

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 481**

51 Int. Cl.:

B01D 3/06 (2006.01)

C02F 1/06 (2006.01)

C12M 1/107 (2006.01)

C02F 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2011 PCT/AT2011/000093**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2011 WO11137466**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2011 E 11707778 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2566593**

54 Título: **Procedimiento de separación y dispositivo de separación**

30 Prioridad:

03.05.2010 AT 7512010

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

14.03.2017

73 Titular/es:

**BDI - BIOENERGY INTERNATIONAL AG (100.0%)
Parkring 18
8074 Grambach/Graz, AT**

72 Inventor/es:

**KIRCHMAYR, ROLAND;
HARASEK, MICHAEL;
MAIER, CHRISTIAN y
WALTENBERGER, REINHOLD**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 605 481 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 de separación y dispositivo de separación

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la separación de amoníaco o la reducción de amonio de líquidos de fermentación o digestatos utilizados para la producción de biogás.

10 La valorización energética de residuos y subproductos cobra cada vez más importancia en la producción sostenible de bienes de consumo. Especialmente en la producción de alimentos pueden aprovecharse los residuos orgánicos que se producen mediante la aplicación de la tecnología de biogás para cubrir (parcialmente) la demanda energética de la producción. Por lo tanto, la valorización de residuos en el contexto de la protección medioambiental integrada en la producción y de la generación de energías renovables puede contribuir al desarrollo sostenible de la empresa. Desde una perspectiva nacional, tales medidas son asimismo deseables, puesto que contribuyen a los "objetivos climáticos de 2020" de la UE.

15 El biogás formado a partir de las sustancias residuales que se producen en la producción puede transformarse en electricidad y calor en una instalación de cogeneración. Como alternativa a esto, el biogás podría depurarse y sustituir directamente al gas natural fósil. Mediante su integración en una empresa puede asegurarse una disminución de la energía térmica equivalente a todo un año. Así, está asegurado el uso eficiente de la fuente energética con elevados grados de eficiencia global. Como efecto secundario positivo, se suprime la eliminación de estos materiales, que supone un alto consumo energético debido a su elevado contenido en agua, y nutrientes valiosos, como nitrógeno, fósforo y potasio, pueden devolverse con el digestato a las superficies agrícolas.

20 El fuerte aumento de la demanda mundial de carne y productos cárnicos y la producción asociada a ello originan una acumulación elevada de subproductos animales no consumibles. Los despojos de matadero como posibles nuevos sustratos de origen industrial poseen un gran potencial para la formación de metano y no compiten con la producción de alimentos. Sin embargo, estas y muchas otras sustancias residuales similares como, por ejemplo, residuos de la industria farmacéutica así como del procesamiento de la sangre (residuos de plasma), residuos de la industria de procesamiento de proteína y carne y levaduras y vinazas de la fermentación de etanol podrían procesarse con el estado actual de la técnica solo en condiciones difíciles en instalaciones de tratamiento anaeróbico de residuos.

25 En muchas regiones predomina ya un suministro de nitrógeno elevado a los suelos debido a la agricultura y ganadería intensivas. Una aportación de nutrientes adicional puede traer consigo una eutrofización aumentada de las aguas y la contaminación de las aguas subterráneas. Los métodos para la eliminación de nitrógeno de los digestatos de biogás posibilitarían la concentración del amoníaco que se produce en una forma transportable que puede transportarse fuera de la región y, con ello, una protección del medio ambiente. Con ello podría volver a aplicarse con más frecuencia la producción de biogás en regiones donde solo puede aplicarse de manera difícil debido a falta de superficies agrícolas.

30 Un problema principal en el camino hacia la implementación generalizada de la técnica anaeróbica en la valorización energética de, por ejemplo, despojos de matadero, es su elevado contenido en nitrógeno. Los productos de degradación de los compuestos de nitrógeno, amoníaco (NH_3) y amonio (NH_4^+), contenidos en el sustrato dan como resultado inhibiciones de la microbiología a partir de ciertas concentraciones. Estas sustancias tóxicas dan como resultado una degradación reducida de los residuos utilizados y, como consecuencia adicional, un proceso de biogás inestable. Por este motivo, los sustratos que contienen nitrógeno a menudo se han cedido a instalaciones de biogás externas para la cofermentación, mediante lo cual se suprime la posibilidad de una integración del calor de escape de la instalación de cogeneración en la empresa de producción y disminuye el grado de eficiencia global del matadero.

35 El proceso descrito en este documento de patente representa una tecnología clave para la valorización anaeróbica de productos de desecho y subproductos ricos en nitrógeno. La eliminación de la carga de nitrógeno del proceso de biogás garantiza un transcurso de proceso estable y eficiente.

40 El biogás desempeña un papel importante en el contexto de las energías renovables y la protección del medio ambiente en el ámbito empresarial. Un ejemplo de ello lo representa la industria de procesamiento de productos de matadero y cárnicos. Los subproductos animales no consumibles ofrecen un gran potencial energético en la valorización anaeróbica. Con el estado actual de la técnica, tales sustratos con alto contenido en nitrógeno solo se pueden valorizar en condiciones difíciles en instalaciones de biogás.

45 En la fermentación anaeróbica, las sustancias orgánicas utilizadas (como, por ejemplo, proteínas, ácidos nucleicos, grasas y carbohidratos) se degradan gradualmente con exclusión del oxígeno por distintos microorganismos anaeróbicos para dar lugar a compuestos más pequeños. Los productos finales del proceso de biogás son metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) así como compuestos minerales y de carbono que no pueden degradarse más. El nitrógeno unido en la biomasa se libera como amonio (NH_4^+) y permanece en el producto final de la digestión. Concentraciones demasiado altas pueden inhibir el proceso microbiano o incluso actuar de manera tóxica sobre los microorganismos. El amonio se encuentra en un equilibrio dependiente de la temperatura y el valor de pH con el amoníaco (NH_3), que es considerado como veneno celular y actúa de manera inhibitoria ya en pequeñas concentraciones.

Para que puedan procesarse materias primas con elevadas concentraciones de nitrógeno (por ejemplo, subproductos ricos en proteínas de mataderos, residuos de la industria del cuero, sustancias residuales de la producción de biocombustibles, etc.) en procesos de fermentación anaeróbicos, es preciso el desarrollo de nuevas estrategias.

5 Para la microbiología en el fermentador es importante que haya disponibles ciertas cantidades de componentes de nitrógeno. Estas son necesarias para el crecimiento de biomasa; no obstante, la cantidad absorbida por los microorganismos solo asciende a una fracción de la cantidad de nitrógeno contenida en el presente sustrato. En el curso del proceso de biogás representado en la ilustración 1 se hidrolizan, con la exclusión de oxígeno disuelto, compuestos poliméricos por distintos microorganismos anaerobios heterótrofos.

10 Los polímeros, proteínas y ácidos nucleicos que contienen nitrógeno se degradan en la primera etapa para dar lugar a aminoácidos, purinas y pirimidinas. En el transcurso adicional del proceso de degradación biológico se libera nitrógeno en forma de amonio y permanece (a diferencia de las sustancias orgánicas biológicamente disponibles que se transforman en biogás) en el líquido de fermentación. Con ello incluso se reconcentran los productos de degradación de nitrógeno. Con el incremento del valor de pH y las temperaturas aumentadas en el proceso, el equilibrio de reacción se desplaza de amonio a amoniaco.

20 El amoniaco repercute de manera tóxica sobre las bacterias, puesto que casi todas las membranas biológicas son permeables al amoniaco debido al pequeño tamaño de la molécula de NH_3 así como a su liposolubilidad.

Entre los distintos microorganismos implicados en la digestión anaeróbica, los metanógenos son los menos tolerantes a concentraciones elevadas de amonio y, por eso, son los más propensos a inhibiciones y efectos tóxicos. Como consecuencia de la inhibición, se obtienen entonces rendimientos de biogás bajos y una acumulación de productos de degradación intermedios, como ácidos grasos volátiles libres. Además del rendimiento reducido de energía renovable, las perturbaciones en el proceso biológico también dan como resultado un aumento de las emisiones de olores del producto final de la digestión debido a sustratos insuficientemente degradados.

Para resolver el problema del nitrógeno, hasta el momento son motivo de debate en principio varios enfoques:

- 30
- Exclusión de sustratos específicos con alto contenido en nitrógeno,
 - Dilución del sustrato rico en nitrógeno o
 - Separación del nitrógeno del sustrato

35 La exclusión y la dilución de sustratos específicos pueden considerarse, en efecto, para operadores de instalaciones individuales, pero este camino no resulta oportuno como solución para la presente problemática de la valorización de residuos y subproductos ricos en nitrógeno. Una dilución de los sustratos, por ejemplo con aguas residuales con bajas concentraciones de nitrógeno, da como resultado una enorme necesidad de espacio de fermentación adicional. Simultáneamente, se multiplicaría el esfuerzo para el almacenamiento y los costes de transporte del digestato. Por eso, el enfoque más prometedor lo representa la expulsión de los componentes de nitrógeno del proceso de biogás.

40 Esta manera de proceder disminuye una inhibición de los microorganismos debido a concentraciones elevadas de $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ y, por eso, ejerce las siguientes influencias positivas sobre el proceso de biogás:

- 45
- aumento de los rendimientos de metano con volumen de fermentador constante
 - mayores velocidades de degradación posibilitan una mayor carga volumétrica
 - proceso biológico más estable al evitarse la acumulación de ácidos grasos volátiles libres, que también afectan negativamente a la capacidad de rendimiento del proceso
 - disminución de emisiones de olores indeseados gracias a una degradación completa de la masa orgánica

50 Gracias a una separación de cantidades significativas del nitrógeno amonio puede garantizarse un funcionamiento mejorado y más estable en una instalación de biogás existente y aumentarse considerablemente la capacidad de degradación y, por lo tanto, el rendimiento de metano. Por lo tanto, puede aumentarse la carga volumétrica de los fermentadores, mediante lo cual de ahora en adelante todo el espectro del sustrato así como su máximo rendimiento de gas puede aprovecharse para la generación de energía.

55 Como resultado de este significativo incremento de rendimiento se obtienen rendimientos correspondientemente mayores de electricidad y calor sin emisiones de CO_2 a partir del aprovechamiento incrementado de las capacidades de la instalación de cogeneración. Para la eliminación específica de amoniaco de medios líquidos ya se han desarrollado una serie de procedimientos sobre todo en la tecnología de las aguas residuales. Algunos de ellos están probados parcialmente desde hace algún tiempo a escala industrial y son estado de la técnica. Para el sector del biogás relativamente nuevo, se han adaptado estas tecnologías y pueden utilizarse en el ámbito del tratamiento de digestatos. Sin embargo, estas tecnologías se aplican únicamente en casos excepcionales debido al elevado esfuerzo en energía, recursos y pretratamiento del sustrato.

65 Generalmente, los métodos para la eliminación de nitrógeno pueden subdividirse en procedimientos biológicos y físico-químicos:

La nitrificación/desnitrificación como procedimiento biológico representa una tecnología establecida en la depuración de aguas residuales biológica. En este caso, la eliminación de nitrógeno se realiza en dos subetapas:

1. Nitrificación

La transformación de amonio en nitrato en condiciones aeróbicas se lleva a cabo por bacterias nitrificantes quimiolitótrofas. Esta oxidación se realiza en dos fases. Las bacterias del “grupo nitroso” pueden oxidar amoníaco o amonio hasta dar lugar a nitrito (NO_2) (oxidantes de amonio). La oxidación adicional para dar lugar a nitrato (NO_3) se realiza por tipos de nitrobacterias u otros representantes del “grupo nitro” (oxidantes de nitrito).

2. Desnitrificación

Con falta de oxígeno, distintas bacterias aerobias de aguas residuales pueden oxidar compuestos orgánicos con nitrato en lugar de O_2 . En la desnitrificación se producen productos finales gaseosos de nitrato, principalmente nitrógeno molecular (N_2). Como subproducto también puede liberarse óxido nitroso (gas hilarante, N_2O).

Puesto que la primera de las dos etapas de transformación tiene que realizarse en atmósfera aeróbica, este procedimiento probado en la tecnología de aguas residuales a menudo resulta inadecuado para el caso concreto de la producción anaeróbica de biogás, puesto que en la etapa aeróbica se consumiría una gran parte de la energía química en lugar de transformarse en biogás.

El proceso anammox (*Anaerobe Ammonium Oxidation*, oxidación anaeróbica del amonio) ofrece una alternativa al método clásico de la nitrificación/desnitrificación. A este respecto, se hace reaccionar amonio con nitrito en condiciones anaeróbicas para dar lugar a nitrógeno molecular. A pesar de una pluralidad de descripciones en la bibliografía, este proceso aún no puede denominarse estado general de la técnica.

En comparación con los procedimientos biológicos, la ventaja de la mayoría de los procedimientos físico-químicos se encuentra fundamentalmente en que el nitrógeno de amonio presente no se transforma en nitrógeno elemental. Por eso, el nitrógeno no escapa a la atmósfera, sino que está listo como materia prima en distintos compuestos químicos en función del procedimiento.

La eliminación de los compuestos de nitrógeno disueltos del medio de fermentación puede realizarse utilizando denominados procedimientos de arrastre (*stripping*). Generalmente, por arrastre se entiende la extracción de compuestos volátiles de líquidos mediante gas. Por el descenso de la presión parcial del componente más volátil, este pasa del estado disuelto al estado gaseoso en la fase gaseosa y se agota en el líquido. El principio básico se presenta como una unidad con dos etapas de procedimiento principales:

- eliminación de amoníaco del sustrato mediante gas de arrastre (aire o vapor)
- regeneración del gas de arrastre y traslado del amonio a una corriente de material recuperable

Para la transformación del amoníaco disuelto a la fase gaseosa (desorción), han demostrado su eficacia a gran escala el arrastre por aire y vapor en columnas con cuerpos de relleno. Su principal característica consiste en que el líquido que va a tratarse se pone en contacto lo más estrecho posible con la corriente de gas. Para ello, resulta importante una superficie de intercambio lo más grande posible. Esto se consigue mediante la introducción de cuerpos de relleno a lo largo de cuya superficie se desplaza la fase líquida en forma de película.

Para el funcionamiento sin perturbaciones de una instalación de arrastre es un prerrequisito una eliminación de sólidos lo más completa posible, puesto que, en caso contrario, se produce un bloqueo/obstrucción de los cuerpos de relleno dispuestos en capas. El grado de la eliminación de sólidos necesaria depende respectivamente del tipo de cuerpos de relleno y del diseño restante de la instalación.

Con ayuda de procedimientos de intercambio de iones pueden unirse de manera adsorbtiva componentes cargados (iones, por ejemplo, amonio NH_4^+) e intercambiarse por iones con la misma carga. A este respecto, se usan principalmente resinas sintéticas, denominadas resinas de intercambio de iones. Un prerrequisito necesario es un amplio pretratamiento del sustrato, especialmente la eliminación de sustancias sólidas. Debido a la estructura del material de intercambio de iones, este es relativamente sensible frente a una obstrucción de las cavidades, por ejemplo por coloides orgánicos, mediante lo cual se reduce considerablemente el rendimiento. Por consiguiente, según el estado actual de la técnica, su uso solo vale la pena para el tratamiento posterior, por ejemplo, tras la nanofiltración ya realizada u ósmosis inversa para el cumplimiento seguro de valores límite dados y, por eso, no es adecuado para el tratamiento pretendido del medio de fermentación.

Una variante de la extracción de amonio investigada últimamente es el uso de membranas de extracción en contactores de membrana. Por contactores de membrana con pervaporación deben entenderse aparatos novedosos para la realización de procesos de extracción o de arrastre en los que el cambio de fase tiene lugar en una superficie de membrana. En columnas de arrastre convencionales, la fase líquida y la gaseosa se encuentran en contacto directo, obteniéndose el entremezclado intensivo necesario mediante rociado de los cuerpos de relleno. En los

contactores de membrana, las dos fases están presentes de manera separada entre sí por una membrana (solo permeable al amoníaco gaseoso).

5 Sin embargo, en el caso de los reactores de membrana, aún hay una serie de preguntas sin resolver, así, por ejemplo, la estabilidad a largo plazo y tendencia a las incrustaciones de las membranas. En conjunto, estos procedimientos se encuentran en una etapa temprana de desarrollo y actualmente todavía es incierto si tendrá éxito una implementación en la práctica.

10 El documento JP2009018211A revela una separación de amoníaco de excrementos animales.

10 El objetivo de la presente invención es superar las desventajas de los procedimientos anteriormente mencionados del estado de la técnica y facilitar un procedimiento para la separación de amoníaco o la reducción de amonio de aguas residuales de matadero utilizadas para la producción de biogás así como un dispositivo para la realización de este procedimiento. De acuerdo con la invención, este objetivo se resuelve mediante la reivindicación 5, en la que, con un procedimiento del tipo anteriormente indicado, se reduce amoníaco o amonio mediante una evaporación instantánea, se separa de las aguas residuales de matadero y se separa como amoníaco. A este respecto, una parte del contenido en agua del líquido de fermentación guiado en el circuito se evapora por sobrecalentamiento y posterior atomización en un recipiente al vacío. Con ello, puede separarse una parte del nitrógeno como amoníaco y recogerse a continuación como sustancia reciclable. El proceso desarrollado para la eliminación de nitrógeno de las aguas residuales de matadero utilizadas para la producción de biogás se basa en el principio de la evaporación *flash*. En este procedimiento, se pulveriza el líquido que va a tratarse tras una separación basta de impurezas (por ejemplo, extrusora de tornillo sin fin, criba vibratoria) y un calentamiento a través de una tobera en un recipiente a presión negativa. La superación del punto de ebullición asociada a la reducción de presión da como resultado una evaporación (*flash*) espontánea en la superficie de cada una de las gotas finas. Esta evaporación es la fuerza motriz para la eliminación de las sustancias muy volátiles como, por ejemplo, amoníaco. El vapor cargado (vapores) se descarga y se condensa. En el fondo del recipiente se extrae el líquido reducido en volumen y, eventualmente, tras un calentamiento adicional en el circuito, se suministra para una expansión y, con ello, evaporación adicional. Esta tecnología se ha desarrollado originalmente para la desalinización del agua de mar; por consiguiente, el tratamiento de medios de fermentadores de biogás representa un campo de aplicación nuevo para evaporadores *flash* de este tipo.

30 Preferentemente, se separa hasta el 50 %, más preferentemente hasta el 30 %, del nitrógeno total de los líquidos de fermentación o digestatos de instalaciones de biogás. A través de esta eliminación puede asegurarse un proceso de biogás sin obstáculos. Por lo tanto, de ahora en adelante pueden valorizarse energéticamente todas las corrientes que se producen en, por ejemplo, un matadero o en otra empresa con residuos ricos en nitrógeno y adecuadas para la valorización anaeróbica con al mismo tiempo grados de degradación mejorados. Esto da como resultado un aumento de la producción de energías renovables que puede cubrir hasta el 75 % de la demanda energética de la empresa industrial. En el caso de sustratos con un contenido en nitrógeno muy alto, tiene sentido situar la eliminación de amoníaco ya antes de la valorización anaeróbica o integrarla en esta para maximizar el rendimiento de biogás.

40 Resulta especialmente favorable que los líquidos de fermentación o digestatos de instalaciones de biogás se precalienten antes de la evaporación instantánea por el calor residual del medio ya tratado. En el proceso (véase la ilustración 2), se toma material directamente de un fermentador de biogás o del depósito de digestatos. El medio se precalienta en un intercambiador de calor de contracorriente, por flujo caliente a 80 °C de la instalación, a aproximadamente 70 °C y se alimenta a un circuito de recirculación interno. La recirculación interna es una magnitud de ajuste para las velocidades de eliminación deseadas puesto que, entre otras cosas, depende de la velocidad de evaporación, que puede ajustarse por la velocidad de recirculación. En un segundo intercambiador de calor se calienta el medio a la temperatura de entrada necesaria del evaporador *flash* de aproximadamente 90 °C. Al entrar en el evaporador *flash*, debido a la presión negativa que predomina allí, se produce una evaporación repentina de agua en la que asimismo una parte del amoníaco se transfiere a la fase gaseosa. Los vapores cargados con amoníaco del evaporador *flash* se condensan y se recoge una solución de amoníaco acuosa como producto. De la corriente de circulación se extrae medio continuamente tratado después del reactor *flash*, se enfría en el intercambiador de calor de contracorriente por materia prima fresca y se recircula a la instalación de biogás.

55 La energía de evaporación necesaria se proporciona por una caldera de gas. Como resultado de una optimización energética adicional, una parte de esta energía puede sustituirse por calor (de escape) que se produce en el lugar. Del mismo modo, el calor de escape que queda libre durante la condensación de los vapores puede integrarse en el suministro de calor de la instalación y de la empresa.

60 La solución de amoníaco acuosa puede, por una parte, utilizarse como fertilizante valioso en la agricultura local o, por otra parte, usarse como sustancia química básica, por ejemplo, en la depuración de gases de combustión de centrales eléctricas para la eliminación del óxido de nitrógeno.

65 De acuerdo con la presente invención, esta se refiere a un dispositivo para la separación de amoníaco o la reducción de amonio de líquidos de fermentación o digestatos de instalaciones de biogás, estando unido un evaporador *flash* F a un fermentador A a través de conductos (1, 2, 3, 4, 5, 6) para el suministro de sustrato, extrayéndose vapores del evaporador *flash* F a través de un conducto (14) y recirculándose la fase líquida caliente a través de conductos (7, 8, 9)

o bien a través del conducto (11) al fermentador A o bien suministrándose a través del conducto (10) a un segundo fermentador I.

5 A este respecto, resulta favorable que en el conducto (2, 3) procedente del fermentador A está prevista una separación de impurezas C que está unida mediante conducción a un intercambiador de calor D, por un lado, para las fracciones líquidas del sustrato y, por otro lado, a través del conducto (22) a un segundo fermentador I para las fracciones sólidas del sustrato.

10 En el dispositivo de acuerdo con la invención, el intercambiador de calor D se calienta a través del conducto (9) con la fase líquida caliente procedente del evaporador *flash* F.

15 De acuerdo con la forma de realización inventiva, la fase líquida precalentada se introduce desde el intercambiador de calor D a través del conducto (4) en un circuito que comprende el conducto (5), el intercambiador de calor E, el conducto (6), el evaporador *flash* F, el conducto (7) y la bomba G.

De acuerdo con una forma de realización preferente, está previsto que la fase líquida caliente se suministre a través de un conducto (10) a un tanque de mezcla P que, a su vez, está unido mediante conducción a los fermentadores A e I.

20 La presente invención se explica ahora con más detalle mediante los dibujos adjuntos a los que, sin embargo, no debería estar limitada.

En las Fig. 1 y 2 se muestra respectivamente una forma de realización posible de la presente invención, en las cuales significan:

- 25 A Fermentador 1
 B Bomba de sustrato de materia prima
 C Separación de impurezas (criba vibratoria, extrusionadora de tornillo sin fin)
 D Intercambiador de calor de precalentamiento
 E Intercambiador de calor
 30 F Evaporador *flash*
 G Bomba de circulación
 H Bomba de escape
 I Fermentador 2
 J Separación de gotas (por ejemplo, ciclón)
 35 K Condensador, etapa 1
 L Bomba de condensado 1
 M Condensador, etapa 2
 N Bomba de condensado 2
 O Equipo transportador de gas inerte
 40 P Tanque de mezcla: resuspensión de las sustancias sólidas separadas
 Q Bomba de sustrato
 1 Conducto para la corriente de sustrato de materia prima
 2 Conducto para la corriente de sustrato de materia prima
 3 Conducto para el sustrato liberado de impurezas sólidas
 45 4 Conducto para el sustrato precalentado
 5 Conducto para el sustrato en el circuito del evaporador *flash*
 6 Conducto para el sustrato en el circuito del evaporador *flash*, precalentado para la etapa de evaporación
 7 Conducto para la corriente de salida del evaporador *flash* (fase líquida)
 8 Conducto para el escape de sustrato empobrecido en NH₃ (expulsión de la corriente de circuito)
 50 9 Conducto para la corriente de sustrato
 10 Conducto para la alimentación de sustrato enfriado empobrecido en NH₃ al fermentador
 11 Conducto para la realimentación opcional de sustrato enfriado empobrecido en NH₃ al fermentador de toma
 12 Conducto para la corriente de entrada de medio de calentamiento
 13 Conducto para la corriente de salida de medio de calentamiento
 55 14 Conducto para la fase de vapores del evaporador *flash*
 15 Conducto para las gotas separadas de los vapores
 16 Conducto para la corriente de vapores
 17 Conducto para los vapores residuales, tras la primera etapa de condensador
 18 Conducto para los gases inertes, tras la segunda etapa de condensador
 60 19 Conducto para los gases inertes para el tratamiento de gas (por ejemplo, biofiltro)
 20 Conducto para la corriente de condensado de la primera etapa de condensador
 21 Conducto para la corriente de condensado de la segunda etapa de condensador, enriquecido en NH₃
 22 Conducto para la fracción sólida separada del sustrato de materia prima

65 De acuerdo con la Fig. 1, el sustrato de materia prima que va a tratarse se toma mediante la bomba B directamente desde el fermentador de biogás o depósito de digestatos A. Las sustancias sólidas contenidas en el medio se separan

del líquido en la separación de impurezas **C** (por ejemplo, extrusionadora de tornillo sin fin, criba vibratoria) y se introducen en el fermentador **I**. La fracción líquida del sustrato (conducto **3**) se precalienta en la contracorriente con sustrato ya tratado procedente del conducto **9** en el intercambiador de calor **D** (por ejemplo, intercambiador de calor en espiral) a una temperatura de aproximadamente 65 a 75 °C y entonces se alimenta a través del conducto **5** a la corriente de circuito interna. En un segundo intercambiador de calor **E** (por ejemplo, condensador, vapor vivo procedente del conducto **12**) se calienta el medio a la temperatura de entrada de aproximadamente 80 a 95 °C necesaria para el proceso de evaporación.

Durante el pulverizado del medio en el evaporador *flash* se distiende la presión de admisión en el conducto **6** de aproximadamente 1,5 a 3,0 bar a través de la pérdida de presión de la tobera pulverizadora a la presión operativa en el evaporador *flash* de aproximadamente 500 a 700 mbar. Al entrar en el evaporador *flash*, debido a la presión negativa que predomina allí, se produce una bajada repentina por debajo del punto de ebullición y, por lo tanto, una evaporación espontánea en la superficie de las gotas de la niebla de pulverización. Esta evaporación es la fuerza motriz para la eliminación de las sustancias muy volátiles como, por ejemplo, amoníaco y dióxido de carbono disuelto. En esta etapa también se evapora una parte del agua en el sustrato. Los vapores cargados con NH₃ y CO₂ se suministran a través del conducto **14** de una separación de gotas **J** (por ejemplo, ciclón). El líquido que se separa de la corriente de gas se vuelve a suministrar a través del conducto **15** a la fase líquida extraída del fondo de la etapa de evaporación en el conducto **7**. La corriente de circuito de los conductos **5**, **6**, **7** se mantiene a través de la bomba **G**. El número de revoluciones como relación de la corriente de circuito con respecto al sustrato fresco puede ajustarse a través de la capacidad de bombeo de **G** y sirve así como magnitud de regulación para la velocidad de eliminación de NH₃.

El sustrato tratado se extrae continuamente de la corriente de circuito (conducto **8**). Este sustrato empobrecido en NH₃ y CO₂ se produce a una temperatura de aproximadamente 75 a 90 °C. Antes del bombeo (bomba **H**) en el fermentador **I**, el contenido calorífico de la corriente del conducto **9** se enfría a aproximadamente de 40 a 55 °C mediante el intercambiador de calor de contracorriente **D** (por ejemplo, intercambiador de calor en espiral) y se calienta sustrato de materia prima en el sentido contrario. La potencia calorífica que ha de utilizarse puede reducirse masivamente por esta integración de energía; además, el medio puede introducirse en el fermentador sin poner en riesgo la microbiología que forma gas debido a temperaturas excesivas. El sustrato tratado y enfriado se transporta entonces o bien a través del conducto **10** al fermentador **I** o bien, si se desea, de manera alternativa o adicional, a través del conducto **11** al fermentador o depósito de digestatos **A**.

Los vapores cargados con NH₃ se suministran desde el evaporador *flash* **14** a una condensación de vapores. Tras el enfriamiento a aproximadamente de 50 a 60 °C en el condensador **K**, puede suministrarse una solución de amoníaco acuosa **21** de 20 a 80 g/kg de NH₃ a la valorización de sustancias adicional (por ejemplo, producción de fertilizantes, uso como reactivos de reducción no catalítica selectiva en la tecnología de centrales eléctricas, etc.).

En la forma de realización mostrada, la condensación de vapores se realiza en dos etapas. En la primera etapa de condensación **K**, se refrigeran los vapores a aproximadamente de 75 a 85 °C. El primer condensado se produce con una concentración baja de aproximadamente 5 a 10 g/kg de NH₃ (corriente **20**). Tras el enfriamiento adicional a aproximadamente de 50 a 60 °C en el condensador **M**, puede suministrarse una solución de amoníaco acuosa **21** con mayor concentración de amoníaco de 40 a 80 g/kg de NH₃ a la valorización de sustancias adicional (por ejemplo, producción de fertilizantes, uso como reactivos de reducción no catalítica selectiva en la tecnología de centrales eléctricas, etc.). Como alternativa (no mostrado), también es posible una condensación de vapores de una etapa.

Los gases no condensables a las temperaturas indicadas para las etapas de condensación se aspiran vía el conducto **18** a través de un equipo transportador de gas inerte **O**, que también mantiene la presión de sistema de 500 a 700 mbar en el evaporador *flash*.

En una forma de realización especial, este equipo transportador de gas inerte **O** está realizado para la aspiración de los gases no condensables como bomba de chorro de agua con agua como medio circulante. Esto tiene la ventaja de que los gases aspirados no condensables se lavan simultáneamente con el agua de la bomba de chorro de agua y, con ello, se liberan de restos de NH₃.

De acuerdo con la Fig. 2, el sustrato tratado y enfriado se transporta a un tanque de mezcla **P**, donde se mezcla con las sustancias sólidas procedentes de la separación de impurezas **C** (por ejemplo, extrusionadora de tornillo sin fin, criba vibratoria), tras lo cual el medio se transporta o bien a través del conducto **11** al fermentador **A** o bien, si se desea, de manera alternativa o adicional, a través del conducto **10** y mediante la bomba de sustrato **Q** al fermentador **I**.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la separación continua de amoniaco o la reducción de amonio de líquidos de fermentación o digestatos de instalaciones de biogás, que comprende un evaporador *flash* F que está unido a un fermentador o depósito de digestatos A para el suministro de sustrato a través de conductos que comprenden conductos de sustrato de materia prima (1, 2) con una bomba de sustrato de materia prima B intercalada, una separación de impurezas C posterior así como un conducto (3) conectado a esta para el sustrato liberado de impurezas sólidas, un intercambiador de calor D y un conducto (4) conectado al intercambiador de calor D para el sustrato precalentado, introduciéndose el sustrato precalentado en un circuito que comprende un conducto de circuito (5) para el sustrato, un intercambiador de calor E para el calentamiento del sustrato a una temperatura de entrada en el evaporador *flash* F así como un conducto de circuito (6) para el sustrato calentado, el evaporador *flash* F, un conducto (7) desde el evaporador *flash* F y una bomba G conectada a este, pudiendo desprenderse vapores del evaporador *flash* F a través de un conducto de fase de vapores (14) y pudiendo recircularse la fase líquida caliente a través de conductos que comprenden el conducto (7) desde el evaporador *flash* a la bomba G en la corriente de circuito, un conducto de escape (8), una bomba de escape H así como un conducto de corriente de sustrato (9), o bien a través de un conducto de realimentación (11) al fermentador o al depósito de digestatos A o bien pudiendo suministrarse a través de un conducto de alimentación (10) a un segundo fermentador o depósito de digestatos I, caracterizado por que el intercambiador de calor D se calienta a través del conducto de corriente de sustrato (9) con la fase líquida caliente procedente del evaporador *flash* F, y el evaporador *flash* F está unido a un equipo transportador de gas inerte O a través del conducto de fase de vapores (14), una separación de gotas J y condensadores K y M.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que el equipo transportador de gas inerte O está realizado como bomba de chorro de agua.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la separación de impurezas C prevista en el conducto (2, 3) procedente del fermentador A está unida mediante conducción, por un lado, al intercambiador de calor D para las fracciones líquidas del sustrato y, por otro lado, a través del conducto (22) al segundo fermentador I para las fracciones sólidas del sustrato.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la fase líquida caliente se suministra a través del conducto (10) a un tanque de mezcla P que está unido mediante conducción, por su parte, a los fermentadores A e I.
5. Procedimiento en un dispositivo según la reivindicación 1 para la separación continua de amoniaco o la reducción de amonio de líquidos de fermentación o digestatos de instalaciones de biogás, especialmente aquellos que se generan a partir de la digestión de despojos de matadero, reduciéndose amoniaco o amonio mediante una evaporación instantánea, separándose de los líquidos de fermentación o digestatos de instalaciones de biogás y separándose como amoniaco, caracterizado por que los líquidos de fermentación o digestatos de instalaciones de biogás se precalientan antes de la evaporación instantánea por el calor residual del medio tratado, después se calientan antes de la evaporación instantánea a una temperatura de 80 °C a 95 °C y se distienden desde una presión de admisión antes de la evaporación instantánea de 1,5 bar a 3,0 bar mediante pulverizado hasta una presión operativa de 500 mbar a 700 mbar y el medio tratado se suministra a un fermentador o depósito de digestatos tras el intercambio de calor con los líquidos de fermentación o digestatos de instalaciones de biogás.

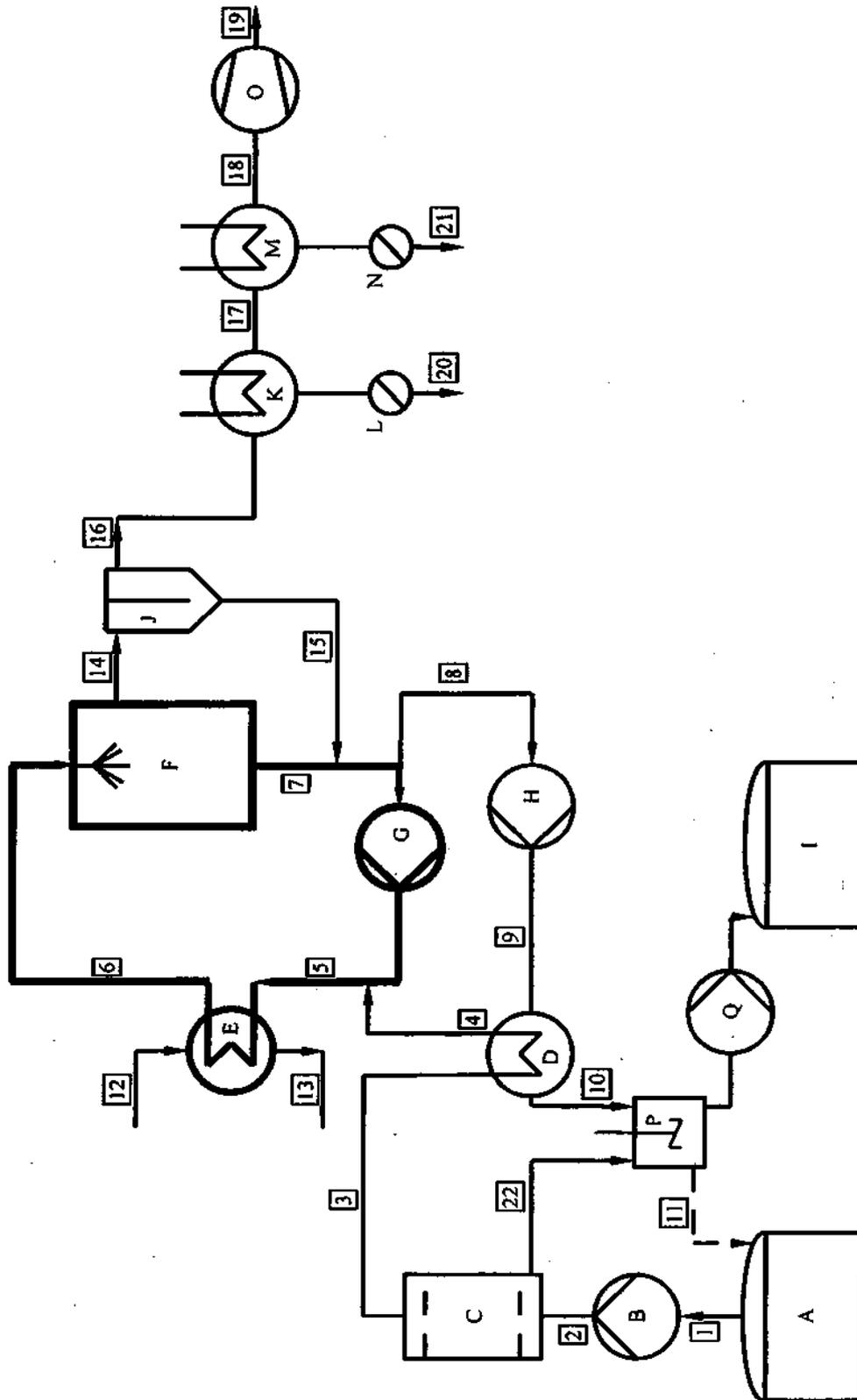


Ilustración 2