejemplo de realización tanto la zona de gasificación ZV, como la zona de oxidación ZO, de manera que se facilita un rearranque rápido para salir del modo de reposo.

En el interior de la primera cámara de reacción 23a en el primer tanque de reacción 22a hay disponible un primer equipo transportador 47, que está formado a modo de ejemplo por un transportador sinfín propulsado a motor. El primer equipo transportador 47 sirve para transportar el residuo rico en carbono RK junto con el gas bruto R desde la zona de oxidación ZO hasta la zona de gasificación ZV adyacente en el mismo primer tanque de reacción 22a. Además, se transporta el carbón activo AK allí generado, así como el gas de gasógeno caliente PH desde la zona de gasificación ZV y se traslada a un extremo axial del primer tanque de reacción 22a opuesto a la zona de oxidación ZO en un segundo canal de unión 48.

El segundo canal de unión 48 desemboca en un segundo tanque de reacción 22b, en el que hay disponible una segunda cámara de reacción 23b. Al menos una sección de esta segunda cámara de reacción 23b se enfría por medio del equipo de enfriamiento 17 para crear la zona de enfriamiento ZK. El equipo de enfriamiento 17 se ha realizado de acuerdo con el ejemplo de realización según la figura 2, de modo que se puede remitir a la descripción anterior.

En el segundo tanque de reacción 22b hay disponible un segundo equipo transportador 49 -a modo de ejemplo en forma de un transportador sinfín motorizado- por medio del cual el carbón activo AK o el gas de gasógeno caliente PH es transportado en o a través de la zona de enfriamiento KZ. En el extremo del segundo tanque de reacción 22b dispuesto en la dirección de transporte del segundo equipo transportador 49 van dispuestas la salida de sólidos 36 así como la salida de gas de gasógeno 35. La salida de sólidos 36 está formada a modo de ejemplo por un canal colocado esencialmente en vertical y conduce a través del equipo de extracción 37 hasta el almacén intermedio 38 y el equipo de molienda 19, como en el ejemplo de realización del dispositivo 11 según la figura 2. También se puede transportar el carbón activo AK molido en el equipo de molienda 19, es decir el polvo de carbón SK, a través del líquido transportador F hasta el quemador 16. En la salida de gas de gasógeno 35 se puede conectar como en el ejemplo de realización anterior un equipo aspirador.

El tanque de secado 44, el primer tanque de reacción 22a y el segundo tanque de reacción 22b están aquí dispuestos a modo de tanques cilíndricos paralelos entre sí y/o esencialmente horizontales. A fin de dar soporte al equipo de entrada 25, el primer equipo transportador 47 o el segundo equipo transportador 49 también pueden disponer los tanques 44, 22a, 22b en la dirección de transporte o de arrastre correspondiente de forma inclinada. El equipo calefactor 15 y/o el equipo de enfriamiento 17 están realizados de forma similar al ejemplo anterior, de modo que solo se requieren o son ventajosas pequeñas adaptaciones debidas esencialmente a la disposición horizontal. Los sensores de temperatura 28a, 28b no se ejemplifican de manera explícita en la figura 3, si bien están igualmente disponibles de forma similar al ejemplo de realización según la figura 2.

El desarrollo del procedimiento es tanto para el dispositivo 11 según la figura 2 como para el ejemplo de realización del dispositivo 11 según la figura 3 idéntico y equivalente al procedimiento de tres fases que se menciona en la figura 1.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento 10 para la gasificación de biomasa B, así como un dispositivo 11 dirigido a ello. El procedimiento tiene lugar en tres fases del procedimiento 12, 13, 14. En una primera fase del procedimiento 12 se genera en una zona de oxidación ZO un residuo biogénico (biomasa) y un gas rico en oxígeno, por ejemplo, aire L oxidado subestochiometricamente y un gas bruto R, así como un residuo rico en carbono RK similar al coque. El gas bruto R y el residuo rico en carbono RK se gasifican parcialmente en una segunda fase del procedimiento 13 en una zona de gasificación ZV. La zona de gasificación ZV se calienta indirectamente. Así se origina carbón activo AK, así como un gas de gasógeno caliente PH. Estas sustancias se enfrían en una tercera fase 14 en una zona de enfriamiento ZK a un máximo de 50 °C. Entonces tiene lugar un proceso de absorción. El alquitrán del gas de gasógeno caliente PH se adhiere durante el enfriamiento al carbón activo AK. De este modo se obtiene al final de la tercera fase del procedimiento 14 un gas depurado PR, que esencialmente está libre de alquitrán. El carbón activo AK enriquecido se puede quemar al menos parcialmente para calentar la zona de gasificación ZV.

Lista de referencias:

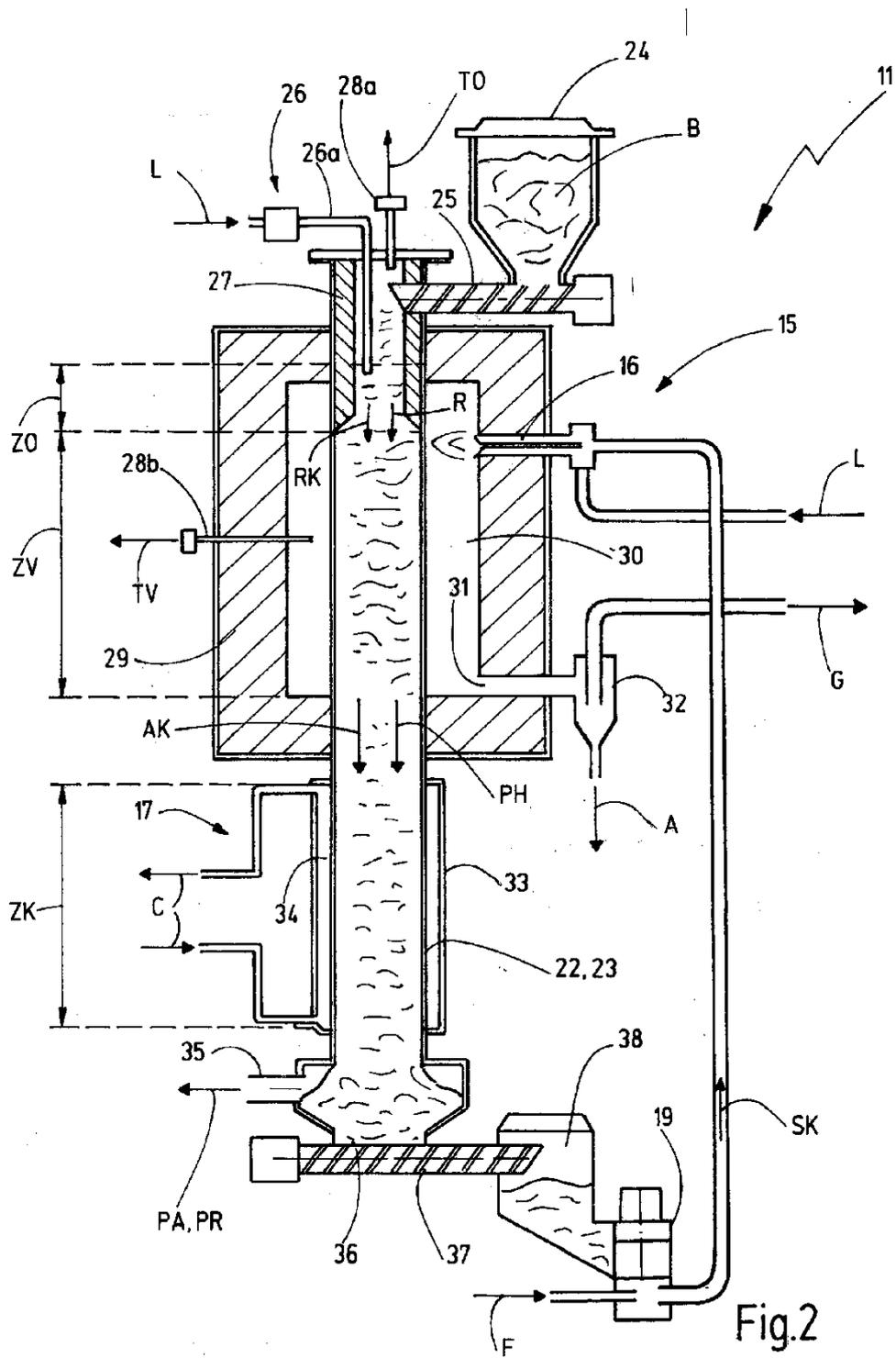
20	10	procedimiento
	11	dispositivo
	12	primera fase del procedimiento
	13	segunda fase del procedimiento
	14	tercera fase del procedimiento
	15	equipo calefactor
	16	quemador
	17	equipo de enfriamiento
	18	unidad de separación de polvo
	19	equipo de molienda
	20	equipo de secado
	21	equipo de precalentamiento
	22	tanque de reacción
	22a	primer tanque de reacción
	22b	segundo tanque de reacción
	23	cámara de reacción
	23a	primera cámara de reacción
	23b	segunda cámara de reacción
	24	silo
	25	equipo de entrada
	25a	primera fase del equipo de entrada
	25b	segunda fase del equipo de entrada
	26	equipo de entrada de gas
	26a	conducto
	27	aislamiento
	28a	primer sensor de temperatura
	28b	segundo sensor de temperatura
	29	capa aislante
	30	cámara de calentamiento

31	canal de salida
32	separador de cenizas
33	capa refrigerante
34	cámara de enfriamiento
35	salida de gas de gasógeno
36	salida de sólidos
37	equipo de extracción
38	almacén intermedio
43	cámara de secado
44	tanque de secado
45	primer canal de unión
46	cámara anular
47	primer equipo transportador
48	segundo canal de unión
49	segundo equipo transportador
A	ceniza
AK	carbón activo
B	biomasa
C	refrigerante
F	fluido transportador G Gas de escape
L	aire
MAK	parte del carbón activo
PA	gas de gasógeno enfriado
PH	gas de gasógeno caliente
PR	gas depurado
R	gas bruto
RK	residuo rico en carbono
TO	temperatura en la zona de oxidación
TV	temperatura en la zona de gasificación
ZK	zona de enfriamiento
ZO	zona de oxidación
ZV	zona de gasificación

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la gasificación de biomasa (B), en el que la biomasa (B) en una primera fase del procedimiento (12) en una zona de oxidación (ZO) se oxida substoquiométricamente mediante la entrada de un gas rico en oxígeno (L), con lo cual se origina un gas bruto (R) y un residuo rico en carbono (RK), en el que el residuo rico en carbono (RK) se gasifica parcialmente con componentes gaseosos del gas bruto (R) en una segunda fase del procedimiento (13) en una zona de gasificación (ZV), con lo que se origina carbón activo (AK) y un gas de gasógeno caliente (PH), caracterizado porque el carbón activo (AK) y el gas de gasógeno caliente (PH) se enfrían en una tercera fase del procedimiento (14) en una zona de enfriamiento (ZK), de modo que tiene lugar un proceso de absorción, en el que el carbón activo (AK) se enriquece con el alquitrán del gas de gasógeno caliente (PH).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque una temperatura (TO) en la zona de oxidación (ZO) se ajusta en función de la cantidad del gas rico en oxígeno (L) introducido.
3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque una temperatura (TO) en la zona de oxidación (ZO) es inferior al punto de fusión de las cenizas o al punto de reblandecimiento de las cenizas del residuo rico en carbono (RK).
4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el gas bruto (R) y el residuo rico en carbono (RK) se calientan en la zona de gasificación (ZV) por calentamiento indirecto y/o porque el carbón activo (AK) y el gas de gasógeno caliente (PH) se enfrían en la zona de enfriamiento (ZK) por enfriamiento indirecto.
5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una temperatura (TV) en la zona de gasificación (ZV) alcanza un mínimo de 800 °C y un máximo de 1000 °C.
6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el carbón activo (AK) y el gas de gasógeno caliente (PH) se enfrían en la zona de enfriamiento (ZK) a una temperatura máxima de 50 °C.
7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la zona de oxidación (ZO) y la zona de gasificación (ZV) están disponibles en una cámara de reacción común (23).
8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la zona de gasificación (ZV) se calienta por medio del calor de un quemador (16), en el que el carbón activo (AK) después de salir de la zona de enfriamiento (ZK) se introduce en el quemador (16) para la combustión.
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque un gas de escape (G) generado por la combustión en el quemador se utiliza para precalentar el gas rico en oxígeno (L) y/o para secar la biomasa (B).
10. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el carbón activo (AK) después de salir de la zona de enfriamiento (ZK) se muele o muele fino.
11. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una parte (MAK) del carbón activo (AK) es extraída después de salir de la zona de gasificación (ZV) y antes de entrar en la zona de enfriamiento (ZK) y se emplea para la depuración fina del gas de gasógeno enfriado (PA) en la zona de enfriamiento (ZK).
12. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la gasificación se realiza a una presión más alta que la presión ambiente.
13. Dispositivo para la gasificación de biomasa (B), con:
- al menos una cámara de reacción (23), dirigida a formar una zona de oxidación (ZO) y una zona de gasificación (ZV) de tal forma que la zona de oxidación (ZO) y la zona de gasificación (ZV) estén disponibles en una cámara de reacción común (23) o cada una en una cámara de reacción independiente,
- un equipo de entrada (25), dirigido a introducir la biomasa (B) en la zona de oxidación (ZO),
- un equipo de entrada de gas, dirigido a introducir en la zona de oxidación (ZO) un gas rico en oxígeno (L) en determinada cantidad, de manera que la biomasa (B) disponible en la zona de oxidación (ZO) se oxide substoquiométricamente, con lo que se origina un gas bruto (R) y un residuo rico en carbono (RK),
- un medio de transporte, dirigido a transportar el gas bruto (R) y el residuo rico en carbono (RK) por medio de un equipo transportador y/o por medio del efecto de la fuerza de gravedad existente desde la zona de oxidación (ZO) hasta la zona de gasificación (ZV),

- 5 un equipo calefactor (15), dirigido a ajustar la temperatura en la zona de gasificación (ZV) de tal manera que el residuo rico en carbono (RK) se gasifique parcialmente con componentes gaseosos del gas bruto (R), con lo que se origina carbón activo (AK) y un gas de gasógeno caliente (PH),
- 10 un medio de transporte, dirigido a transportar el carbón activo (AK) y el gas de gasógeno caliente (PH) por medio de un equipo transportador y/o por medio del efecto de la fuerza de gravedad existente desde la zona de gasificación (ZV) hasta una zona de enfriamiento (ZK), y
- 10 un equipo de enfriamiento (17) para el gas de gasógeno caliente (PH);
- 15 caracterizado porque el equipo de enfriamiento (17) va dirigido a enfriar el carbón activo (AK) y el gas de gasógeno caliente (PH) en la zona de enfriamiento (ZK) de tal manera que tiene lugar un proceso de absorción, en el que el carbón activo (AK) se enriquece con el alquitrán del gas de gasógeno caliente (PH).
- 15 14. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado porque la zona de oxidación (ZO) y la zona de gasificación (ZV) están dispuestas en una cámara de reacción común (23) orientada horizontal o verticalmente.
- 20 15. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 13 o 14, caracterizado porque la zona de gasificación (ZV) y la zona de enfriamiento (ZK) están dispuestas en cámaras de reacción independientes (23a, 23b).



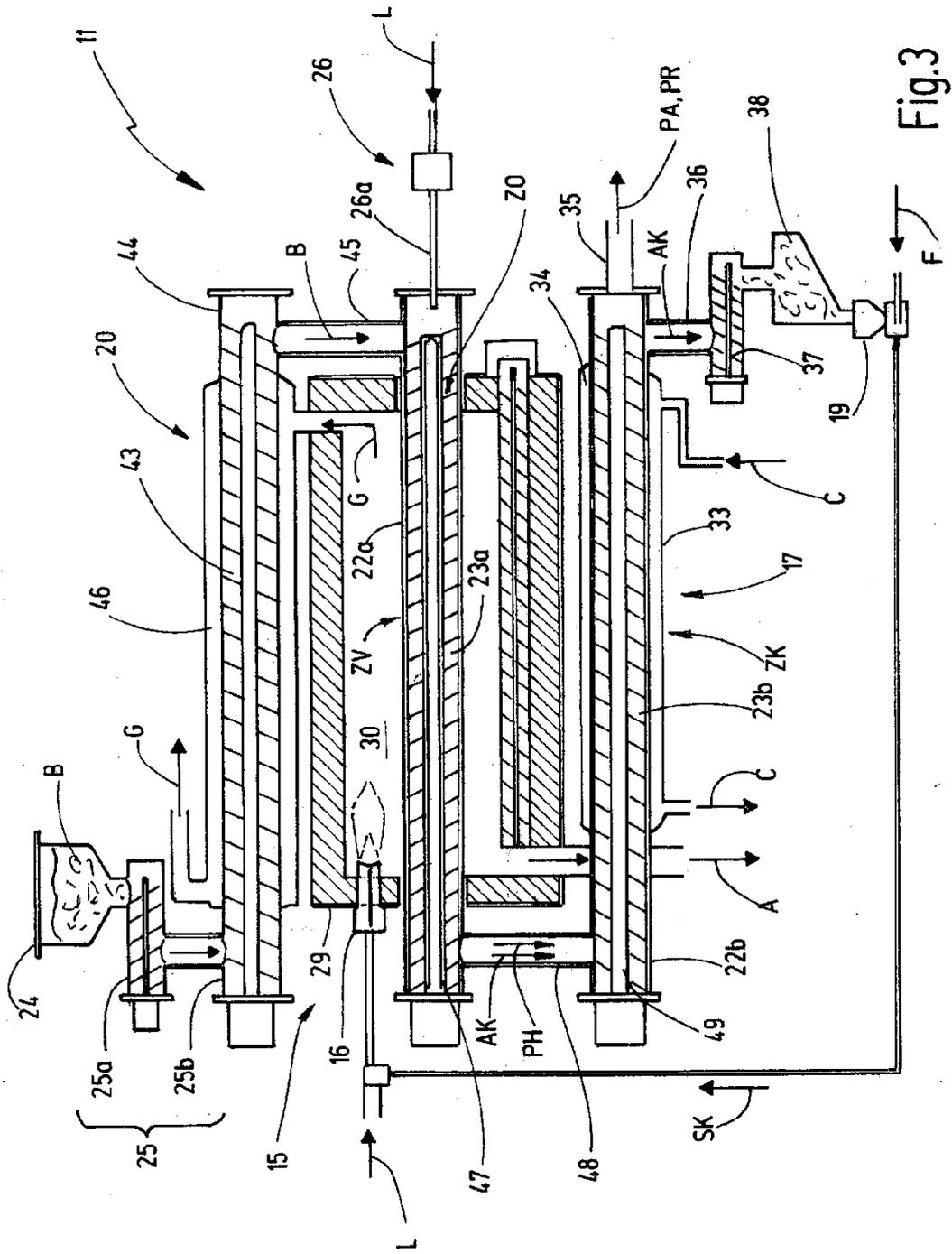


Fig.3