

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 786 074**

51 Int. Cl.:

C05F 9/02 (2006.01)

C05F 9/04 (2006.01)

B09B 3/00 (2006.01)

B09B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.04.2016 PCT/IB2016/052414**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2016 WO16174609**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2016 E 16730482 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 3288693**

54 Título: **Proceso e instalación para el tratamiento de residuos sólidos que contienen una fracción orgánica**

30 Prioridad:
29.04.2015 IT UB20150289

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.10.2020

73 Titular/es:
**AGATOS GREEN POWER LEMURIA S.R.L.
(100.0%)
Via Cesare Ajraghi 30
20156 Milano, IT**

72 Inventor/es:
DANEU, ALESSANDRO

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 786 074 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

Proceso e instalación para el tratamiento de residuos sólidos que contienen una fracción orgánica

5 La presente invención se refiere a un proceso para tratar y aprovechar residuos sólidos que contienen una fracción orgánica, procedentes tanto de la recogida selectiva de residuos como sin clasificar, y a una instalación utilizada para llevar a cabo este proceso.

10 En la legislación italiana, las iniciales RSU designan los residuos sólidos urbanos procedentes de la recogida de residuos municipales sin clasificar (MSW, residuos sólidos municipales, por sus siglas en inglés), y las iniciales FORSU designan la fracción orgánica de los residuos obtenidos a partir de recogida por separado.

15 Existen muchos procesos conocidos para el tratamiento de residuos sólidos, basados tanto en la combustión, o la conversión de residuos en energía, como en la conversión de los residuos para obtener fracciones reciclables que pueden reutilizarse en diversas aplicaciones, incluyendo la combustión, o un producto final adecuado para ser eliminado en vertederos acreditados para esta operación.

20 Algunos de los procesos conocidos no son rentables, ya sea porque consumen grandes cantidades de energía o porque no permiten el reciclaje completo de los componentes de los residuos recibidos, ya sean FORSU o RSU, lo que sigue ocasionando problemas relacionados con la contaminación, o por ambas razones. El documento DE 198 33 776 A1 divulga un proceso para el tratamiento de residuos orgánicos que comprende la fase de fermentación con etapas tanto termófilas como mesófilas.

25 Los procesos de tratamiento más avanzados utilizan un tratamiento combinado mecánico y biológico (MBT, por sus siglas en inglés). El tratamiento mecánico consiste esencialmente en prensado, con lo cual se separa una fracción sólida respecto de una fracción líquida o semilíquida destinada al tratamiento de estabilización biológica. Con las siguientes etapas de refinación, se puede obtener un combustible a partir de residuos (FFW, por sus siglas en inglés).

30 Sin embargo, estos procesos conocidos no permiten la recuperación máxima y, en consecuencia, el aprovechamiento, de los residuos hasta niveles cercanos al 100 %. De hecho, estos producen, aunque de forma limitada, más residuos de los procedimientos.

35 Por lo tanto, sería deseable proporcionar un proceso capaz de maximizar la recuperación de residuos sin producir más residuos y contaminación, transformándolos en fracciones y/o productos que pueden usarse más y que, por lo tanto, tienen un valor de mercado, como los combustibles, compuestos de agua sustancialmente potable y nitrógeno para su uso en agricultura.

40 Por lo tanto, un aspecto de la invención se refiere a un proceso para el tratamiento de residuos sólidos que contienen una fracción orgánica, que comprende una etapa inicial de prensado por extrusión de los residuos con la producción de una fracción sólida y un licor, caracterizado por que:

45 a) dicha fracción sólida se somete a un tratamiento de molienda a una presión inferior a la presión atmosférica en un molino rotatorio que hace que dicha fracción sólida se caliente de una temperatura ambiente a una temperatura de desinfección de 55 a 160 °C, ajustándose dicha temperatura mediante la evaporación controlada del agua presente o introducida en dicha fracción sólida, produciendo dicho tratamiento de molienda a una presión inferior a la presión atmosférica un sólido seco desinfectado y agua;

50 b) dicho licor se combina con dicha agua producida en dicho tratamiento de molienda de dicha etapa a) y se somete a un tratamiento de digestión anaerobia en tres etapas posteriores, que comprende una primera etapa de fermentación mesófila a una temperatura de 35 a 45 °C, una segunda etapa a una temperatura de 65 a 90 °C, en la que se realiza un tratamiento de pasteurización y una tercera etapa de fermentación termófila a una temperatura de 50 a 60 °C, produciendo dicho tratamiento de digestión anaerobia biogás y un digestato que comprende un componente sólido dispersado en agua;

55 c) dicho digestato se somete a un tratamiento de evaporación de dicha agua en vacío en una o más etapas, produciendo de ese modo un abono concentrado y vapor que se condensa con la formación de agua que se usa en parte en otras etapas del proceso y en parte se pone a disposición para su reutilización en el campo civil, agrícola o industrial;

60 en donde dicho sólido seco desinfectado producido en dicha etapa a) y dicho biogás producido en dicha etapa b) son adecuados para su uso como combustible para producir energía térmica y eléctrica para su uso en dicho proceso, y dicho abono producido en dicha etapa c) es adecuado para su uso como fertilizante o mejorador en la agricultura o agregado a dicha fracción sólida en dicha etapa a).

Otro aspecto de la invención se refiere a una instalación que puede usarse ventajosamente para llevar a cabo el proceso de tratamiento de residuos sólidos definido anteriormente.

65 Esta instalación comprende una prensa de extrusión para residuos para producir una fracción sólida y un licor, un

molino rotatorio para moler y calentar dicha fracción sólida, y un digestor para la fermentación anaerobia de dicho licor, caracterizada por que dicho digestor comprende tres depósitos concéntricos que consisten en un depósito externo para el tratamiento de la fermentación mesófila, un depósito interno para el tratamiento de pasteurización y un depósito intermedio para el tratamiento de fermentación termófila. De acuerdo con otro aspecto de la invención, la instalación está caracterizada por que dicho depósito interno consiste en tres cámaras separadas, que comprenden:

- a) una primera cámara de entrada en la que se distribuye el líquido procedente de la etapa mesófila;
- b) una segunda cámara intermedia de intercambio térmico, que no está en comunicación con dicha primera cámara;
- c) una tercera cámara, de pasteurización, que está en comunicación con dicha primera cámara y dicha segunda cámara, y que está adaptada para recibir el líquido procedente de dicha primera cámara a través de una serie de tubos que se extienden dentro de dicha segunda cámara de manera sellada hidráulicamente desde dicha segunda cámara, y para descargar dicho líquido en dicha segunda cámara a través de un tubo de salida, estando equipada dicha cámara de pasteurización con una camisa de calentamiento;

en donde dicha segunda cámara está equipada con una línea para descargar el líquido de dicho depósito interno en dicho depósito intermedio para fermentación termófila.

Algunos términos de la presente descripción tienen el significado que se define a continuación:

El término "fracción sólida" designa la parte sólida del residuo que se obtiene en la etapa inicial de prensado por extrusión.

El término "licor" designa la parte líquida o semilíquida del residuo que se obtiene en la etapa inicial de prensado por extrusión.

El término "temperatura de desinfección" designa una temperatura de 55 a 160 °C, capaz de destruir o inactivar la mayoría de los microorganismos como las bacterias, hongos y esporas. Cuando la temperatura supera los 150 °C, se obtiene la esterilización del material tratado. En la presente descripción, la temperatura de desinfección, por lo tanto, también comprende la temperatura de esterilización.

El término "sustancia desinfectada" designa el material sólido o líquido que se somete a un tratamiento de desinfección y, por lo tanto, queda bioestabilizado, es decir, que ya no está adaptado para pudrirse o verse sometido a fenómenos de putrefacción, casi sin riesgo de contaminación.

El término "temperatura de esterilización" designa una temperatura de proceso superior a 150 °C, capaz de destruir prácticamente todos los microorganismos como las bacterias, hongos y esporas.

El término "sólido seco desinfectado" designa el sólido sometido al tratamiento de esterilización, por lo tanto, clasificado como inerte.

El término "tratamiento de pasteurización" designa un proceso de descontaminación térmica a una temperatura de 65 a 75 °C, adaptado para destruir o inactivar muchos microorganismos potencialmente patógenos sensibles al calor, tales como bacterias en forma vegetativa, hongos y levaduras.

El término "abono" designa un suelo derivado de la descomposición y humificación de una mezcla de materias orgánicas que ha sido sometida a un proceso de desinfección.

El término "molino rotatorio que hace que dicha fracción sólida se caliente" pretende ser un molino tal y como se describe en la solicitud de patente internacional WO 95/003072.

A continuación, se describirá una realización preferente de la invención, proporcionada a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

- la figura 1 es un diagrama de bloques de las etapas del proceso de acuerdo con la invención;
- la figura 2 es una vista esquemática del convertidor;
- la figura 3 es una vista esquemática de algunas unidades operativas utilizadas en el proceso de acuerdo con la invención;
- la figura 4 es una vista en perspectiva esquemática parcialmente en sección del depósito interno del digestor anaerobio de acuerdo con la invención.

Con referencia a la figura 1, el proceso para tratar los residuos sólidos de acuerdo con la invención comprende un tratamiento preliminar para separar las sustancias inorgánicas presentes en los residuos sin clasificar 10 (RSU), tales como vidrio y escayola, respecto de la fracción orgánica. Esta última, opcionalmente combinada con la fracción orgánica 12 (FORSU) procedente de la recogida por separado, se envía a una etapa inicial de prensado por extrusión 14 realizado a alta presión, preferentemente de 20 a 100 MPa. Este prensado de los residuos produce una fracción sólida 16 y una fracción líquida o semilíquida 18. La fracción sólida 16, que todavía contiene humedad residual,

generalmente forma 10-20 % en peso en el caso del tratamiento de FORSU, y 20-50 % en el caso del tratamiento de RSU, de los residuos alimentados a la prensa.

5 La prensa de extrusión comprende una tolva de acero inoxidable hermética y sellada, dentro de la cual hay un dosificador-vibrador para la alimentación rápida de los residuos a la etapa de prensado.

10 Con el tratamiento de prensado por extrusión, el producto se separa en dos fracciones: una fracción sólida y una fracción líquida o semilíquida, llamada licor. El principio de operación se basa en la separación física de las dos fracciones y no en una separación basada en el tamaño.

15 Al someter los residuos a alta presión (presión de operación: superior a 280 bar) en una cámara de extrusión perforada, esto provoca la fluidización de las partes orgánicas reales (residuos de alimentos, varias fracciones putrescibles, etc.) que, impulsadas por la diferencia de presión dentro y fuera de la cámara, se separan de las partes con mayor resistencia mecánica, tales como papel, cartulina, plástico, caucho, etc.

La prensa de extrusión tiene una estructura modular. La parte activa, los cilindros, los elementos de transmisión de manivela y todos los miembros funcionales están posicionados en una estructura sólida de carga de metal electrosoldado. La cámara de extrusión perforada se sitúa en la parte central de la estructura.

20 El ciclo de prensado por extrusión consiste en tres etapas distintas y posteriores:

- la etapa de alimentación, durante la cual el cilindro principal transfiere el material desde la tolva de carga a la cámara de extrusión;
- la etapa de extrusión, durante la cual el cilindro principal lleva a cabo la compresión real, que da como resultado la
- 25 - la etapa de expulsión, durante la cual el cilindro principal expulsa la fracción seca.

30 La operación de la máquina está controlada por una unidad de control hidráulico. Durante el procesamiento, la fracción líquida o semilíquida (licor) se recoge y se transporta debajo de la máquina hacia el exterior. La fracción sólida se expulsa hacia el exterior de la misma máquina a través de una abertura específica en la parte superior del lado trasero de la máquina.

35 De acuerdo con una realización opcional del proceso de acuerdo con la invención, también es posible tratar los residuos hospitalarios 23, que se alimentan a la etapa de molienda 14. En este caso, el molino rotatorio descrito a continuación y denominado "convertidor" comprende un ciclo completo de esterilización también de la parte líquida.

40 La fracción sólida 16 se somete luego a un tratamiento de molienda 20 en un molino rotatorio que tritura el sólido para reducir su tamaño. Un molino de este tipo aparece descrito en términos generales en la solicitud de patente internacional WO 95/003072, y se conoce en la técnica con el término "convertidor". Sin embargo, de acuerdo con la invención, este molino ha sido modificado para operar en vacío a una presión inferior a 0,08 MPa, más preferentemente para operar a una presión de 0,03 a 0,08 MPa. En estas condiciones, el agua se evapora a una temperatura de aproximadamente 70 °C para que la estructura orgánica de los componentes utilizables en el digestor permanezca activa.

45 Una ilustración esquemática de este dispositivo aparece mostrada en la figura 2.

50 Con referencia a esta figura, el convertidor comprende una cámara de trabajo y esterilización 60, provista de una abertura superior para cargar la fracción sólida 16. La abertura está cerrada por una cubierta sellada 62, para permitir que se obtengan condiciones de vacío dentro de la cámara 60 mediante una bomba de vacío 61 conectada a la cámara 60 por un conducto 65. Un rotor de pala fija 63 operado por un motor 64 está montado en la parte inferior de la cámara 60.

55 La fricción generada por el rotor 63 sobre la fracción sólida 16 produce el calentamiento de dicha fracción sólida de la temperatura ambiente a una temperatura de 55 a 160 °C. El establecimiento de estas condiciones de temperatura en presencia de las condiciones de vacío mencionadas anteriormente provoca una evaporación eficaz del agua residual presente en la fracción sólida, que se extrae a través del conducto 65 y se envía a un condensador 64. Por lo tanto, la doble ventaja del secado de la fracción sólida y de su desinfección, debido a la temperatura alcanzada, se consigue. Esta última puede ajustarse mediante la evaporación controlada del agua presente en la fracción sólida o introduciendo una cantidad adecuada de agua desde el exterior a través de un conducto 66 provisto de una válvula 67. El agua utilizada puede provenir del reciclaje del agua evaporada de la fracción sólida o de otro proceso o agua de la cañería.

60 La evaporación del agua dentro de la cámara 60 produce un enfriamiento adaptado para mantener la temperatura en el intervalo deseado. Los efectos mecánicos y térmicos combinados de este tratamiento de molienda en vacío producen un sólido seco desinfectado y/o bioestabilizado y/o esterilizado, descargado, por ejemplo, en sacos 68 o en una cinta transportadora, no se muestra. El sólido puede transformarse en briquetas o leños 24 y usarse como combustible sólido recuperado (SRF, por sus siglas en inglés), también denominado internacionalmente RDF (combustible derivado de residuos, por sus siglas en inglés), sin la necesidad de tratamientos adicionales y con la

65

ventaja de que puede almacenarse y transportarse como material inerte.

El condensado en la parte inferior de la cámara 60 se descarga a través de la línea 69.

5 El molino rotatorio de tipo "convertidor" permite el tratamiento de residuos de cualquier fuente y de cualquier composición y la esterilización o desinfección simultánea, modificación del estado físico, reducción de volumen, deshidratación y reducción de peso.

10 La peculiaridad de este dispositivo es que los residuos se calientan mecánicamente desde dentro debido al calor producido por la fricción generada por la ruptura de los residuos, mediante la potente pala giratoria posicionada en la parte inferior del molino. Esto ocurre sin el uso de presión o vapor, haciendo que todo el proceso de tratamiento sea mucho más seguro.

15 Debido a la operación a presión en vacío, la temperatura de evaporación disminuye en la cámara de trabajo y esterilización 60, permitiendo un producto final con peso y volumen reducidos, completamente seco y seguro de obtener en menos de 30 minutos. Cualquier vapor o humo de sustancia orgánica que se libere por la fracción sólida se extrae de la cámara 60 y se envía al biodigestor a través del conducto 67, lo que también contribuye a la formación de biogás.

20 Más particularmente, el tratamiento de molienda de dicha etapa a) comprende una etapa a1) de trituración en la que la temperatura aumenta de la temperatura ambiente a 70-100 °C; una etapa a2) de evaporación en la que la temperatura se mantiene en el intervalo de 70-100 °C; una etapa a3) de sobrecalentamiento, en la que la temperatura del material aumenta hasta un valor de 140 a 160 °C, y una etapa a4) de esterilización, en la que la temperatura se mantiene de 140 a 160 °C durante un tiempo de 1 a 10 minutos dosificando agua, cuya evaporación compensa el calor producido por el material por fricción.

El convertidor de molienda requiere solo agua reciclada, que luego se trata en el proceso de digestión anaerobia.

30 Este dispositivo permite llevar a cabo un ciclo mecánico de tratamiento térmico, que comprende la trituración de los residuos, evaporación de los líquidos presentes, sobrecalentamiento del material hasta una temperatura de esterilización, que se mantiene durante el tiempo requerido, por ejemplo, 3 minutos, por dosificación continua de agua, enfriamiento y descarga del material seco. De forma particularmente preferente, se llevan a cabo las siguientes etapas:

- 35 - a0) Carga del material (duración 2 minutos);
- a1) Trituración (duración aproximada 5 minutos), en la que la temperatura alcanza la temperatura de evaporación en función del vacío de 70 °C a 100 °C;
- a2) Evaporación (duración aproximada de 7 minutos), en la que la temperatura se mantiene estable a la temperatura de evaporación;
- 40 - a3) Sobrecalentamiento (duración aproximada 3 minutos), en el que la temperatura del material se eleva al máximo de 160 °C, preferentemente hasta 151 °C;
- a4) Esterilización (duración 3 minutos). En esta etapa se mantiene la temperatura del material, por ejemplo, a 151 °C durante 3 minutos dosificando agua controlada por un termómetro infrarrojo. El agua, que entra en contacto con el material, se evapora convirtiéndose rápidamente en vapor. Cuando el agua se convierte en vapor, se reemplaza inmediatamente. Durante esta etapa, la dosificación del agua se controla para contrastar el calor producido por el material por fricción. Esta combinación mecánico-térmica daña las enzimas y las proteínas de los microorganismos y, en consecuencia, provoca su muerte y la destrucción de las esporas.
- 45 - a5) Enfriamiento (duración aproximada 1 minuto);
- a6) Descarga (duración aproximada 1 minuto). En esta etapa, el material se descarga por fuerza centrífuga a través de una válvula de drenaje servocontrolada posicionada en la parte inferior de

50 la célula de tratamiento. Una vez que el material se haya descargado por completo, el rotor se detiene. La fracción líquida o semilíquida 18, resultante de la etapa inicial de prensado por extrusión de los residuos, que generalmente forma 80-90 % en peso de los residuos alimentados a la prensa, se alimenta a un depósito de homogeneización 26 y, si es necesario, se agrega agua, incluyendo el agua de la evaporación producida en la etapa de molienda en vacío 20 (convertidor) y el agua de los tratamientos posteriores de digestión anaerobia, tal y como se describe más adelante. Estas adiciones permiten obtener un líquido que es fácilmente bombeable y con una concentración que promueve los procesos biológicos.

60 De acuerdo con una realización opcional del proceso de acuerdo con la invención, también es posible tratar lodos procedentes de una instalación de tratamiento y purificación de agua. En esta realización, los lodos 25 son alimentados al depósito de homogeneización 26. Preferentemente, los lodos contienen de 1 a 10 % en peso de sustancia seca, más preferentemente de 3 a 8 % en peso. Preferentemente, la concentración de sólidos en el licor presente en el depósito de homogeneización 18 no es superior al 15 % en peso, más preferentemente no es mayor del 12 % en peso. Habitualmente, la concentración mínima de sólidos es del 8 %.

65 Con referencia a las figuras 1 y 3, el licor, llevado a la concentración sólida deseada, se almacena temporalmente en

un depósito de almacenamiento intermedio 28. El líquido se mantiene bajo agitación suave mediante agitadores 70 dentro del depósito 28, que forma la reserva entre el material que llega de forma discontinua y la alimentación continua del digestor en el que se desarrollará el proceso de digestión anaerobia, y que se ajustará en función de la presión del biogás. Los residuos sólidos pesados, arenas y similares se separan y se envían, a través de la línea 29, a la etapa de molienda 20. Por lo tanto, el depósito 28 tiene la función de compensar la alimentación, entre la llegada de residuos y la demanda de biogás, por ejemplo, de un cogenerador asociado a la instalación de tratamiento de residuos.

El material líquido acumulado en el depósito 28 se somete luego a un tratamiento de digestión anaerobia en tres etapas posteriores.

En la primera etapa, la fermentación mesófila 30 se lleva a cabo a una temperatura de 35 a 45 °C, mediante el uso de cepas apropiadas de bacterias mesófilas, tal y como se conoce en la técnica. Preferentemente, las bacterias mesófilas actúan a una temperatura de 37 °C. Durante la fermentación, el biogás se produce de forma natural y se almacena en un recipiente de gas 40.

El material que se sometió al primer tratamiento de digestión anaerobia mesófila se envía luego a una segunda etapa 32 a una temperatura de 65 a 75 °C, en la que se realiza un tratamiento de pasteurización, durante el cual muchos microorganismos potencialmente patógenos son destruidos o inactivados como resultado del calor. El biogás aún producido se almacena en el recipiente de gas 40. El material procedente del tratamiento de pasteurización 32 se alimenta luego a una tercera etapa de fermentación termófila 34 a una temperatura de 50 a 60 °C, mediante el uso de cepas adecuadas de bacterias termófilas, tal y como se conoce en la técnica. Preferentemente, las bacterias termófilas actúan a una temperatura de 55 °C. Este tratamiento de digestión anaerobia produce una mayor cantidad de biogás, que se almacena en el generador de gas 40, y un digestato que se almacena en un depósito 36.

Sorprendentemente se descubrió que la combinación de los tres tratamientos en los diferentes intervalos de temperatura indicados, con la disposición geométrica de los depósitos de proceso descritos a continuación, permite maximizar la producción de biogás a partir de la biomasa orgánica y obtener un digestato desinfectado, que comprende un componente sólido dispersado en agua, recuperando la energía térmica utilizada en la pasteurización.

De acuerdo con la invención, el tratamiento anteriormente mencionado de la digestión anaerobia del licor en tres etapas posteriores se lleva a cabo en una serie de depósitos concéntricos.

Con referencia a la figura 3, el tratamiento de fermentación mesófila 30 se lleva a cabo en un depósito externo en forma de anillo 50, equipado con un sistema de agitación tangencial que permite que todo el material permanezca constantemente en el mismo depósito. El sistema de agitación comprende agitadores superficiales 71 y agitadores inferiores 72.

El material que ha sido sometido al tratamiento de fermentación mesófila se envía luego al tratamiento de pasteurización 32, que se lleva a cabo en un depósito interno 52. El material se alimenta al depósito 52 a través de los conductos 73 que pasan a través del depósito intermedio 54.

El tratamiento de pasteurización 32 se lleva a cabo en un depósito interno 52, compuesto por tres cámaras separadas, tal y como se muestra en detalle en la figura 4. Con referencia a las figuras 3 y 4, el depósito interno 52 comprende:

a) una primera cámara de entrada 74, para la distribución del líquido entrante, que llega a través de los conductos 73 desde la etapa mesófila 30 llevada a cabo en el depósito 50, a aproximadamente 40 °C. La cámara 74 está provista de una placa perforada en la que se insertan tubos 76 para el flujo ascendente del líquido;

b) una segunda cámara intermedia 78 de intercambio térmico, cerrada en la parte superior por una placa 79 provista de un orificio central para el flujo descendente del líquido y que no está en comunicación con la primera cámara 74. La cámara intermedia 78 está dimensionada adecuadamente para maximizar el intercambio térmico del líquido que fluye hacia abajo a una temperatura de 70-90 °C desde el centro del tercer depósito superior de pasteurización 80. El líquido procedente de la cámara superior fluye hacia abajo en contracorriente en la zona fuera de los tubos 76;

c) una tercera cámara 80, o cámara de pasteurización adecuada, que está en comunicación con la primera cámara 74 y con la segunda cámara 78. El líquido procedente de la cámara de entrada 74 dentro de los tubos 76 llega a la cámara 80 después de haber pasado a través de la cámara intermedia de intercambio térmico 78, aumentando su temperatura a aproximadamente 65-75 °C antes de entrar en la zona de pasteurización, donde permanece durante al menos 2 horas. La cámara 80 está equipada con una camisa de calentamiento, por ejemplo, que consiste en una bobina 82 en la que circula un fluido de calentamiento, adaptado para aumentar la temperatura del líquido a 65-90 °C. Montado en el orificio central de la placa 79, que forma la base de la cámara 80, hay un tubo de salida 83 que se extiende en altura cerca de la pared superior de la cámara 80. El líquido luego sale a este tubo desde la cámara de pasteurización 80, a través del tubo 83 y dentro de la cámara intermedia 78 indicada en el punto b), tocando la superficie exterior de los tubos 76 y transfiriendo el calor en contracorriente al líquido que proviene de la cámara inferior 74. El líquido sale entonces del depósito interno 52 a través de la línea 79 y se alimenta al depósito intermedio 54 donde se lleva a cabo la etapa de fermentación termófila. La disminución de la temperatura llevada a cabo en la cámara intermedia 78 baja la temperatura al valor requerido para la fermentación

ES 2 786 074 T3

termófila. es decir, de 50 a 60 °C.

La cantidad de calor administrado a través de la bobina 82 de la cámara 80 y las alturas relacionadas h_1 y h_2 de las cámaras 78 y 80 se determinan para alcanzar las temperaturas deseadas y optimizar el intercambio térmico.

Al llevar a cabo las tres etapas de la digestión anaerobia en los tres depósitos concéntricos, preferentemente circulares, tal y como se ha descrito, y al producir el depósito interno 52 con las tres cámaras superpuestas 74, 78 y 80, con las trayectorias de flujo de líquido relacionadas, se logra una reducción en el consumo de energía y se evita el desperdicio. De hecho, el depósito 52 para la etapa de pasteurización, que opera a una temperatura más alta, es el más interno de los tres depósitos, mientras que el depósito 54, que opera en un intervalo de temperatura intermedio, está en posición intermedia, y el depósito 50, que opera en el intervalo de temperatura más bajo, se posiciona externamente y es el más grande. Esta disposición de los depósitos reduce la pérdida de calor y está adaptada para ayudar a mantener las temperaturas requeridas para cada etapa de operación, mejorando de ese modo la eficiencia del proceso. Además, producir el depósito interno 52 con la cámara de pasteurización 80 posicionada en la parte superior y con una camisa de calentamiento como el único dispositivo de calentamiento de todo el proceso de digestión anaerobia contribuye a reducir el consumo de energía y a la eficiencia del proceso.

Los depósitos están provistos de un sistema de agitación superficial para evitar la formación de incrustaciones, el cual consiste en agitadores ajustables en altura y dirección. También están provistos de una base cónica para facilitar la separación de los residuos sólidos decantados.

El digestato procedente de la tercera etapa de la fermentación termófila, desinfectado con el proceso descrito se almacena, a través de un conducto 83, en el depósito de almacenamiento no calentado 36, que enfría el material y que está provisto de un sistema de agitación lenta y de un recipiente de gas para compensación. El digestato se bombea luego por una centrifugadora 84 que separa una fracción sólida 42 y una fracción líquida 86. El digestato sólido 42 se envía a un contenedor y posteriormente se transporta por carretera a instalaciones de abono externas.

La fracción líquida 46 puede reciclarse en parte en su estado actual para la dirección de la instalación y en parte enviarse a un tratamiento de evaporación en vacío 44, para obtener un destilado 46 (aproximadamente el 80 % del material alimentado), que a su vez se usa como agua de dilución 48 para el depósito de homogeneización 26 del licor 18, y en parte destinarse a otros usos (figura 1).

El tratamiento de evaporación en vacío 44 de la fracción líquida del digestato también produce un abono seco desinfectado 56, adecuado para su uso como fertilizante o mejorador en la agricultura.

El biogás producido en las diversas etapas de la digestión anaerobia 30, 32, 34 se almacena en el depósito con el recipiente de gas 40, en el que se forma una ligera sobrepresión, ajustada a través de dispositivos limitadores de presión a aproximadamente 0,004 bar. La sobrepresión hace que el gas se expanda y entre en un acumulador del interruptor de presión hecho de material plástico (recipiente de gas).

El proceso también incluye una etapa 58 de purificación y aprovechamiento energético del biogás producido.

Esto se obtiene con la contribución continua, a través de un pequeño compresor, de una pequeña cantidad de aire adecuadamente distribuido por tubos perforados en el espacio en el que se almacena el gas, en una proporción de aproximadamente el 4 % del aire en volumen. Esta cantidad de aire produce una reacción de desulfuración distribuida del biogás, consistente en la oxidación de las sustancias sulfuradas con producción de azufre elemental, evitando la formación de ácido sulfúrico (H_2S), que podría dañar los dispositivos de combustión de biogás posteriores. El vapor presente en el biogás también se separa por enfriamiento y condensación, evitando de ese modo daños a los dispositivos de combustión de biogás.

En una realización preferente, el biogás se envía a través de un ventilador específico a una unidad de cogeneración 60 que consiste en un motor de combustión interna acoplado a un alternador síncrono y se completa mediante la recuperación del calor de enfriamiento y de los gases de combustión. Este sistema está adaptado para la producción combinada de energía eléctrica y calor.

El calor recuperado del sistema de cogeneración se usa en los intercambiadores de calor de la instalación para obtener las temperaturas deseadas en las etapas de fermentación anaerobia descritas anteriormente.

Además de los residuos FORSU o RSU, el proceso de acuerdo con la invención también puede tratar lodos de instalaciones de purificación de agua y residuos hospitalarios, tal y como se describe en los siguientes ejemplos.

Ejemplo 1

Tratamiento de:

- 10000-30000 toneladas/año de FORSU o equivalente.

- 5000-20000 toneladas/año de lodo líquido de instalaciones de tratamiento de agua que tiene de 3 a 8 % de sustancia sólida.
- 200-1000 toneladas/año de residuos hospitalarios.

5 El tratamiento de los residuos mencionados anteriormente con el proceso de acuerdo con la invención permitió que a una instalación de energía con una potencia de 600-1500 kW se le suministrara el biogás producido durante al menos 8500 horas/año, con una eficiencia eléctrica a plena carga del 42 % y una eficiencia térmica a plena carga del 40 %. Aproximadamente el 70 % de la energía eléctrica producida se transfirió a la red eléctrica y el sistema de cogeneración produjo todo el calor necesario para el proceso.

10 El proceso también produjo 4000 toneladas/año de SRF y aproximadamente 8000 toneladas/año de abono. Además, se produjeron aproximadamente 30000 toneladas/año de agua destilada, en parte reutilizada en el proceso. No se produjeron contaminantes ni otros productos residuales.

15 Ejemplo 2

Tratamiento de:

- 40000-80000 toneladas/año de FORSU o equivalente.
- 20 - 10000-40000 toneladas/año de lodo líquido de instalaciones de tratamiento de agua que tiene de 3 a 8 % de sustancia sólida.
- 500-2000 toneladas/año de residuos hospitalarios.

25 El tratamiento de los residuos mencionados anteriormente con el proceso de acuerdo con la invención permitió que a una instalación de energía con una potencia de 2-4 MW se le suministrara el biogás producido durante al menos 8500 horas/año. Aproximadamente el 30 % de la energía eléctrica producida se transfirió a la red eléctrica y el sistema de cogeneración produjo todo el calor necesario para el proceso, también utilizando parte del combustible sólido producido.

30 El proceso también produjo 8000 toneladas/año de SRF y aproximadamente 12000 toneladas/año de abono. Además, se produjeron aproximadamente 50000 toneladas/año de agua destilada, en parte reutilizada en el proceso. No se produjeron contaminantes ni otros productos residuales, sino solo agregados pesados como arena y residuos de metales finos que pueden usarse para procesar agregados, o pueden agregarse a la fracción sólida en el convertidor para aumentar el efecto de fricción (5 % como máximo).

35 Es evidente a partir de los ejemplos proporcionados que el proceso de la invención tiene un equilibrio positivo de la energía producida, que varía en porcentaje, de acuerdo con el material original tratado, del 80 % al 50 %. El único impacto ambiental del proceso consiste en las emisiones de la combustión de biogás, que contienen aproximadamente el 60% de metano y de cualquier combustión de SRF. En consecuencia, el proceso está libre de contaminación si la
40 instalación está equipada con los dispositivos de limpieza normales disponibles en el mercado. Además, con el tipo de proceso utilizado, el material no se almacena durante más de un día, permitiendo el lavado diario de los sistemas de recepción y pretratamiento.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para el tratamiento de residuos sólidos que contienen una fracción orgánica, que comprende una etapa inicial de prensado por extrusión (14) de los residuos con la producción de una fracción sólida (16) y un licor (18), caracterizado por que:

a) dicha fracción sólida se somete a un tratamiento de molienda (20) a una presión inferior a la presión atmosférica en un molino rotatorio que hace que dicha fracción sólida se caliente de una temperatura ambiente a una temperatura de desinfección de 55 a 160 °C, ajustándose dicha temperatura mediante la evaporación controlada del agua presente o introducida en dicha fracción sólida, produciendo dicho tratamiento de molienda a una presión inferior a la presión atmosférica un sólido seco desinfectado y agua;

b) dicho licor se combina con dicha agua producida en dicho tratamiento de molienda de dicha etapa a) y se somete a un tratamiento de digestión anaerobia en tres etapas posteriores, que comprende una primera etapa (30) de fermentación mesófila a una temperatura de 35 a 45 °C, una segunda etapa (32) a una temperatura de 65 a 90 °C, en la que se lleva a cabo un tratamiento de pasteurización, y una tercera etapa (34) de fermentación termófila a una temperatura de 50 a 60 °C, produciendo dicho tratamiento de digestión anaerobia biogás y un digestato que comprende un componente sólido dispersado en agua;

c) dicho digestato se somete a un tratamiento de evaporación de dicha agua en vacío en una o más etapas, produciendo de ese modo un abono concentrado y vapor que se condensa con la formación de agua que se usa en parte en otras etapas del proceso y en parte se pone a disposición para su reutilización en el campo civil, agrícola o industrial;

en donde dicho sólido seco desinfectado producido en dicha etapa a) y dicho biogás producido en dicha etapa b) son adecuados para su uso como combustible para producir energía térmica y eléctrica para su uso en dicho proceso, y dicho abono producido en dicha etapa c) es adecuado para su uso como fertilizante o mejorador en la agricultura o agregado a dicha fracción sólida en dicha etapa a).

2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que dicho tratamiento de molienda en dicha etapa a) se lleva a cabo a una presión de 0,03 a 0,08 MPa.

3. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que dicho tratamiento de molienda de dicha etapa a) comprende una etapa a1) de trituración en la que la temperatura aumenta de la temperatura ambiente hasta 70-100 °C; una etapa a2) de evaporación en la que la temperatura se mantiene en el intervalo de 70-100 °C; una etapa a3) de sobrecalentamiento, en la que la temperatura del material aumenta hasta un valor de 140 a 160 °C, y una etapa a4) de esterilización, en la que la temperatura se mantiene de 140 a 160 °C durante un tiempo de 1 a 10 minutos dosificando agua, cuya evaporación compensa el calor producido por el material por fricción.

4. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicho tratamiento de digestión anaerobia del licor en tres etapas posteriores se lleva a cabo en una serie de depósitos concéntricos, en donde el tratamiento de fermentación mesófila (30) se lleva a cabo en el depósito externo (50), el tratamiento de pasteurización (32) se lleva a cabo en un depósito interno (52) y el tratamiento de fermentación termófila (34) se lleva a cabo en un depósito intermedio (54).

5. Proceso de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que dicho depósito interno (52) comprende tres cámaras separadas que comprenden una cámara de entrada (74) en la que se alimenta el líquido procedente de la etapa de fermentación mesófila a una temperatura de 35 a 45 °C, una cámara de pasteurización (80) donde el líquido se calienta a una temperatura de 65 a 90 °C y donde se lleva a cabo un tratamiento de pasteurización, y una cámara de intercambio térmico (78), donde el líquido procedente de la cámara de pasteurización (80) libera calor por lo que su temperatura disminuye a la temperatura de 50 a 60 °C de la etapa de fermentación termófila a la que se alimenta en la salida de dicha cámara de intercambio térmico (78), produciendo dicho tratamiento de digestión anaerobia biogás y un digestato que comprende un componente sólido dispersado en agua.

6. Instalación para el tratamiento de residuos sólidos que contienen una fracción orgánica, que comprende una prensa de extrusión (14) para residuos para producir una fracción sólida y un licor, un molino rotatorio para moler y calentar dicha fracción sólida, y un digestor para la fermentación anaerobia de dicho licor, caracterizada por que dicho digestor comprende tres depósitos concéntricos que consisten en un depósito externo (50) para el tratamiento de fermentación mesófila, un depósito interno (52) para el tratamiento de pasteurización, y un depósito intermedio (54) para el tratamiento de fermentación termófila.

7. Instalación de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada por que dicho depósito interno (52) comprende tres cámaras separadas, que comprenden:

- a) una primera cámara de entrada (74) en la que se distribuye el líquido procedente de la etapa mesófila (30);
- b) una segunda cámara intermedia (78) de intercambio térmico, que no está en comunicación con dicha primera cámara (74);
- c) una tercera cámara (80), de pasteurización, que está en comunicación con dicha primera cámara (74) y dicha

5 segunda cámara (78), y que está adaptada para recibir el líquido procedente de dicha primera cámara (74) a través de una serie de tubos (76) que se extienden dentro de dicha segunda cámara (78) de manera sellada hidráulicamente desde dicha segunda cámara (78), y para descargar dicho líquido en dicha segunda cámara (78) a través de un tubo de salida (83), estando equipada dicha cámara de pasteurización con una camisa de calentamiento;

en donde dicha segunda cámara (78) está equipada con una línea (79) para descargar el líquido de dicho depósito interno (52) en dicho depósito intermedio (54) para la fermentación termófila.

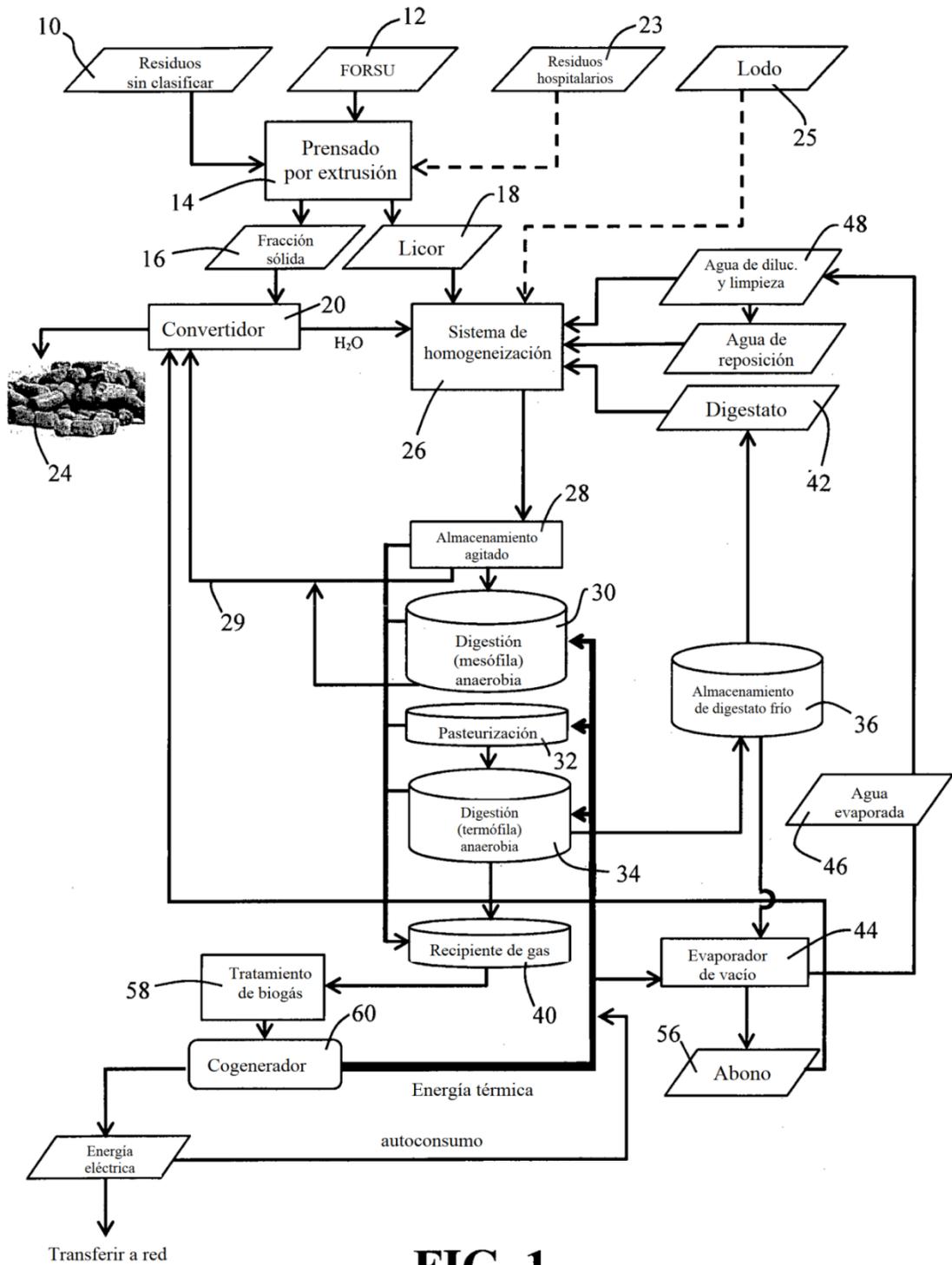


FIG. 1

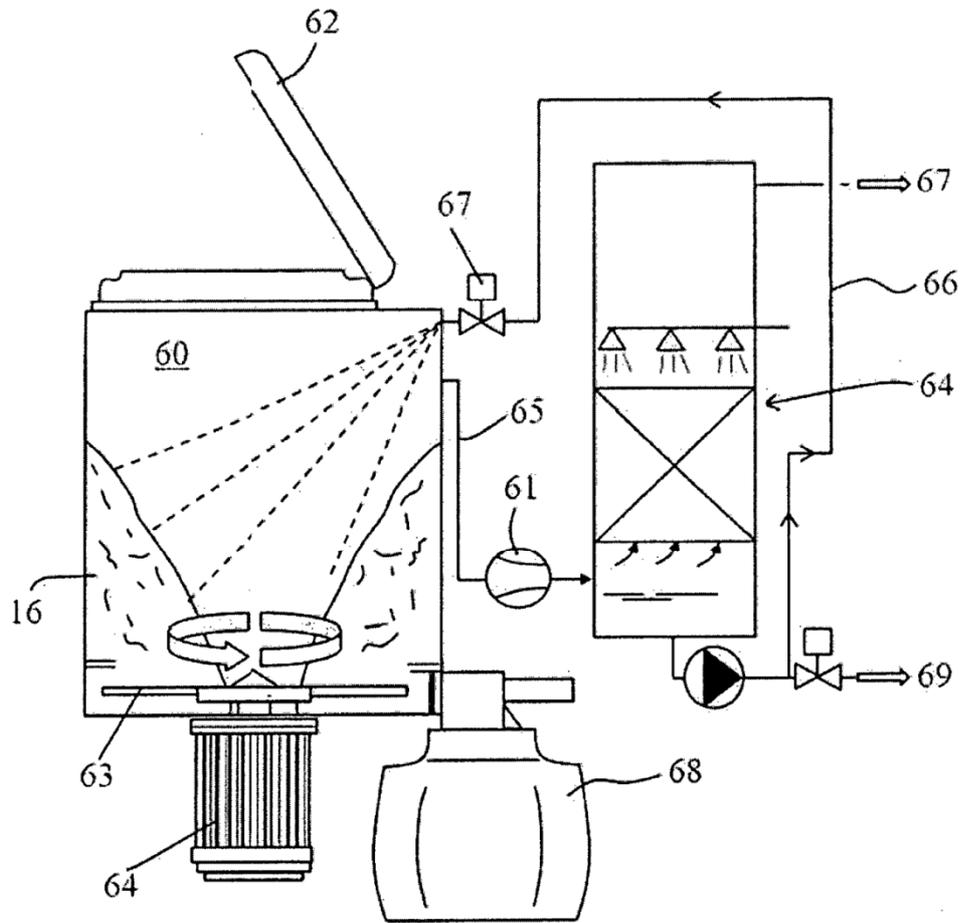


FIG. 2

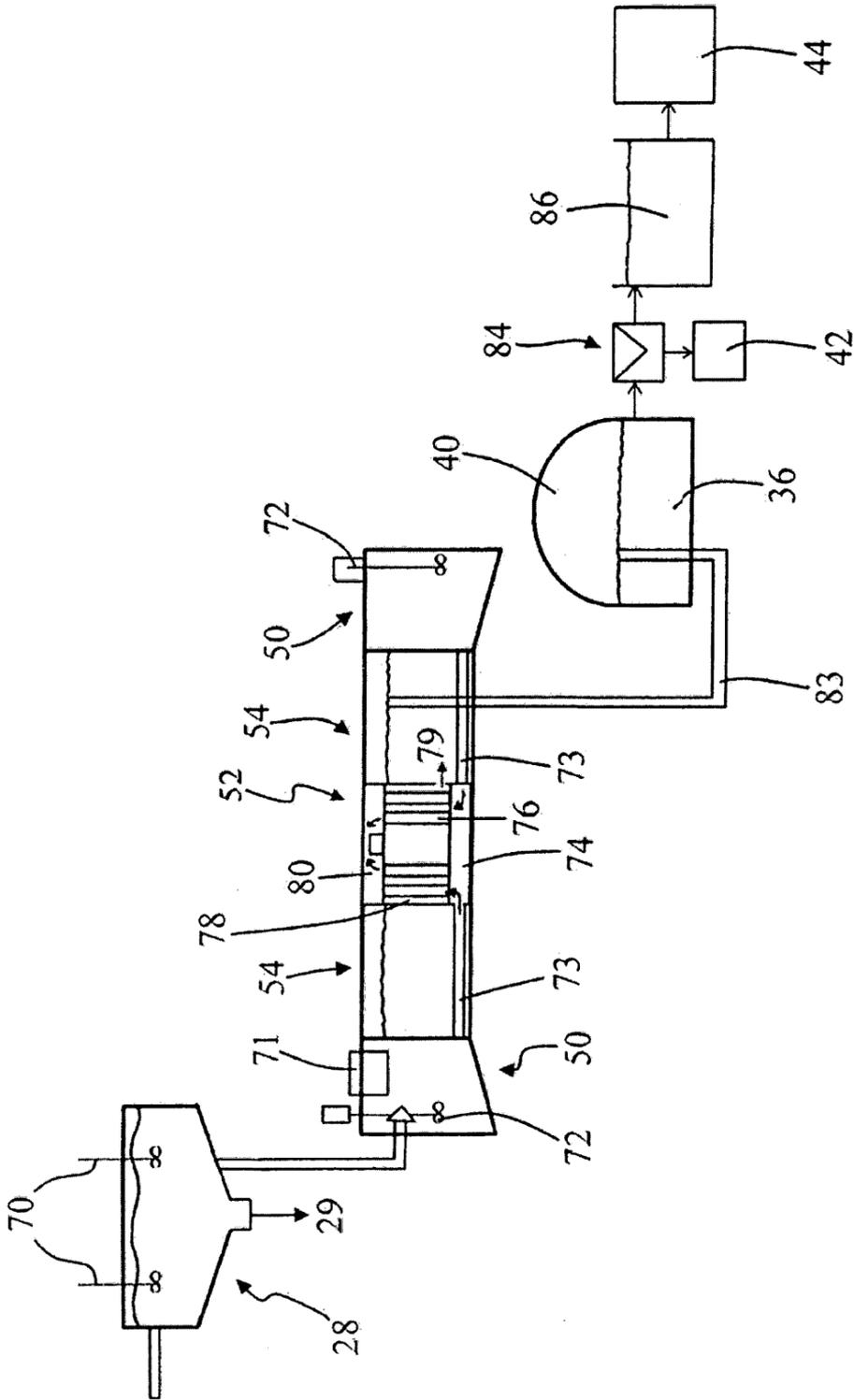


FIG. 3

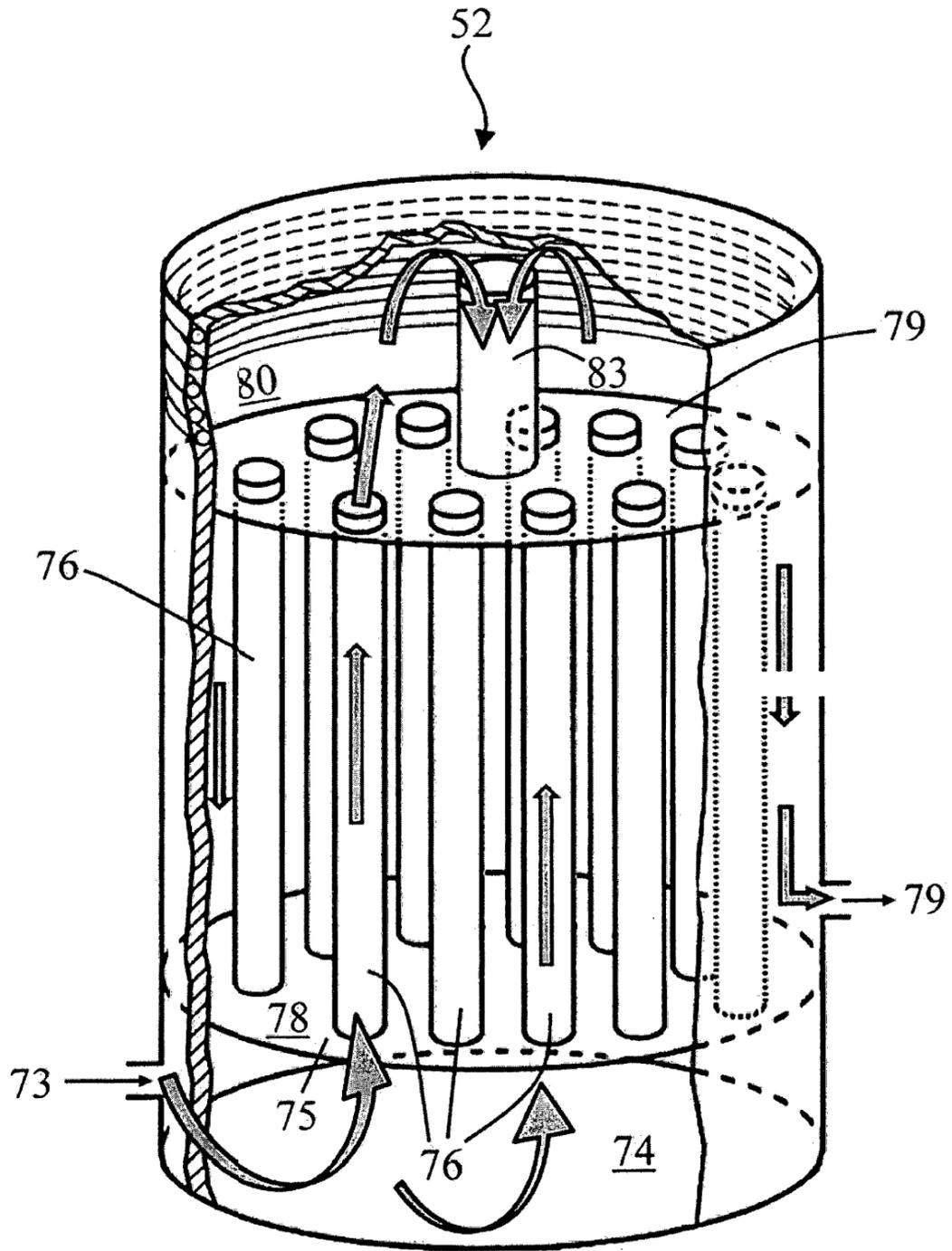


FIG. 4