

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 408**

51 Int. Cl.:

C10J 3/22 (2006.01)

C10J 3/64 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07010863 .4**

96 Fecha de presentación: **01.06.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1865046**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.12.2007**

54

Título: **Procedimiento y dispositivo para la producción de gas combustible a partir de un combustible sólido**

30

Prioridad:

08.06.2006 DE 202006009174 U

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:

21.12.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:

21.12.2012

73

Titular/es:

**BIG DUTCHMAN INTERNATIONAL GMBH
(100.0%)**

**AUF DER LAGE 2
49377 VECHTA, DE**

72

Inventor/es:

**KUNTZE, BJÖRN y
MERZ, BRUNO**

74

Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 393 408 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 producción de gas combustible a partir de un combustible sólido

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la producción de gas combustible a partir de un combustible sólido en un gasificador de depósito configurado como gasificador de lecho fijo.

10 Estado de la técnica

Para la producción de gas combustible a partir de un combustible sólido se conocen procedimientos de gasificación multietapas, con los que se debe solucionar el problema del contenido de alquitrán (documentos DE19846805A1 y DE4404673C2). En estos procedimientos se produce en una etapa de pirólisis un gas combustible que tiene un alto contenido de alquitrán. En una etapa de oxidación subsiguiente tiene lugar el craqueo térmico y/o la oxidación del contenido de alquitrán junto con el gas combustible mediante una oxidación a alta temperatura, siendo esta temperatura claramente superior a 1000°C. Por lo general, la etapa de oxidación funciona con aire u oxígeno. En este caso se obtienen temperaturas por encima del punto de fusión de las cenizas del combustible usado. El proceso se desarrolla en general de forma subestequiométrica. El gas de escape procedente de la etapa de oxidación se somete a continuación a una reacción de reducción con el coque producido en el procedimiento interno (por ejemplo, carbón vegetal), reaccionando los productos de combustión (CO₂ y H₂O) con el coque para formar los componentes combustibles del gas CO y H₂. Aquí se consume una gran parte de la energía térmica contenida en el gas de escape. El gas combustible producido está destinado al uso en motores de combustión interna y turbinas de gas.

El documento DE1037051 describe un procedimiento y un dispositivo para la gasificación de combustibles sólidos. La gasificación del combustible, conducido hacia abajo en la columna de material cerrada a través del gasificador, se lleva a cabo en dos zonas superpuestas. El documento GB1491645 describe un dispositivo y un procedimiento para la coquización de fragmentos de esquisto.

El documento DE10258640 describe un dispositivo y un procedimiento para la gasificación de combustibles. La gasificación se lleva a cabo en una primera etapa en un lecho fijo. La segunda etapa es la combustión del gas de alquitrán en una cámara de oxidación por separado.

No obstante, si al igual que en los procedimientos conocidos, la corriente de gas procedente de la etapa de pirólisis se conduce a través de la etapa de oxidación y se usa aire u oxígeno como agente oxidante, se necesitan temperaturas muy altas (>1300°C) para destruir los componentes de alquitrán. Dado que el proceso se desarrolla claramente de forma subestequiométrica, la destrucción se basa más bien en una separación térmica que en una oxidación. Debido a la alta carga de polvo de los gases de pirólisis, dentro de la etapa de oxidación se originan a la vez dificultades técnicas de procedimiento en relación con la manipulación de la escoria líquida que se va formando y que se transporta parcialmente también con la corriente de gas, llegando a la zona de reducción y endureciéndose aquí. La etapa de reducción siguiente tendrá que estar diseñada también desde el punto de vista constructivo para el alto nivel de temperatura de la corriente de gas entrante.

Para calentar todo el gas procedente de la etapa de pirólisis es necesario adicionar a la vez una cantidad correspondientemente grande de aire de combustión (u oxígeno). Esto provoca una gran demanda de carbono de reducción que se produce específicamente, por lo general, en el procedimiento interno, pero que se ha de transportar también a la etapa de reducción, en la que se ha de poner a disposición el espacio de reacción requerido. El coque de reducción se puede transportar tanto en la corriente de gas, según el procedimiento conocido por el documento DE19846805A1, como separado de la corriente de gas en dispositivos de transporte previstos para esto, según da a conocer el documento DE4404673C2. El transporte en dispositivos de transporte externos es costoso desde el punto de vista técnico y origina pérdidas de calor. El coque no puede ser grueso y, dado el caso, tiene que ser tratado previamente de forma mecánica. Este proceso se dificulta considerablemente por el contenido de cuerpos extraños minerales o metálicos en el coque. Una realización de lecho fijo en la etapa de reducción es adecuada sólo en determinadas condiciones debido a la trituración necesaria del coque, mientras que una etapa de reducción de lecho fluidizado requiere un gasto mayor.

El transporte cíclico a través de la etapa de oxidación representa otra vía para llevar el coque de reducción de la etapa de pirólisis a la etapa de reducción, como da a conocer el documento DE19846805A1. Este procedimiento puede provocar inestabilidades en el funcionamiento de la etapa de oxidación como resultado de las fluctuaciones de temperatura que se originan aquí brevemente.

El gas bruto producido en gasificadores presenta un contenido de polvo más o menos grande. La carga depende

aquí esencialmente de la construcción del gasificador, los materiales usados y el modo de funcionamiento. Los gasificadores de lecho fijo presentan a menudo cargas de polvo en gas bruto de 2-8 g/Nm³. Las cargas de polvo en gas bruto de gasificadores de lecho fluidizado son superiores a éstas.

- 5 Debido a la alta carga de polvo, se ha de eliminar el polvo de los gases brutos de gasificación para el uso ulterior. Los valores límites para la carga de polvo en gas depurado dependen aquí de los requisitos de los dispositivos de utilización de gas. En la práctica se necesitan como máximo 50 mg/Nm³ de carga de polvo en gas depurado, por ejemplo, para aplicaciones en máquinas térmicas. Los valores límites para esta aplicación son de 5 mg/Nm³.
- 10 Para eliminar el polvo del gas bruto se dispone de procedimientos conocidos en general, por ejemplo, ciclón, filtros electroestáticos, filtros textiles, filtración por gas caliente, lavadores, entre otros. Los valores límites de 5 mg/Nm³, que se mencionan arriba, se pueden conseguir, por ejemplo, con filtros textiles o filtros de gas caliente. Cuando se usan filtros textiles, el gas bruto cargado de polvo se ha de enfriar previamente primero hasta el intervalo típico de temperatura de utilización de los materiales filtrantes de 80-250°C. El contenido de polvo representa aquí un
- 15 obstáculo desde el punto de vista del procedimiento técnico.

Por el contrario, el uso de la filtración por gas caliente es especialmente ventajoso, porque en este caso se pueden usar elementos filtrantes comerciales, por ejemplo, bujías filtrantes de fibra de vidrio, metal sinterizado o cerámica, sin el enfriamiento intermedio en el intervalo de temperatura típico del gas bruto de 400-800°C. Estos elementos se

- 20 encuentran dispuestos en aparatos de filtración autónomos correspondientes. Además de necesitarse un aparato de filtración autónomo con una configuración correspondiente para el intervalo de temperatura de utilización, se ha de solucionar también el problema de la extracción de las cenizas de filtrado separadas en el filtro. En particular las altas temperaturas de funcionamiento y otros requisitos necesarios para la protección contra explosión dan lugar aquí a realizaciones muy costosas.
- 25

Resumen de la invención

- El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la producción simple y económica de gas combustible con bajo contenido de alquitrán y sin contenido de polvo mediante la
- 30 gasificación multietapa de combustibles sólidos. El procedimiento es estable desde el punto de vista del proceso técnico y presenta parámetros de funcionamiento mejorados. El gas combustible producido está destinado al uso en máquinas térmicas.

- La presente invención tiene también el objetivo de proporcionar medidas para eliminar el polvo del gas bruto en una
- 35 instalación de gasificación y esto se lleva a cabo de modo que no se necesita una carcasa de filtro autónoma ni un sistema de extracción autónomo de las cenizas de filtrado debido a la integración de la filtración por gas caliente en el gasificador.

- La invención, según las características de las reivindicaciones, prevé un procedimiento para la producción de gas
- 40 combustible a partir de un combustible sólido que comprende las siguientes etapas: alimentar de combustible un gasificador de depósito que está configurado como reactor descendente de lecho fijo; desgasificar el combustible en una zona de desgasificación del gasificador de depósito mediante gasificación parcial autotérmica con suministro de aire desde el exterior; alimentar de gas de pirólisis, obtenido de este modo, de la zona de desgasificación una etapa de oxidación que está situada dentro del depósito y separada de la zona de desgasificación y en la que se oxida
- 45 parcialmente y se craquea térmicamente el gas bruto con adición de un agente oxidante; y reducir el gas de escape procedente de la etapa de oxidación para formar un gas combustible en una zona de reducción, situada a continuación de la etapa de oxidación, mediante el coque producido en la zona de desgasificación con absorción de calor, alimentándose directamente el coque de reducción desde la zona de desgasificación hasta la zona de reducción, sin pasar por la etapa de oxidación.

- 50 Otra característica del procedimiento, según la invención, consiste en que el gas producido se filtra antes de salir del depósito. La filtración se lleva a cabo mediante bujías filtrantes que están dispuestas delante del orificio de salida y que se someten a una limpieza por golpe de presión en función del tiempo o con control de presión diferencial.

- 55 El procedimiento, según la invención, tiene la ventaja de que la etapa de oxidación se somete a un gas de pirólisis con bajo contenido de polvo y puede funcionar con una temperatura de oxidación comparativamente baja y permite también, por tanto, una temperatura baja de entrada de gas en la etapa de reducción, así como necesita una pequeña cantidad de coque de reducción y posibilita un transporte fácil del coque de reducción, no triturado, desde la zona de desgasificación hasta la zona de reducción. La filtración del gas bruto, integrada en la producción de gas,
- 60 aumenta la posibilidad de obtener un gas depurado sin contenido de polvo.

La invención se refiere también a un dispositivo para la producción de gas combustible a partir de un combustible sólido en un gasificador de depósito que está configurado como reactor descendente de lecho fijo. Según las

características de las reivindicaciones, el dispositivo comprende una cámara de oxidación central que está dispuesta en el reactor de lecho fijo y separada de la zona de desgasificación y a la que se alimenta el gas de pirólisis producido en la zona de desgasificación. La cámara de oxidación está conectada a un tubo de alimentación de agente oxidante, a través del que se alimenta a la cámara de oxidación un agente oxidante, cuyo efecto provoca una oxidación parcial y un craqueo térmico del gas de pirólisis. Debajo de la cámara de oxidación está dispuesta una zona de reducción que aloja el gas de escape procedente de la cámara de oxidación y a la que se alimenta directamente, sin pasar por la cámara de oxidación, el coque de reducción de la zona de desgasificación que se obtiene durante la producción de gas de pirólisis. En la zona de reducción se lleva a cabo una reducción del gas de escape procedente de la cámara de oxidación para formar un gas combustible mediante el coque de reducción alimentado con absorción de calor.

En el gasificador de depósito está integrada una disposición de filtro situada dentro del depósito, delante de un orificio de salida de gas. La disposición de filtro comprende bujías filtrantes que están dispuestas esencialmente en horizontal o en vertical delante del orificio de salida de gas y que se someten a una limpieza por golpe de presión en función del tiempo o con control de presión diferencial mediante toberas de chorros pulsantes.

Descripción de los dibujos

A continuación se explican detalladamente ejemplos de realización de la invención por medio de dibujos. Muestran:

Fig. 1 una representación esquemática de un dispositivo según la invención, por medio de la que se explican las etapas de procedimiento según la invención;

Fig. 2 un gasificador de depósito con una zona de gasificación adicional, que representa otro ejemplo de realización de la invención;

Fig. 3 otro ejemplo de realización de la invención que comprende un gasificador de depósito con una disposición de filtro de polvo integrada;

Fig. 4 un corte según la línea A-A de la figura 3;

Fig. 5 otro ejemplo de realización de la invención que comprende un gasificador de depósito con una disposición de filtro de polvo modificada; y

Fig. 6 una representación esquemática de un gasificador de depósito que funciona según el procedimiento de doble fuego y en el que está integrada según la invención una disposición de filtro de polvo.

Descripción detallada de los ejemplos de realización

La figura 1 muestra en una representación esquemática un gasificador de depósito configurado como gasificador descendente de lecho fijo 1 que presenta un depósito cilíndrico vertical 2. El combustible se alimenta desde arriba al gasificador de lecho fijo 1 mediante un sistema de esclusas 3.

En este caso se puede tratar de carbón, madera u otras biomásas de tipo madera. El combustible alimentado está triturado en fragmentos o virutas. El nivel de llenado del depósito con combustible 4 se controla mediante un indicador de nivel de llenado 5. En la circunferencia del depósito 2 se encuentra un sistema de toberas que puede comprender al menos uno o varios planos de toberas que comprenden una pluralidad de toberas 6 que se encuentran repartidas en la circunferencia del depósito 2 y se abastecen de aire fresco a través de un canal anular 7. Al canal anular 7 se alimenta una corriente de aire 8 a través de un manguito de entrada 9, de modo que mediante cada una de las toberas se introduce en el depósito 2 una corriente parcial de aire que se necesita para una gasificación parcial autotérmica del combustible. Durante la gasificación autotérmica se obtiene energía de proceso mediante combustión parcial con alimentación de aire.

En el lecho de combustible se genera calor por oxidación parcial, que provoca una desgasificación del combustible 4 durante un tiempo de permanencia predefinido en una zona de desgasificación 10. El gas de pirólisis, formado en la zona de desgasificación 10, es rico en hidrocarburos de cadena larga y vapor de agua que resulta esencialmente del contenido de agua del combustible 4 y de los productos de descomposición de la reacción de desgasificación. El gasificador de lecho fijo 1 presenta una etapa de oxidación que está separada de la zona de desgasificación 10 y en la que se llevan a cabo una oxidación parcial y un craqueo térmico del gas bruto con adición de un agente oxidante. La etapa de oxidación se forma mediante una cámara de oxidación 12 dispuesta preferentemente en el centro en el depósito de gasificador 2. La cámara de oxidación 12 presenta una carcasa cilíndrica 13 que está dispuesta de manera concéntrica respecto al eje longitudinal 14 del depósito, así como delimitada hacia arriba por una parte cónica 15 y abierta hacia abajo. Un canal de entrada de aire 16 desemboca desde arriba en la cámara de oxidación

12. En el ejemplo de realización representado, el canal de entrada de aire 16 pasa a través de la tapa 17 del depósito 2 y discurre concéntricamente respecto al eje longitudinal 14 del depósito 2. Sin embargo, puede estar dispuesto también en el lateral, fuera del eje longitudinal o en dirección radial, y discurrir en paralelo a éste. En la parte superior de la cámara de oxidación 12 están dispuestos orificios radiales 18 repartidos en la circunferencia de la carcasa 13.

El gas de pirólisis 20 llega a través de los orificios 18 a la cámara de oxidación 12 debido a las condiciones locales de presión y flujo. El efecto de un agente oxidante en forma del aire 21, alimentado a través del canal de entrada de aire 16, provoca una combustión subestequiométrica del gas de pirólisis 20 en la cámara de oxidación 12. En este caso se destruyen los hidrocarburos de cadena larga mediante el craqueo térmico y la oxidación parcial, y se produce un gas de escape 22 que presenta sólo un valor calorífico bajo. El gas de escape 22 pasa de la cámara de oxidación 12, abierta hacia abajo, a una zona de reducción 23 que está situada debajo de la cámara de oxidación 12 y en la que se encuentra un lecho de coque de reducción 24 que forma una pila cónica 25 en la zona de la cámara de oxidación 12 abierta hacia abajo.

El coque de reducción 24 se produce en el espacio situado entre la cámara de oxidación 12 y la pared del depósito de gasificador 2 durante la desgasificación del combustible 4. Debido a la disposición central de la cámara de oxidación 12 en el depósito 2 y la carcasa cilíndrica 13 de la cámara de oxidación 12 se forma un espacio anular entre la carcasa 13 y la pared del depósito, que se identifica aquí como hendidura anular 26 y a través de la que el coque de reducción 24, repartido en la circunferencia de la hendidura anular 26, se alimenta a la zona de reducción 23. En este caso, el coque de reducción 24 se puede deslizar hacia la zona de reducción 23 para sustituir el coque de reducción consumido, sin necesitarse para esto un dispositivo de transporte mecánico. Mediante el coque de reducción 24, el gas de escape 22 se reduce para formar gas combustible en la zona de reducción 23 con absorción de calor.

La zona de reducción 23 se delimita con una parrilla que está configurada como parrilla móvil y en particular como parrilla giratoria 28 y mediante la que la ceniza derivada del proceso de reducción se separa de la zona de reducción 23 y se evacua a través de un orificio de salida 29. Un motor de transmisión eléctrica 30 se usa para accionar la parrilla giratoria 28. El depósito 2 está cerrado hacia abajo con una placa de fondo 31 y descansa sobre columnas, de las que sólo están representadas las columnas 32 y 33 en la figura 1. El motor 30 está fijado debajo de la placa de fondo 31 en las columnas o en la placa de fondo y está unido con la parrilla giratoria 28 mediante un árbol 34.

Una disposición ajustable en altura de la parrilla giratoria 28 permite cambiar la extensión en altura de la zona de reducción 23 y esto es ventajoso para la optimización del procedimiento en relación con la calidad de la ceniza, la pérdida de presión en la zona de reducción 23 y la adaptación a propiedades del combustible. Con este fin, el árbol 34 se encuentra dispuesto de forma desplazable axialmente en el árbol receptor, realizado como árbol hueco, del motor de transmisión eléctrica 30 y se puede fijar en la posición seleccionada en cada caso contra otro desplazamiento mediante anillos de ajuste no representados. La altura de la zona de reducción 23 depende de una serie de factores, como el contenido de ceniza en el combustible, el tamaño de los fragmentos, la carga del generador de gas y la reactividad del coque.

En el ejemplo de realización representado, la cámara de oxidación 12 está dispuesta en el depósito cilíndrico 2 de manera concéntrica respecto a su eje longitudinal 14. El canal de entrada de aire 16 desemboca centralmente desde arriba en la cámara de oxidación 12 y se prolonga en dirección de su centro, lo que proporciona una combustión uniforme del gas de pirólisis 20 alimentado desde la zona de desgasificación 10. Para conseguir un desarrollo uniforme de la combustión dentro de la cámara de oxidación, el canal de entrada de aire 16 se puede proveer alternativamente en su orificio de salida de una cámara de mezcla, en la que se mezclan internamente entre sí el gas de pirólisis 20 y el aire alimentado 21. La hendidura anular 26, llena de coque de reducción 24, forma una resistencia al flujo para el gas de pirólisis 20 producido en la zona de desgasificación 10. Debido a la resistencia al flujo para el gas de pirólisis 20 que impera en este lecho de coque, éste circula preferentemente a través de los orificios 18, situados en la zona superior, hacia la cámara de oxidación 12 que presenta como espacio de gas puro sólo una resistencia al flujo insignificante.

Cuando se usan varios planos de toberas superpuestos 6 para alimentar la corriente de aire 8 a la zona de desgasificación 10, se impide también que el gas de pirólisis 20 circule a través de la hendidura anular 26 al producir el aire alimentado 8 a través del plano inferior de toberas un gas combustible con muy bajo contenido de alquitrán y representar, por tanto, una barrera condicionada por el flujo para el gas de pirólisis formado en la zona del plano superior de toberas. El contenido muy bajo de alquitrán en el gas combustible, formado en la zona de los planos inferiores de toberas, provoca que el combustible ya desgasificado esté disponible aquí en forma del coque de reducción 24 y no se libere así alquitrán.

El gas combustible 35, acumulado en el espacio 45 situado debajo de la parrilla 28, se aspira hacia abajo o por el lateral de la zona de reducción 23 en función del concepto de eliminación de polvo que se va a aplicar. En el ejemplo

de realización representado en la figura 1, el gas combustible 35 se extrae lateralmente a través de un orificio de salida 36 dispuesto en la parte inferior de la pared del depósito 2. El gas combustible se enfría y se limpia después de extraerse de la zona de reducción 23 en correspondencia con los requisitos de uso en máquinas térmicas.

5 Otras configuraciones de la invención

- A diferencia del ejemplo de realización descrito arriba, la cámara de oxidación 12 puede funcionar también con una temperatura de oxidación claramente reducida. Esto resulta conveniente si al usarse combustibles, ricos en ceniza, de bajo punto de fusión de ceniza no son permisibles temperaturas de oxidación de 1000°C o más, que son necesarias para la destrucción térmica de los hidrocarburos de cadena larga, debido al peligro de escorificación. En este caso se adiciona vapor de agua al aire de combustión previsto para la etapa de oxidación o a la corriente de gas de pirólisis 20. En su lugar o de manera adicional se puede incorporar en ambos casos gas de humo procedente de la máquina térmica o de otras instalaciones de combustión. Una adición adecuada de gas de humo (gas de escape) reduce las temperaturas de combustión. Este proceso corresponde a la recirculación de los gases de escape de los motores de combustión interna para la reducción de las emisiones de óxido de nitrógeno. Además, se incrementa el contenido de vapor de agua en el gas, lo que tiene asimismo un efecto destructivo sobre el alquitrán. La adición aumenta el flujo másico en la cámara de oxidación y reduce así la temperatura de oxidación en corrientes de material, por lo demás, constantes.
- 20 La destrucción deseada de los hidrocarburos de cadena larga se puede conseguir al determinarse la cantidad de vapor de agua y/o gas de humo adicionados de modo que incluso en caso de condiciones estequiométricas ya no se excede la temperatura de oxidación permisible para impedir la escorificación. Los hidrocarburos se oxidan entonces también a temperaturas considerablemente más bajas para formar dióxido de carbono y vapor de agua. Con el fin de que este proceso tenga lugar en un período de tiempo corto, se pueden crear también fácilmente condiciones supraestequiométricas, de modo que se produce una combustión con exceso de oxígeno. Ésta se desarrolla rápidamente y aumenta la velocidad de reacción, lo que puede conducir a la construcción de aparatos más pequeños. Además, el vapor de agua aportado adicionalmente y/o el gas de humo aportado adicionalmente provocan también en caso de condiciones subestequiométricas una destrucción de los componentes de alquitrán, de modo que se puede reducir la temperatura de oxidación al existir altas presiones parciales de vapor de agua.
- 30 Para aumentar la eficacia de la zona de desgasificación 10, el gasificador de lecho fijo 1 se equipa con más de un plano de toberas con toberas 6 para el aporte de aire de gasificación. En el ejemplo de realización de la figura 1 están previstos dos planos de toberas, recibiendo cada uno de estos una corriente de aire 8. Además del efecto de barrera descrito en relación con la figura 1, esto tiene la ventaja de que se puede aumentar la potencia del gasificador de lecho fijo 1, la temperatura de desgasificación y el tiempo de permanencia del combustible 4 en la zona de desgasificación 10. Los planos de toberas 6 se pueden abastecer adicionalmente de diferentes mezclas de aire, vapor de agua y gases de humo procedentes de la máquina térmica. El enriquecimiento de la corriente de aire 8 con vapor de agua y/o gas de humo provoca una reducción de las temperaturas de combustión en la zona de desgasificación 10 y posibilita el control de estas temperaturas de combustión. En el punto, en el que el aire de gasificación 8 llega al lecho a través de las toberas 6, se originan temperaturas muy altas que pueden provocar por supuesto problemas de escorificación. Esto se puede contrarrestar mediante la adición de vapor, lo que permite obtener una reducción de la temperatura. De este modo se puede impedir una escorificación en la zona de desgasificación 10.
- 40 Como otra forma de realización del dispositivo según la invención, la figura 2 muestra un gasificador de depósito del tipo descrito por medio de la figura 1 que está equipado con una zona de gasificación adicional. Los componentes correspondientes al gasificador de depósito de la figura 1 tienen en la figura 2 los mismos números de referencia. Al igual que el dispositivo de la figura 1, el gasificador de depósito de la figura 2 presenta una zona de desgasificación 10, a la que se alimenta aire a través de un manguito de entrada 9, una cámara de oxidación central 12 con un canal de entrada de aire 16, así como una zona de reducción 23.
- 50 En la zona situada debajo de la zona de reducción 23 está prevista otra zona de gasificación 40 que se identifica aquí también como zona de gasificación de coque residual y que funciona con aire adicional como gasificador de contracorriente. El aire adicional se alimenta como aire inferior 41 a través de un manguito de entrada 42 dispuesto debajo de una parrilla móvil 43. La parrilla 43 está configurada, al igual que la parrilla 28 de la figura 1, como parrilla giratoria y se acciona con un motor de transmisión eléctrica 44. En vez de usarse aire 41, se puede alimentar también adicionalmente gas de humo y/o vapor de agua para reducir y controlar las temperaturas de reacción. El gas bruto producido se acumula en un espacio colector anular de gas 45 que está dispuesto en la altura de la zona de reducción 23 y que se forma mediante una pared cilíndrica 46 y una tapa 47. El espacio colector de gas 45 está abierto hacia abajo y se delimita sólo por la pila cónica 48 del coque de reducción. El gas bruto 50, acumulado en el espacio colector de gas 45, se aspira a través de un manguito 51 dispuesto en la circunferencia del depósito 2. Una ventaja del dispositivo representado en la figura 2 radica en que la ceniza separada con la parrilla 43 y evacuada a través de un manguito de salida 49 contiene sólo cantidades muy pequeñas de carbono.

Las figuras 3 y 4 muestran otra forma de realización del dispositivo según la invención. El gasificador de depósito, representado en la figura 3, corresponde al de la figura 1 y presenta adicionalmente un sistema integrado de eliminación de polvo del gas bruto en el espacio colector de gas bruto. El polvo se elimina a través de una disposición de filtro 55 situada debajo de la parrilla 28 en un espacio colector de gas bruto 54, ampliado de manera correspondiente, delante del orificio de salida de gas 36. La disposición de filtro 55 comprende bujías filtrantes 56, conocidas en sí, que están orientadas en transversal al eje longitudinal 14 del depósito, con preferencia en horizontal, y fijadas en una placa de filtro 57 que separa un espacio colector de gas depurado 58 del espacio colector de gas bruto 54. Las bujías filtrantes 56 son soportadas por una placa de apoyo 59 en el lado opuesto a la placa de filtro 57. Las bujías filtrantes 56 están dispuestas una sobre otra en filas delante del orificio de salida de gas 36, como se puede observar en la representación en corte de la figura 4. El gas bruto se conduce a través de las bujías filtrantes 56 debido al efecto de la presión negativa existente en el orificio de salida de gas 36, separándose el polvo contenido en el gas bruto en las bujías filtrantes 56. El polvo separado se acumula junto con la ceniza de parrilla en la zona 60 en el fondo del depósito 2 y se evacua a través del orificio de salida 29.

La limpieza de la torta de filtro que se va creando en las bujías filtrantes 56 se lleva a cabo según el estado de la técnica con control de tiempo o presión diferencial mediante limpieza por golpe de presión (Jet-Pulse, chorros pulsantes). Con este fin, a las bujías filtrantes se alimentan impulsos de gas comprimido a través de las toberas de chorros pulsantes 61 para limpiar las bujías filtrantes. En el gasificador de depósito de la figura 3 está dispuesta una tobera de chorros pulsantes 61 para cada bujía filtrante 56, de las que sólo una está representada en la figura 3. Según el estado de la técnica, las toberas de chorros pulsantes 61 se abastecen de gas inerte comprimido (óxido de nitrógeno o dióxido de carbono) o gas propio comprimido (gas depurado).

En caso de usarse la disposición de filtro representada 55 en un gasificador con temperaturas de gas bruto, que son seguramente superiores a la temperatura de ignición propia del gas bruto, se puede usar ventajosamente aire ambiente comprimido, en vez de gas inerte o gas propio, para abastecer las toberas de chorros pulsantes 61. El oxígeno aportado de esta forma reacciona con el gas de gasificación circundante directamente después de salir de las toberas de chorros pulsantes 61 al oxidarlo parcialmente. Por consiguiente, no existe el peligro de formación de una mezcla explosiva de gas/aire.

En la figura 5 está representada una modificación del aparato de gasificación según la figura 2, que está equipada con un sistema integrado de eliminación de polvo del gas bruto producido. En el caso de gasificador de depósito 64 de la figura 5, el polvo se elimina mediante una disposición de filtro 65 situada en la circunferencia del depósito de gasificador. La disposición de filtro 65 comprende bujías filtrantes de gas caliente 67 que están orientadas esencialmente en paralelo al eje longitudinal 14 del depósito. El gasificador de depósito 64 presenta un espacio colector de gas bruto ampliado 54, estando configurado para esto el depósito de gasificador en dos partes. Un depósito superior de gasificador 68, abierto hacia abajo, penetra en un depósito exterior ampliado 69 que forma la parte inferior del depósito de gasificador. Entre el depósito superior de gasificador 68 y el depósito exterior 69 se encuentra una hendidura anular 70, cuyo extremo superior está unido con el depósito superior de gasificador 68 mediante una brida 71. Un orificio de salida de gas 72 está dispuesto en el extremo superior de la hendidura anular 70 en el depósito exterior 69. Debajo del orificio de salida de gas 72 se encuentra en la hendidura anular 70 una placa de filtro 78, en la que se montan las bujías filtrantes 67 y que separa un espacio colector de gas depurado 73 del espacio colector de gas bruto 54. Las bujías filtrantes 67 sobresalen hacia abajo en la hendidura anular 70 esencialmente en paralelo al eje longitudinal común 14 de los depósitos 68 y 69. El gas bruto se alimenta mediante una presión negativa desde el espacio colector de gas bruto 54 a través de las bujías filtrantes 67 hasta el espacio colector de gas depurado 73 y se conduce a continuación a través del orificio de salida de gas 72. En este caso, el polvo separado en las bujías filtrantes cae como torta de filtro sobre la pila cónica 74 del coque de reducción 75 en el marco de la limpieza descrita abajo. El polvo de filtrado llega de este modo a la otra zona de gasificación para el coque residual. El polvo de filtrado con gran contenido de carbono se gasifica ampliamente para formar cenizas en el marco de la gasificación precedente del coque residual y se evacua junto con las cenizas de la parrilla a través del manguito de salida 77.

En esta disposición, las bujías filtrantes 67 se limpian también mediante impulsos de gas comprimido que se alimentan a través de las toberas de chorros pulsantes 76. Las toberas de chorros pulsantes 76 están dispuestas en la brida 71 de forma asignada a las bujías filtrantes 67. El gas comprimido, alimentado a través de las toberas 76, corresponde al descrito anteriormente en relación con la figura 3.

La integración del sistema de eliminación de polvo en un gasificador de polvo no está limitada a gasificadores de depósito con una etapa de oxidación en forma de una cámara de oxidación central que está separada de la zona de desgasificación, sino que se puede aplicar también en gasificadores de depósito con otra construcción, por ejemplo, en gasificadores que funcionan según el llamado procedimiento de doble fuego.

En la figura 6 está representado esquemáticamente un gasificador 80 que funciona según el procedimiento de doble fuego. La construcción exterior de este gasificador corresponde al gasificador de depósito de la figura 2, pero sin una

etapa de oxidación en forma de una cámara de oxidación central que está separada de la zona de desgasificación. El aire alimentado al gasificador 80 se identifica normalmente como aire superior y aire inferior y está representado en la figura 6 mediante las entradas de aire 81 y 82. De este modo se configuran dos zonas de fuego/incandescencia. El sistema integrado de eliminación de polvo se consigue en el gasificador 80 mediante una
5 disposición de filtro 83 situada en la circunferencia de un espacio colector de gas bruto 84 ampliado de manera correspondiente. La disposición de filtro 83 contiene bujías filtrantes de gas caliente 86 que están dispuestas esencialmente en paralelo al eje longitudinal del gasificador 80. La ampliación del espacio colector de gas bruto 84 y la disposición de las bujías filtrantes 86 corresponden a la realización descrita en relación con la figura 5.

- 10 Las bujías filtrantes 86 están dispuestas en una hendidura anular entre un depósito 90 abierto hacia abajo y un depósito exterior 91 que comprende este depósito, y están situadas en dirección del flujo delante del orificio de salida de gas 92 que se encuentra en el extremo superior de la hendidura anular. Las bujías filtrantes 86 están montadas en una placa de filtro 87 que separa un espacio colector de gas depurado 85 del espacio colector de gas
15 bruto 84. La limpieza de las bujías filtrantes 86 se lleva a cabo a su vez mediante impulsos de gas comprimido que se alimentan a través de las toberas de chorros pulsantes 93 dispuestas en una brida de conexión 94 del depósito exterior en dirección al depósito, abierto hacia abajo, sobre las bujías filtrantes 86. El gas comprimido, alimentado a través de las toberas 93, corresponde al descrito anteriormente en relación con la figura 3. Al igual que en el dispositivo según la figura 5, el polvo separado en las bujías filtrantes cae como torta de filtro sobre una pila cónica 94 del coque de reducción 95 durante la limpieza al estar en funcionamiento el gasificador 80. El polvo de filtrado
20 llega de este modo a la otra zona de gasificación para el coque residual. El polvo de filtrado con gran contenido de carbono se gasifica ampliamente para formar cenizas en el marco de la gasificación precedente del coque residual y se evacua junto con las cenizas de la parrilla a través del manguito de salida 96.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de gas combustible a partir de un combustible sólido en un gasificador de depósito (1), **caracterizado por** las siguientes etapas:
5
a) alimentar de combustible el gasificador de depósito (1) que está configurado como reactor descendente de lecho fijo;
b) desgasificar el combustible en una zona de desgasificación (10) del gasificador de depósito mediante gasificación parcial autotérmica con suministro de aire desde el exterior;
10
c) alimentar de gas de pirólisis (20), obtenido de este modo, de la zona de desgasificación (10) una etapa de oxidación (12) que está situada dentro del depósito y separada de la zona de desgasificación y en la que se oxida parcialmente y se craquea térmicamente el gas bruto con adición de un agente oxidante; y
15
d) reducir el gas de escape procedente de la etapa de oxidación (12) para formar un gas combustible (35) en una zona de reducción (23), situada a continuación de la etapa de oxidación, mediante el coque producido en la zona de desgasificación con absorción de calor,
20 **caracterizado porque** el coque de reducción (24), producido en la zona de desgasificación (10), se alimenta a la zona de reducción (23), sin pasar por la etapa de oxidación (12).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la etapa de oxidación se forma mediante una cámara de oxidación (12) que está dispuesta centralmente en el depósito de gasificador (2) y a la que
25 se alimenta el gas de pirólisis (20) a través de orificios (18).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** a la cámara de oxidación (12) se alimenta aire (21) a través de un canal (16) dispuesto en el centro del depósito de gasificador (2) o en el lateral y bajo el efecto de éste tiene lugar una combustión subestequiométrica del gas de pirólisis (20) alimentado desde la
30 zona de desgasificación (10) a la cámara de oxidación (12).
4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en un espacio situado entre la etapa de oxidación (12) y la pared del depósito (2) se produce coque de reducción (24) durante la desgasificación del combustible (4) y éste se alimenta por su propio peso a la zona de reducción (23) para sustituir el coque de
35 reducción consumido.
5. Procedimiento según la reivindicación 1 y 4, **caracterizado porque** el coque de reducción (24), producido en la zona de desgasificación (10), se alimenta a la zona de reducción (23) a través de una hendidura anular (26) entre la etapa de oxidación (12) y la pared del depósito (2).
40
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** una corriente de aire (8) se alimenta a la zona de desgasificación (10) a través de toberas (6) que están dispuestas al menos en un plano en la circunferencia del depósito (2).
- 45 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la corriente de aire (8) se alimenta a la zona de desgasificación (10) a través de varios planos superpuestos de toberas (6) y porque mediante la corriente de aire alimentada a través de los planos inferiores de toberas se produce un gas combustible con bajo contenido de alquitrán que forma una barrera para el gas de pirólisis formado en la zona del plano superior de toberas.
- 50 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** se adiciona vapor de agua al aire (21) alimentado a la etapa de oxidación (12).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** al aire (21), alimentado a la etapa de oxidación (12), se adiciona gas de humo procedente de la máquina térmica que funciona con el gas
55 combustible (35).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** a la corriente de aire (8), alimentada a la zona de desgasificación (10), se adiciona vapor de agua y/o gas de humo procedente de una máquina térmica.
- 60 11. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la zona de reducción (23) se delimita mediante una parrilla móvil (28) y porque la extensión en altura de la zona de reducción se puede cambiar mediante un ajuste en altura de la parrilla (28).

12. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa d) le sigue a la zona de reducción (23) otra zona de gasificación (40), en la que el coque residual fino procedente de la zona de reducción (23) se gasifica ampliamente mediante el suministro de otros agentes de gasificación (41) en la zona de gasificación (40) que funciona como gasificador de contracorriente.
- 5 13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** la ceniza resultante de la gasificación se separa mediante una parrilla móvil (43) con baja pérdida por ignición.
14. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el gas producido se filtra antes de salir
10 del depósito (2).
15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado porque** la filtración se lleva a cabo en la zona situada delante de un orificio de salida (36, 72).
- 15 16. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado porque** la filtración se lleva a cabo a través de bujías filtrantes (56, 67) dispuestas delante del orificio de salida (36, 72).
17. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado porque** a las bujías filtrantes (56, 67) se alimentan impulsos de gas comprimido a través de toberas de chorros pulsantes para limpiar las bujías filtrantes.
- 20 18. Dispositivo para la producción de gas combustible a partir de un combustible sólido en un gasificador de depósito (1) que está configurado como gasificador descendente de lecho fijo, **caracterizado porque** en un depósito de gasificador (2) están dispuesta una cámara de oxidación central (12) que está separada de una zona de desgasificación (10) y presenta los orificios 18 para alimentar el gas de pirólisis (20) producido en la zona de
25 desgasificación; porque un tubo de alimentación de agente oxidante (16) está conectado a la cámara de oxidación para alimentar un agente oxidante (21) a la cámara de oxidación (12) con el fin de que su efecto permita una oxidación parcial y un craqueo térmico del gas de pirólisis; y porque debajo de la cámara de oxidación (12) está dispuesta una etapa de reducción (23) que está conectada a la cámara de oxidación para alojar el gas de escape procedente de la cámara de oxidación y para alimentar directamente, sin pasar por la cámara de oxidación (12), el
30 coque de reducción (24) de la zona de desgasificación (10) que se forma durante la producción de gas de pirólisis y caracterizado por una hendidura anular (26) entre la cámara de oxidación (12) y la pared del depósito de gasificador (2) en el punto de la zona de gasificación (10), estando conectada la hendidura (26) directamente y sin pasar por la cámara de oxidación a la zona de reducción (23) para la alimentación directa del coque de reducción (24), producido en la zona de desgasificación (10), a la zona de reducción (23).
- 35 19. Dispositivo según la reivindicación 18, **caracterizado porque** la cámara de oxidación (12) presenta una forma cilíndrica y está dispuesta concéntricamente en el depósito de gasificador (2).
20. Dispositivo según la reivindicación 18 ó 19, **caracterizado porque** la cámara de oxidación (12)
40 presenta orificios radiales (18) para alimentar el gas de pirólisis (20), producido en la zona de desgasificación (10), a la cámara de oxidación.
21. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 20, **caracterizado porque** un canal de entrada de aire (16) en paralelo al eje longitudinal de la cámara de oxidación (12) desemboca desde arriba en ésta, y porque el
45 canal de entrada de aire se prolonga dentro de la cámara de oxidación en dirección de su centro.
22. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 21, **caracterizado porque** en la circunferencia del depósito (2) están dispuestas toberas (6) en al menos un plano para alimentar una corriente de aire (8) desde el exterior a la zona de desgasificación (10).
- 50 23. Dispositivo según la reivindicación 22, **caracterizado porque** varios planos de toberas (6) están dispuestos uno sobre otro para alimentar la corriente de aire (8) a la zona de desgasificación (10) con el fin de producir mediante la corriente de aire alimentada a través de los planos inferiores de toberas un gas combustible con bajo contenido de alquitrán que forma una barrera para el gas de pirólisis formado en la zona del plano superior de
55 toberas.
24. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 23, **caracterizado porque** debajo de la zona de reducción (23) está dispuesta una parrilla móvil (28) para la separación de la ceniza que se origina mediante el proceso de reducción.
- 60 25. Dispositivo según la reivindicación 24, **caracterizado porque** la parrilla (28) está configurada de forma ajustable en altura y porque la extensión en altura de la zona de reducción (23) se puede cambiar mediante un ajuste en altura de la parrilla (28).

26. Dispositivo según una de las reivindicaciones 18 a 25, **caracterizado porque** en la parte inferior de la pared del depósito (2) está dispuesto al menos un orificio de salida (36) que sirve para extraer el gas combustible (35) de la zona de reducción (23).
- 5 27. Dispositivo según la reivindicación 18, **caracterizado porque** otra zona de gasificación (40) está conectada a la zona de reducción (23) para la gasificación amplia del coque residual fino procedente de la zona de reducción (23) mediante el suministro de otros agentes de gasificación (41) en la zona de gasificación (40) que funciona como gasificador de contracorriente.
- 10 28. Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** la otra zona de gasificación (40) está delimitada por una parrilla móvil (43) que permite separar la ceniza resultante de la gasificación con baja pérdida por ignición.
29. Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** el otro agente de gasificación (41) se
15 puede alimentar a través de un orificio de entrada (42) dispuesto debajo de la parrilla (43) en la pared del depósito.
30. Dispositivo según la reivindicación 18, **caracterizado porque** una disposición de filtro (55, 65) está situada dentro del depósito (2) delante de un orificio de salida de gas (36, 72).
- 20 31. Dispositivo según la reivindicación 30, **caracterizado porque** la disposición de filtro comprende bujías filtrantes 25 (56, 67) dispuestas esencialmente en horizontal o en vertical delante del orificio de salida de gas (36, 72).
32. Dispositivo según la reivindicación 31, **caracterizado porque** a las bujías filtrantes (56, 67) se pueden
25 alimentar impulsos de gas comprimido a través de toberas de chorros pulsantes para limpiar las bujías filtrantes.
33. Dispositivo según la reivindicación 31, **caracterizado por** una pluralidad de bujías filtrantes horizontales (56) dispuestas una sobre otra en filas delante del orificio de salida de gas (36).
- 30 34. Dispositivo según la reivindicación 31, **caracterizado porque** las bujías filtrantes (67) están montadas en la circunferencia del espacio colector de gas esencialmente en paralelo al eje longitudinal del depósito de gasificador en una placa de filtro (78) que separa el espacio colector de gas bruto (64) de un espacio colector de gas depurado (73).
- 35 35. Dispositivo según la reivindicación 34, **caracterizado porque** las bujías filtrantes están dispuestas en una hendidura anular (70) entre un depósito superior de gasificador (68) abierto hacia abajo y un depósito exterior (69) que rodea este depósito y porque el orificio de salida de gas (72) se encuentra en el extremo superior de la hendidura anular.
- 40 36. Dispositivo según la reivindicación 35, **caracterizado porque** en una brida de conexión (71) del depósito exterior (69) están dispuestas toberas de chorros pulsantes (76) en dirección al depósito, abierto hacia abajo, sobre las bujías filtrantes y a éstas se pueden alimentar impulsos de gas comprimido para limpiar las bujías filtrantes.

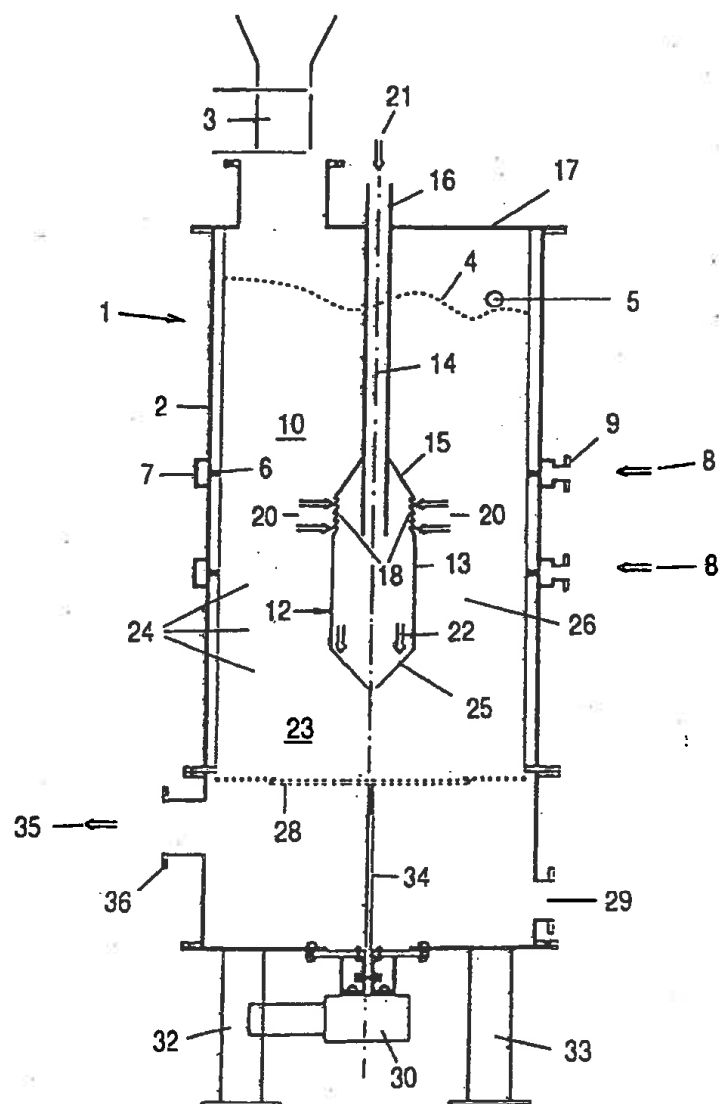


Fig. 1

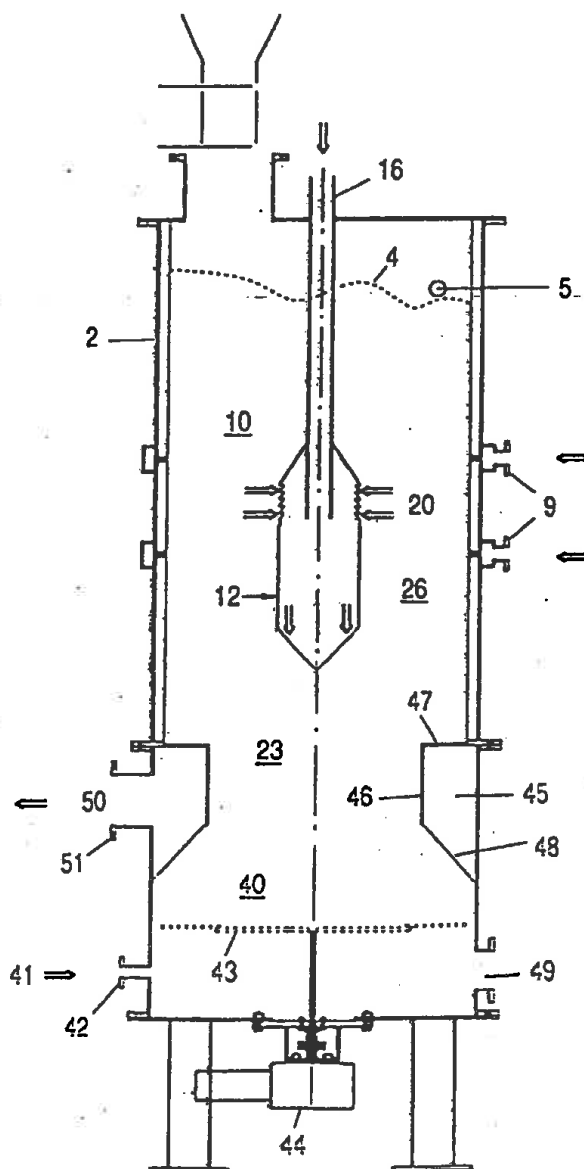


Fig. 2

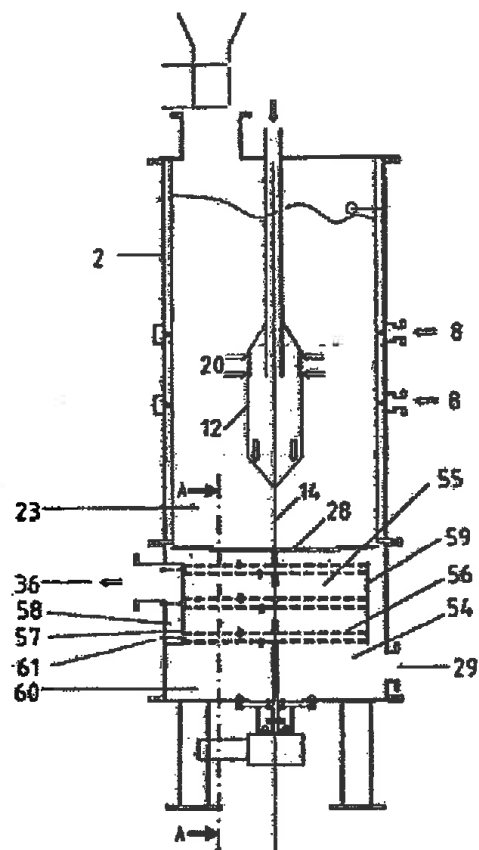


Fig. 3

Corte A - A:

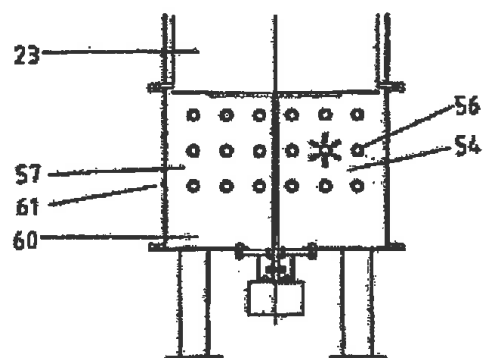


Fig. 4

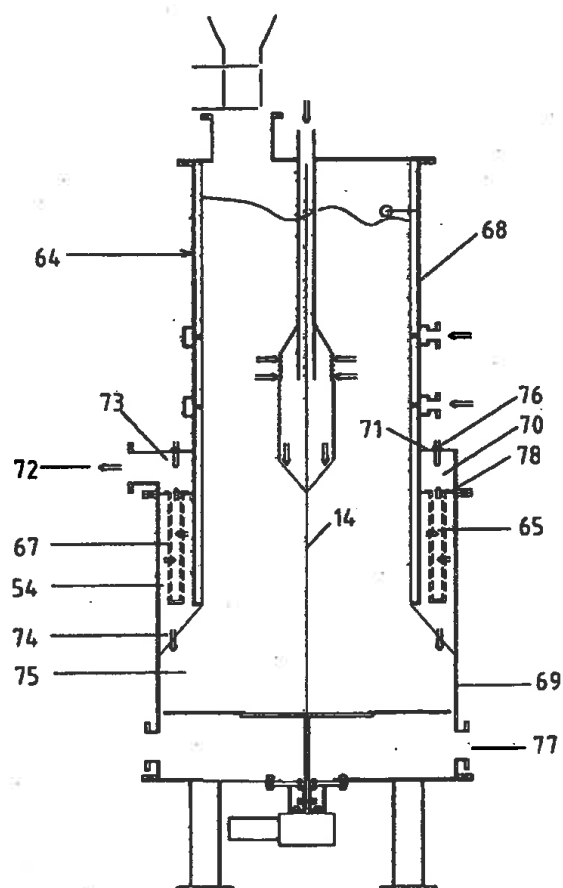


Fig. 5

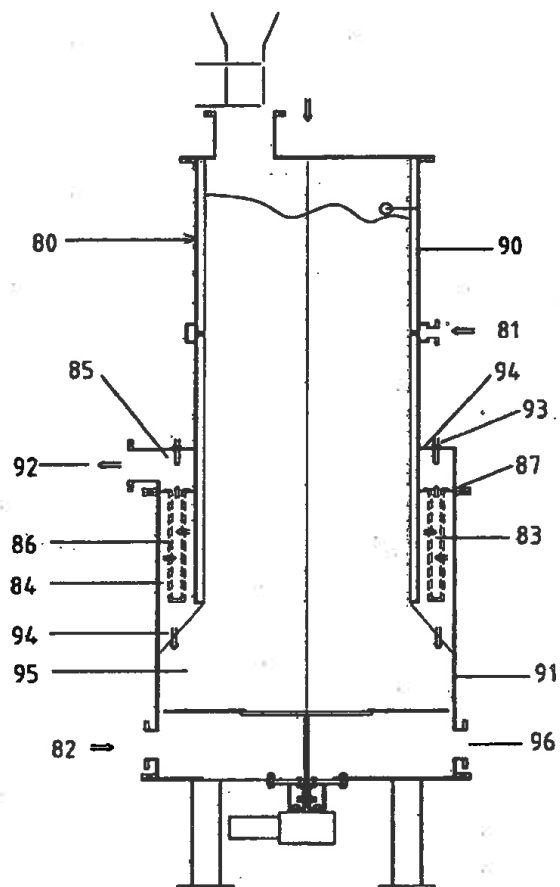


Fig. 6