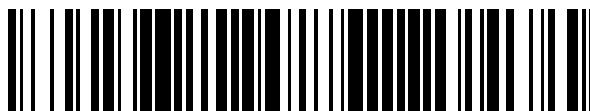


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 107**

51 Int. Cl.:

C12P 5/02 (2006.01)

C02F 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08786369 .2**

96 Fecha de presentación: **23.07.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2183374**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.05.2010**

54 Título: **Procedimiento para la conversión de biomasa procedente de materias primas renovables en biogás en fermentadores anaerobios**

30 Prioridad:
30.07.2007 DE 102007037202

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.06.2012

73 Titular/es:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V.
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:
**SCHWARZ, Björn;
FASSAUER, Burkhardt;
FRIEDRICH, Eberhard;
FRIEDRICH, Hannelore y
MICHAELIS, Alexander**

74 Agente/Representante:
Lehmann Novo, Isabel

ES 2 383 107 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

5 Procedimiento para la conversión de biomasa procedente de materias primas renovables en biogás en fermentadores anaerobios

10 La invención se refiere a los sectores de la bioquímica y generación de energía, y se refiere a un procedimiento para la conversión de biomasa procedente de materias primas renovables en biogás en fermentadores anaerobios, el cual se emplea en una instalación de generación de biogás, y cuyo empleo es posible tanto en la mono-fermentación de materias primas renovables como también en la co-fermentación con fertilizantes industriales (p. ej. abono líquido) en instalaciones de biogás agrícolas o en la co-fermentación con lodos de clarificación en instalaciones de clarificación municipales.

15 La transformación de biomasa en biogás a explotar energéticamente bajo el aprovechamiento de la capacidad de rendimiento bioquímica de una población mixta anaerobia de microorganismos se pone en práctica a gran escala tanto en instalaciones de biogás agrícolas como también en digestores de instalaciones de clarificaciones municipales. La técnica de procedimiento utilizada en este caso abarca un espectro muy amplio de combinaciones de números y conexiones de los fermentadores, temperatura del proceso (mesófila, termófila), tratamiento del sustrato, régimen de carga, mezcladura a fondo, tiempo de permanencia y sollicitación del espacio.

20 En el aprovechamiento de materias primas renovables en calidad de sustrato principal o co-sustrato para la generación de biogás, su estructura química impide una reacción completa en biogás. Porciones grandes del material vegetal se componen de celulosa, hemicelulosa y lignina difícilmente o para nada accesibles para microorganismos. Esto conduce, en el caso de emplear tecnologías de fermentación habituales, las cuales, aparte de un desmenuzamiento tosco mecánico del material de entrada, no ejercen ningún tratamiento más amplio del sustrato, a grados de degradación insatisfactorios y, en parte, no rentables. Los tiempos de permanencia de los sustratos en fermentadores anaerobios son con 50 a 150 días muy largos, y el rendimiento energético en forma de biogás es, a pesar de todo, no satisfactorio.

30 Además, en el caso de reactores conectados en serie (cascadas), sólo el primer reactor está totalmente aprovechado, dado que la mayor parte de las sustancias orgánicas microbiológicamente disponibles ya se ha hecho reaccionar en los primeros 20 a 30 días. Todos los reactores conectados a continuación están muy seriamente limitados en su rendimiento de degradación y velocidad. La causa es la hidrólisis muy lenta de las fracciones orgánicas remanentes. Esta etapa de degradación que limita la velocidad conduce a una carga incompleta de la metanogénesis, la cual presenta todavía claras reservas.

40 Para el mejor aprovechamiento de la energía contenida de manera primaria en las materias primas renovables durante la fermentación se ha de acelerar externamente la hidrólisis, es decir, la descomposición de macromoléculas complejas en sus componentes básicos. Para ello existe, según el estado conocido de la técnica y, ante todo en el sector de la obtención de materias primas a partir de materias primas renovables (química de los elementos), una serie de procedimientos. Diferentes combinaciones a base de un tratamiento previo mecánico (desmenuzamiento, molienda), métodos físicos (procedimiento de explosión a vapor, tratamiento con agua caliente, hidrólisis por termo-presión), químicos (ácidos, lejías, oxidación en húmedo) y enzimáticos se emplean, p. ej., para una lisis de celulosa y hemicelulosa. Sin embargo, los métodos mencionados no se pueden emplear directamente en el sector de aplicación del generador de biogás, dado que, por ejemplo, la demanda de energía y productos químicos para las corrientes en volumen a tratar es elevadamente no rentable. En el caso de la fermentación o co-fermentación de materias primas renovables se emplean, según el estado conocido de la técnica, los siguientes procedimientos para una intensificación de la degradación:

50 - Disgregación previa mecánica (p. ej. mediante extrusora)
 * necesario elevado contenido en sólidos del sustrato a tratar → empleo anterior a los primeros fermentadores para sustratos sólidos (ensilajes),
 * escasa aceleración de la degradación en el primer fermentador, el cual posee un buen rendimiento de degradación también sin tratamiento del sustrato,

55 - Dosificación de enzimas
 * especializada a unos pocos grupos de sustratos (p. ej. celulosa),

- * escaso aumento del grado de degradación
- * coste relativamente elevado para las enzimas,

- 5 - Hidrólisis/metanización separada, separación sólido-líquido y control del pH mediante retorno de la fase líquida (documento EP 0 566 056 A1)
- * desacoplamiento de la corriente principal de las sustancias sólidas, difícilmente hidrolizables,
 - * hidrólisis biológica de los sólidos separados en fermentadores extra → hidrólisis demasiado lenta y limitada por una capacidad limitada de lisis de los microorganismos,
- 10 - Desintegración térmica entre primero y segundo fermentadores conectados en serie (documentos DE 198 58 187 C2, DE 103 45 600 A1)
- * de 10 a 120 min a 60 hasta 90°C → temperaturas demasiado elevadas para la conservación de bacterias generadoras de metano y demasiado bajas para la lisis de las fracciones difícilmente degradables,
- 15 - Desintegración térmica como etapa intermedia (documento FR 2 711 980 C2)
- * tratamiento a plena corriente a 80 hasta 175°C → consumo muy elevado de energía y exterminio de las bacterias generadoras de metano,
- 20 - Deshidratación y tratamiento térmico (documento EP 0 737 651 A1)
- * a 60°C o superior → temperaturas demasiado bajas para una lisis eficaz.

En el documento WO 2006/042551 se describe un procedimiento para la producción de biogás a partir de desechos orgánicos, el cual comprende las siguientes etapas:

- 25
- fermentación de los desechos orgánicos en un primer reactor de biogás;
 - hidrólisis de los desechos orgánicos disgregados en un tanque de hidrólisis anaerobio; y
 - fermentación de los desechos orgánicos hidrolizados en un segundo reactor de biogás;
- 30 en donde los gases que se desprenden del tanque de hidrólisis anaerobio son eliminados en la parte superior del tanque mediante circulación de gas.

Los inconvenientes de las soluciones del estado conocido de la técnica consisten, ante todo, en el rendimiento insuficiente de gas en comparación con el tiempo de permanencia total de las materias primas renovables en la instalación de biogás.

35 La misión de la presente invención consiste en indicar un procedimiento para la conversión de biomasa procedente de materias primas renovables en biogás en fermentadores anaerobios, el cual se realice en un tiempo de permanencia total más corto de las materias primas renovables en la instalación de biogás y/o con una mayor cantidad y/o calidad del biogás.

40 La misión se resuelve mediante la invención indicada en las reivindicaciones. Ejecuciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

45 En el procedimiento de acuerdo con la invención para la conversión de biomasa procedente de materias primas renovables en biogás en fermentadores anaerobios se incorporan materias primas renovables en al menos un primer fermentador-reactor anaerobio conjuntamente con líquido y otras materias primas necesarias para la metanogénesis, y allí se someten a un proceso de fermentación, seguidamente el residuo de la fermentación se somete a una separación de fases sólido-líquido y la fase sólida separada se somete a una hidrólisis por termopresión a temperaturas de al menos 170°C y presiones de al menos 1,0 MPa, y la fase sólida, así tratada, se

50 aporta al primer fermentador-reactor anaerobio o a un segundo fermentador-reactor anaerobio y se somete a otro proceso de fermentación, y al primer fermentador-reactor anaerobio se aportan al menos porciones de la fase líquida después de la separación de fases sólido-líquido.

55 Ventajosamente, como otras materias de partida necesarias para la metanogénesis se añaden abono líquido y/o lodos de clarificación y/o aguas del proceso.

Asimismo de manera ventajosa, la separación de fases sólido-líquido se lleva a cabo mediante prensado,

centrifugación o tamizado.

Además, ventajosamente, la hidrólisis por termo-presión se completa mediante etapas de tratamiento mecánicas de la fase sólida antes o durante la hidrólisis por termo-presión.

5 Es también ventajoso que la hidrólisis por termo-presión sea completada mediante etapas de tratamiento químicas y/o enzimáticas de la fase sólida antes o durante la hidrólisis por termo-presión.

10 Y también es ventajoso que la hidrólisis por termo-presión se lleve a cabo a temperaturas en el intervalo de 170 a 250°C.

Asimismo es ventajoso que la hidrólisis por termo-presión se lleve a cabo a presiones de 1 a 4 MPa.

15 Y también es ventajoso que la hidrólisis por termo-presión se lleve a cabo mediante el aprovechamiento del calor residual de otros procesos.

20 Con el procedimiento de acuerdo con la invención resulta posible, por primera vez, indicar un procedimiento de generación de biogás que produzca biogás en un tiempo menor y/o con un mayor rendimiento. En este caso, el tiempo de permanencia total de la biomasa de hasta ahora 50 a 150 días puede acortarse a menos de 50 días. Al mismo tiempo, tanto la cantidad como también la calidad del biogás producido puede mejorarse mediante un grado de degradación de la biomasa empleada superior al 80%.

25 Con el procedimiento de acuerdo con la invención se elaboran materias primas renovables para formar biogás. Por materias primas renovables se han de entender en el marco de la presente invención todas las materias primas que sean plantadas en agricultura con fines de la obtención de energía. Además, bajo este término se han de entender asimismo sustancias residuales procedentes de la producción agrícola. No son materias primas renovables en el sentido de la presente invención los lodos de clarificación.

30 La diferencia entre las materias primas renovables y lodos de clarificación para el procedimiento de acuerdo con la invención se ha de considerar particularmente también en que las materias primas renovables en cada una de las etapas del procedimiento presentan una proporción claramente superior de residuo seco orgánico, de celulosa y lignina, así como también un tamaño de partículas claramente mayor.

35 Con el procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse un aprovechamiento energético casi completo de la biomasa empleada y de su reacción para formar biogás. Casi toda la energía primaria contenida en el sustrato puede ser transformada en biogás, el cual es hecho fluir a continuación.

40 También, en virtud de la velocidad de degradación claramente incrementada pueden aprovecharse de manera esencialmente más eficaz los volúmenes del fermentador existentes e instalaciones nuevas a planificar pueden ser dimensionadas más pequeñas.

45 Con el procedimiento de acuerdo con la invención se alcanza un aprovechamiento casi completo de la capacidad de metanización de los fermentadores anaerobios. Esto significa que todos los fermentadores-reactores de una instalación de biogás para la fermentación o co-fermentación de materias primas renovables son cargados siempre con una cantidad tal de sustratos que se pueden hacer reaccionar fácilmente que no se produce ninguna limitación acusada de la velocidad por parte de la hidrólisis. Las sustancias aportadas se hacen reaccionar tan rápidamente que para la etapa del metano siempre se encuentra a disposición ácido acético suficiente.

50 En el caso de un tiempo de permanencia medio de 25 días en el primer fermentador-reactor anaerobio se degrada de manera conocida aproximadamente el 40% de las sustancias de partidas orgánicas y se transforman en biogás. En este caso, este primer fermentador-reactor anaerobio trabaja con un rendimiento total de metanización, lo cual ha sido detectado mediante un contenido en ácidos orgánicos mayor comprobado en la práctica como producto intermedio de la cadena de degradación anaerobia. Particularmente, un contenido elevado en ácido acético apunta a una inhibición de los microorganismos metanógenos que aprovechan el ácido acético o a un elevado
55 aprovechamiento de este grupo de bacterias.

Con el fin de proporcionar en el segundo fermentador-reactor anaerobio conectado a continuación sustancias de

partida con una proporción similarmente elevada de sustratos fácilmente disponibles para un proceso de fermentación, se realizan de acuerdo con la invención dos etapas intermedias. Primeramente, el residuo de la fermentación del primer fermentador-reactor anaerobio se somete a una separación de fases sólido-líquido. El residuo de la fermentación se compone esencialmente de materias primas renovables no degradadas, microorganismos y agua. Mediante una sencilla deshidratación por la fuerza centrífuga o mediante prensado se separan conjuntamente el agua y los microorganismos y pueden ser aportados en forma de fase líquida al segundo fermentador-reactor anaerobio o pueden ser tratados como producto de desecho.

La fase sólida asimismo separada, que representa aprox. el 20 a 30% del volumen total del residuo de la fermentación del primer fermentador-reactor anaerobio contiene esencialmente el potencial de formación de gas todavía existente que puede ser liberado mediante una separación casi completa de las macromoléculas muy difícilmente hidrolizables en la etapa de hidrólisis por termo-presión en el segundo fermentador-reactor anaerobio.

El proceso de hidrólisis por termo-presión de acuerdo con la invención se lleva a cabo entonces, por ejemplo, en un reactor adicional o también en un conducto tubular entre el primer y el segundo fermentador-reactor anaerobio. Para ello, puede emplearse ventajosamente el calor residual de centrales de calefacción de bloque. Las cantidades de energía muy elevadas se aportan a la fase sólida, por ejemplo, mediante un intercambiador de calor del gas de escape, y la fase sólida se somete en un funcionamiento discontinuo a al menos 170°C y 1,0 MPa entre 10 y 120 min a una hidrólisis por termo-presión. Una sustentación adicional de la hidrólisis por termo-presión puede alcanzarse mediante un movimiento mecánico de la fase sólida. Mediante la hidrólisis por termo-presión con temperaturas relativamente altas, las celulosas y ligninas contenidas esencialmente en la fase sólida procedentes del residuo de fermentación se disgregan después de la separación de fases y se descomponen en sus componentes básicos (monómeros) y, con ello, se vuelven accesibles para la reacción ulterior para formar biogás en un fermentador-reactor. Esto no era hasta ahora posible en el caso de las soluciones del estado conocido de la técnica.

La fase sólida, así tratada, se aporta por completo al segundo fermentador-reactor anaerobio en donde se transforma casi por completo y con una velocidad comparativamente elevada en biogás.

En el caso de la presencia de sólo un fermentador-reactor anaerobio, la fase sólida sometida a la hidrólisis por termo-presión puede ser también devuelta a este reactor. Con ello, esencialmente sólo se puede llevar a cabo un proceso discontinuo. Sin embargo, una ventaja de esta solución es la cantidad reducida de biomasa reciente requerida como sustancia de partida.

Sin embargo, el procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse también dentro de una pluralidad de fermentadores-reactores, siempre que éstos, por ejemplo, ya estén presentes.

Mediante la separación de fases sólido-líquido se consigue, además, la ventaja de que se reduce claramente el volumen de tratamiento, lo cual significa un ahorro o un aprovechamiento más eficaz de la energía térmica empleada. Además, con ello las bacterias generadoras de metano y otros microorganismos intactos en el residuo de la fermentación después del primer fermentador-reactor anaerobio no se someten a ningún tratamiento térmico, y pueden continuar empleándose en el primer o segundo fermentador-reactor anaerobio.

Y otra ventaja consiste en el aumento del tiempo de permanencia hidráulico en el segundo reactor, ya que se puede retirar una parte de la fase líquida del procedimiento global.

Otra ventaja del procedimiento de acuerdo con la invención consiste en su elevada flexibilidad, la cual resulta mediante la separación de fases sólido-líquido. Las relaciones del medio del segundo fermentador-reactor anaerobio pueden verse afectadas por la variación de la adición de la fase líquida, lo cual repercute de forma positiva sobre la estabilidad de funcionamiento y, con ello, el rendimiento de biogás.

Seguidamente se explica con mayor detalle la invención en un ejemplo de realización.

En este caso muestra

la Fig. 1 el esquema del procedimiento con dos fermentadores.

50t de ensilaje, consistente en 60% de maíz y 40% de centeno, se aportan diariamente, junto con 100 m³ de abono líquido, a un reactor con caldera con agitador anaerobio accionado de forma continua en calidad de primer fermentador-reactor. En esta primera etapa de fermentación se hacen reaccionar en un tiempo de permanencia hidráulico de 20 días, aproximadamente 40% de los sustratos orgánicos contenidos en el material de entrada para

formar biogás.

5 El residuo de la fermentación de esta primera etapa (aprox. 136t/d) se deshidrata con ayuda de una prensa de extrusión por tornillo sinfín. En este caso resultan aprox. 107 t de fase líquida con un contenido en sólidos de 4% y
aprox. 31 t de sólidos con un residuo seco de 30%. Dos tercios de la fase líquida se transfieren al siguiente fermentador 2 y el tercio restante al almacén final (aprovechamiento de las sustancias). Los sólidos separados se someten a un tratamiento durante 30 minutos a 220°C y 2,5 MPa. Esto tiene lugar en un funcionamiento discontinuo bajo el aprovechamiento del calor residual de una central de calefacción de bloque (BHKW – siglas en alemán). A continuación de esta hidrólisis por termo-presión, los sólidos licuados en parte acceden asimismo al
10 segundo fermentador-reactor. Las porciones orgánicas contenidas se transforman casi por completo en biogás en el segundo fermentador-reactor durante el tiempo de permanencia hidráulico de 20 días. El grado de degradación total alcanzado de la sustancia orgánica en los dos fermentadores asciende en total al 80%.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para la conversión de biomasa procedente de materias primas renovables en biogás en fermentadores anaerobios, en el que materias primas renovables se incorporan a al menos un primer fermentador-reactor anaerobio junto con líquido y otras sustancias de partida necesarias para la metanogénesis, y allí se someten a un proceso de fermentación, seguidamente el residuo de la fermentación se somete a una separación de fases sólido-líquido y la fase sólida separada se somete a una hidrólisis por termo-presión a temperaturas de al menos 170°C y presiones de al menos 1,0 MPa, y la fase sólida, así tratada, se devuelve al primer fermentador-reactor anaerobio o se aporta a un segundo fermentador-reactor anaerobio y se somete a otro proceso de fermentación, y en el que al menos porciones de la fase líquida son aportadas después de la separación de fase sólido-líquido al primer o al segundo fermentador-reactor anaerobio.
- 10
- 15 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que como otras sustancias de partida necesarias para la metanogénesis se añaden abono líquido y/o lodos de clarificación y/o aguas del proceso.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la separación de fases sólido-líquido se lleva a cabo mediante prensado, centrifugación o tamizado.
- 20 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la hidrólisis por termo-presión se completa mediante etapas de tratamiento mecánicas de la fase sólida antes o durante la hidrólisis por termo-presión.
- 5.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la hidrólisis por termo-presión se completa mediante etapas de tratamiento químicas y/o enzimáticas de la fase sólida antes de la hidrólisis por termo-presión.
- 25 6.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la hidrólisis por termo-presión se lleva a cabo a temperaturas en el intervalo de 170 a 250°C.
- 30 7.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la hidrólisis por termo-presión se lleva a cabo a presiones de 1 a 4 MPa.
- 8.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la hidrólisis por termo-presión se lleva a cabo mediante el aprovechamiento del calor residual de otros procesos.

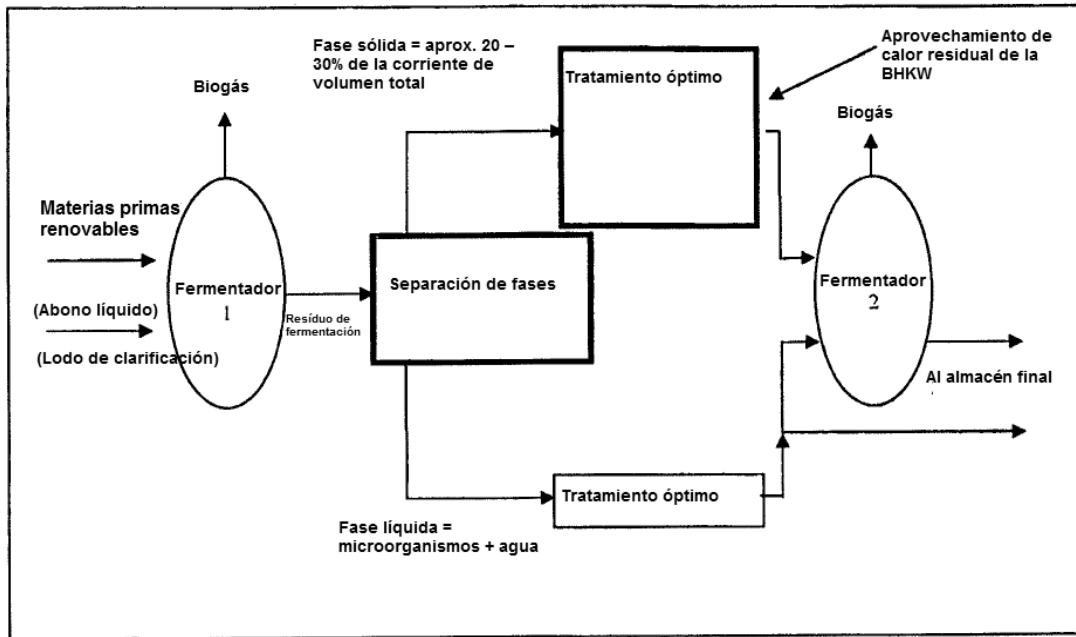


Fig 1