

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 944**

51 Int. Cl.:

C12M 1/107 (2006.01)

C12M 1/00 (2006.01)

C12P 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.03.2015 PCT/EP2015/000482**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15132000**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2015 E 15712045 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 3114208**

54 Título: **Dispositivo y método para la producción de un preparado de biomasa, especialmente de materias primas con un alto contenido de lignina**

30 Prioridad:

03.03.2014 DE 102014003159
03.03.2014 DE 202014004906 U

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.11.2020

73 Titular/es:

MWK BIONIK GMBH (100.0%)
Haiming 17
83119 Obing, DE

72 Inventor/es:

WACKERBAUER, MATTHIAS

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 793 944 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

Dispositivo y método para la producción de un preparado de biomasa, especialmente de materias primas con un alto contenido de lignina

5 **Ámbito de la invención**

La presente invención se refiere a un dispositivo y un proceso para producir un preparado de biomasa (composición de biomasa), en particular un preparado de biomasa fermentable, mediante una combinación de activación biológica, mecánica y/o térmica de activadores microbiológicos capaces de descomponer y hacer fermentable la biomasa que es difícil de descomponer, en particular la parte de lignina de la biomasa.

Estado de la técnica

15 Las plantas de biogás convencionales trabajan con bacterias hidrolizantes y metanizadoras que pueden metabolizar sustancias azucaradas y otros compuestos de carbono fácilmente fermentables en metano. En términos generales, el biogás es una mezcla gaseosa producida de sustratos orgánicos mediante procesos de fermentación y descomposición anaeróbica. Consiste principalmente en metano (aprox. 50-80 vol% dependiendo de la materia prima), dióxido de carbono (19-49 vol%) y vapor de agua (1-4 vol%), las principales fuentes de energía del biogás. Durante la combustión se convierte en energía, oxígeno y dióxido de carbono, por ejemplo.

20 Sin embargo, los sistemas de biogás de última generación tienen la desventaja de que no fermentan, o casi no fermentan, o sólo fermentan durante un tiempo muy largo en particular las materias primas que contienen lignina, como la paja. En vista del tiempo de permanencia final de la biomasa en el fermentador por razones económicas, hasta más del 50% de la biomasa permanece sin fermentar en los sistemas de biogás convencionales. Esto significa una considerable ineficiencia y conduce a un alto consumo de materias primas. En tiempos de altos precios de las materias primas, esto es económicamente muy desventajoso y pone en peligro la rentabilidad de las plantas de biogás convencionales.

30 También se han desarrollado reactores de biogás termófilos que fermentan a temperaturas más altas. Como resultado, la digestión y metanización de las fracciones de material menos fermentables son algo mejores. Sin embargo, proporciones considerables de la biomasa aún permanecen sin fermentar. La biomasa de paja, en particular, conduce a la formación de capas flotantes en el depósito, incluso si el rendimiento total ya es superior al 50% del aporte de carbono. La biomasa vegetal consiste especialmente en celulosa, hemicelulosa y lignina. La lignocelulosa está protegida por una capa de lignina y, por lo tanto, no puede o sólo puede fermentarse muy lentamente sin más tratamiento previo.

40 En los últimos años se han desarrollado numerosos sistemas para lograr una mejor fermentación mediante la trituración de las materias primas. Sin embargo, estos sistemas tienen un alto consumo de energía, especialmente el consumo de electricidad para el accionamiento mecánico. Por consiguiente, el aumento de la eficiencia que puede lograrse de esta manera es bajo o incluso cuestionable. Además, tampoco es posible descomponer el contenido de lignina en grado suficiente.

45 También se han desarrollado sustancias y procesos biológicos y bioquímicos para optimizar el metabolismo de la fermentación en las plantas de biogás. Estos métodos ayudan a remediar las deficiencias del metabolismo microbiano y pueden aumentar el rendimiento. Sin embargo, incluso esto no cambia mucho la fermentabilidad fundamentalmente deficiente de las materias primas leñosas y/o que contienen lignina. Este problema de la casi imposible fermentación de la paja es tanto más grave cuanto que hasta el 50 % y más de las materias primas, como el ensilado de maíz, consisten en biomasa similar a la paja. Con la tecnología convencional, normalmente alrededor del 50% de la valiosa biomasa utilizada permanece sin fermentar. Cuando se utiliza biomasa pajiza como el estiércol de caballo, la fermentación es a menudo muy difícil e ineficiente.

50 Por esta razón, en los últimos años se han desarrollado procesos de activación que funcionan con vapor. El problema aquí, sin embargo, es que el vapor tiene que ser generado directamente en la planta de biogás, lo que significa un gran esfuerzo. Se ha comprobado que la eficiencia general de la metanización no puede aumentarse suficientemente ni siquiera después de la digestión por vapor.

60 Hasta ahora, la digestión más completa posible de las biomásas que contienen lignina, como las fracciones de paja, no se ha resuelto satisfactoriamente para lograr una fermentación mucho más completa de las biomásas utilizadas. El proceso también debe ser eficiente, seguro y económico.

La lignina consiste en biopolímeros sólidos que están incrustados en la pared de la célula vegetal y por lo tanto causan la lignificación de la célula vegetal. La lignina es particularmente responsable de la resistencia a la compresión de los componentes de la planta, es decir, se encuentra en el tallo o el tallo y/o en las cáscaras.

La degradación biológica natural de la lignina es muy lenta y biológicamente compleja. La degradación de la lignina siempre tiene lugar en condiciones aeróbicas y es muy intensiva en energía. Por eso, no puede ser usado como la única fuente de carbono y energía. Por lo tanto, la degradación natural de la lignina no puede utilizarse para las plantas de energía de biomasa.

La degradación técnica de la lignina desempeña un papel especialmente importante en la producción de celulosa. Para producir celulosa, la lignina debe ser disuelta de la lignocelulosa y eliminada del proceso. Existen diferentes procesos para la digestión de la celulosa y para el posterior blanqueo de la misma. En alrededor del 80 % de todas las plantas de pasta de papel la digestión se realiza por el llamado procedimiento del sulfato, también conocido como proceso Kraft. Una alternativa es la digestión de la celulosa en el procedimiento al sulfito, en el que la lignina se descompone por sulfinación.

DE 10 2005 030 895 A1 describe un dispositivo para la digestión de material biológico mantenido en dispersión con un recipiente para el paso del material, en el que se inserta un grupo de generadores de sonido discretos. Especialmente con ultrasonido. El dispositivo está destinado a desintegrar las piezas. La entrada de energía térmica por los generadores de ultrasonidos es suficiente para permitir que la fermentación posterior tenga lugar a la temperatura adecuada. El dispositivo se describe en relación con un fermentador y un uso de biogás en la planta de cogeneración. La descripción menciona una introducción de la masa preparada inyectada desde abajo a alta presión, con el objetivo de obtener una mezcla intensiva en el fermentador.

DE 10 2011 113 646 B3 describe un tanque de digestión para la recolección de balas y el suministro de una mezcla precalentada de ácido/agua a través de un equipo de inyección y elementos de tamiz en la zona inferior para separar el hidrolizado líquido de la biomasa sólida. La activación tiene lugar preferentemente a 140-160 °C. Se utilizan ácidos minerales u orgánicos. El 50% de la lignina se disuelve. Más del 75 % de la hemicelulosa se convierte en monosacáridos.

DE 31 38 309 A1 describe un proceso de digestión de madera y otras sustancias que contienen lignina, utilizando animales que viven en el tracto intestinal, como se encuentra en la simbiosis con las termitas en particular. Además, se menciona que después de su separación y reproducción, los protozoos y las bacterias son congelados o liofilizados.

DE 10 2011 118 067 A1 describe un proceso de activación en el que se añaden formadores de ácido acético. El activador inicia, promueve y mantiene la formación de ácido acético. El término ácido acético también incluye los acetatos, las sales del ácido acético. Esto se debe a que el anión CH_3COO^- está presente principalmente en los procesos bioquímicos. Se forma el llamado tampón de acetato de ácido acético. Se utilizan bacterias vivas de ácido acético y se produce una suspensión a partir del azúcar, el alcohol y el agua, que se suele añadir con 1 litro por metro cúbico de biomasa. Alternativamente, se añade levadura viva. La reacción tiene lugar a un valor de pH inferior a 4 y el dispositivo utiliza agitadores en espiral.

DE 198 58 187 C2 describe un proceso y un dispositivo para reducir el contenido orgánico de un sustrato que puede ser putrefacto. Una primera etapa de digestión anaeróbica se combina con una desintegración térmica y una posterior segunda etapa de digestión anaeróbica. A pesar del esfuerzo de desintegración térmica, sólo las hemicelulosas pueden ser digeridas, las fracciones de lignina, sin embargo, permanecen sin digerir. Así, el rendimiento energético aumenta sólo un 10%.

Todos estos procesos conocidos indican que también pueden digerir la lignina, pero sólo en una medida muy pequeña y económicamente poco rentable. Esto hace que la degradación de la lignina en las plantas de fermentación sea técnica y económicamente ineficiente. Por consiguiente, las partes de la planta que contienen lignina permanecen sin utilizar y terminan en el residuo de fermentación (hasta el 50% de la biomasa en las plantas de biogás).

La tarea de la invención

La tarea de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar un proceso y un dispositivo para la producción de un preparado de biomasa, por el cual la biomasa con un contenido muy alto de lignina, como la paja de cereales, el estiércol de caballo, los restos de poda, los residuos de fermentación y/o el plateado chino o los pastos C4 pueden utilizarse como materia prima (reactante) y el carbono orgánico contenido en el reactante se convierte lo más completamente posible en hidrocarburos ricos en energía (por ejemplo, metano).

Solución según la invención

La tarea de la presente invención se resuelve además por un proceso de producción de un preparado de biomasa descrito en reivindicación 1.

El proceso también puede incluir en los diseños:
el suministro de un dispositivo para aumentar la presión o el volumen de bombeo.

El proceso según la invención comprende el paso opcional de someter la combinación de reactante y el agente para digerir el reactante a una presión $P > P_A$ por medio de un dispositivo de aumento de presión, por ejemplo, una bomba o un compresor, por ejemplo, antes o después del dispositivo térmico.

5 El proceso según la invención permite de forma ventajosa la producción particularmente eficiente de composiciones de biomasa fermentables, en particular la digestión de productos que contienen lignina, aunque no se limita a estos y en particular a la producción del llamado biogás.

10 El proceso según la invención se basa en el efecto predominantemente activable térmicamente de un activador esencialmente microbiológico, que descompone el reactante (en lo sucesivo, también llamado agente para descomponer el reactante) que también puede intensificarse aplicando mayores presiones. Este activador difiere bastante de todos los agentes utilizados hasta ahora.

15 El activador microbiológico según la invención contiene grandes cantidades de aproximadamente 100.000 millones de partículas por mililitro de microorganismos termófilos amantes de la presión. Las condiciones de activación preferidas son temperaturas entre 70 y 80 °C y presiones entre 2 y 6 bares.

20 El activador se añade opcionalmente a la materia prima sólida en el premezclador. Alternativamente, el activador ya es un componente de una de las materias primas que se mezclan en el mezclador de materias primas. El activador se añade a la materia prima sólida, por ejemplo, la paja, por ejemplo, mediante la pulverización de un dispositivo de boquilla. El activador entra en contacto con la superficie de las partículas de la materia prima.

Otra alternativa es alimentar el activador directamente en la tubería en la materia prima mezclada.

25 Preferentemente se utilizan dos grupos diferentes de microorganismos solos o preferiblemente en combinación:

- Microbios anaerobios o aerobios, que descomponen y degradan las biomoléculas (por ejemplo, proteínas, azúcares, grasas, celulosa, ácidos nucleicos), es decir, pueden digerir las celulosas de cadena larga y convertirlas en moléculas de cadena más corta.

- Microbios termófilos que, por encima de una temperatura de activación, producen disolventes que, por ejemplo, desprenden las capas de lignina de las partículas de biomasa.

35 En los agentes activadores especialmente preferidos, se utilizan preferentemente más de tres tipos diferentes de microorganismos en combinación.

- Microbios anaerobios que descomponen y degradan las biomoléculas, es decir, los que pueden digerir, por ejemplo, las celulosas de cadena larga y convertirlas en moléculas de cadena más corta.

- Microbios aeróbicos que utilizan el oxígeno y/o los oxidantes para impulsar el metabolismo.

- Microbios termófilos que generan disolventes por encima de una temperatura de activación, que por ejemplo desprenden las capas de lignina de las partículas de biomasa.

45 Un diseño de agente activador combina las mencionadas mezclas de microbios con oligoelementos.

Un diseño de agente activador combina las mencionadas mezclas de microbios con formadores de gel.

50 Otro diseño especial de agente activador combina las mencionadas mezclas de microbios con agentes auxiliares para mejorar las reacciones exotérmicas que posteriormente contribuyen al calentamiento de la mezcla de la materia prima.

El proceso se lleva a cabo preferentemente a un valor MS entre 15 y 40, preferiblemente 15 a 35 y sobre todo preferentemente a 22 a 30, ya que sólo a estos valores es posible una buena transferencia de calor a una mezcla de paja y líquido, de modo que la activación también tiene lugar y todo el proceso puede llevarse a cabo en períodos de tiempo manejables. El valor MS depende de la materia prima seleccionada y, por lo tanto, varía dentro del rango dado anteriormente. La mejor transferencia de calor con paja se obtiene en la gama de valor particularmente preferida, lo que no significa, sin embargo, que en las otras gamas de temperatura preferida el proceso según la invención no pueda también llevarse a cabo con resultados particularmente buenos en la cantidad de biogás obtenida, que sin embargo depende de la fuente de lignina o de la materia prima.

El valor TS (en porcentaje) es la cantidad de materia seca por kg de reactante o materia prima. El valor MSO significa la cantidad de materia seca orgánica y se utiliza como sinónimo del valor MS. Un reactante húmedo tiene un bajo contenido de materia seca, un reactante seco contiene mucha materia seca. Un reactante se denomina húmedo si el contenido de materia seca es inferior a 300 g/kg de masa fresca, lo que corresponde a un valor MS de 30. En aras de

la exhaustividad, los reactantes secos se definen como reactantes con más de 500 g de materia seca por kg de masa fresca (MS más de 50).

5 El valor MS se determina pesando la masa fresca y luego secándola. La muestra seca se pesa de nuevo. La diferencia entre las dos mediciones es la cantidad de agua evaporada durante el proceso de secado. La cantidad de materia seca se expresa en g/kg de masa fresca. A menudo, la materia seca también se expresa como un porcentaje. Un contenido MS de 330 g/kg de masa fresca es idéntico al MS 33%, o adimensional como MS = 33.

10 La activación térmica se logra excediendo una temperatura de activación T_a durante al menos el período de activación Z_a . La temperatura T_t realmente alcanzada es decisiva para el tiempo mínimo de activación Z_a necesario para descomponer la materia prima difícil de descomponer. Por razones biológicas, actualmente se utiliza la temperatura más baja $T_a = 63\text{ °C}$, pero entonces todavía se requieren horas de tiempo de activación. Técnicamente, por lo tanto, las temperaturas reales de $T_t = 70\text{ °C}$ a 75 °C son necesarias para lograr la activación en un tiempo razonablemente corto. Sorprendentemente, se descubrió que la temperatura de activación no está muy limitada, sino que se está deslizando. Hay una relación según la cual el doble del exceso de temperatura $T_t - T_a$ lleva a reducir al menos a la mitad el tiempo de activación Z_a . Técnicamente uno también hará que el tiempo real Z_t de exceder a T_a sea más largo que Z_a . Un efecto secundario de la activación térmica suele ser también la higienización de la materia prima.

20 El reactante sólido, por ejemplo, la paja, se tritura mecánicamente de forma ventajosa antes de la mezcla sólido-líquida. La trituración mecánica de la materia prima y la subsiguiente mezcla con el agente activador añadido se lleva a cabo según la invención. Opcionalmente, se genera una presión de trabajo de más de 1 bar, preferiblemente más de 2 bar o más de 3 bar, para suprimir la formación de gas y aumentar la solubilidad del gas. No es indispensable aumentar la presión, pero a la presión atmosférica a menudo surgen y escapan CO_2 y NH_3 . El rasgo característico de la invención es, por lo tanto, en particular el diseño resistente a la presión del sistema cerrado en la zona de calentamiento. La entrada de materia sólida está abierta naturalmente. Aquí, como es técnicamente usual, la paja, por ejemplo, se vierte en un aparato de alimentación de sólidos a través de una tolva. Sin embargo, la alimentación de los sólidos es hermética a los líquidos y a la presión contra el área o áreas de calentamiento. La presión se libera sólo después de la activación térmica, especialmente después de la reducción de la presión debido a las pérdidas de fricción en la tubería al dejar el extremo de la tubería en el fermentador.

30 El procedimiento según la invención se lleva a cabo en un diseño adicional, de la siguiente manera:

35 La preparación comienza con el suministro de una mezcla de materia seca predominantemente orgánica que contiene lignina - biomasa. Esto es preferentemente templado a aprox. 20 °C a 30 °C y opcionalmente puesto en contacto con la sustancia activadora de antemano, por ejemplo, por aspersión, etc.

40 La materia seca mezclada se comprime en un alimento sólido y se mezcla con una corriente de fluido suministrado. Esto puede hacerse, por ejemplo, con el EnergyJet de la compañía Vogelsang o con otros mezcladores conocidos por el experto.

La corriente de fluido suministrada se pretempera a unos 80 °C . Esto se hace calentando por etapas, preferiblemente con recuperación de calor y en sistemas de circulación.

45 En diseños adicionales del proceso según la invención en el dispositivo con circulación, el proceso puede llevarse a cabo en ciclos (véase la figura 5).

50 En el ciclo A, la materia prima líquida se introduce en el circuito, con la válvula de circulación (41) cerrada y la válvula de entrada (43) y la válvula dosificadora (42) abiertas. Además, la bomba de refuerzo y la bomba de circulación están activas simultáneamente. La materia prima precalentada fluye hacia el mezclador de la materia prima (9) donde se mezcla con la materia prima sólida. El mismo empuje hidrostático entrega la materia prima mezclada ciclo por ciclo a través del intercambiador de calor (23), que tiene un efecto activador térmico, y más adelante a través del recuperador (21) al fermentador. Si la caída de presión lo requiere, se pueden instalar opcionalmente sistemas de transporte adicionales.

55 En el ciclo B, la válvula de entrada (43) está cerrada, la válvula de circulación (41) está abierta y la válvula dosificadora (42) está cerrada. Por consiguiente, toda la línea de circulación está bajo una presión de trabajo y la materia prima líquida es circulado por la bomba de circulación hasta que se alcanza la temperatura de precalentamiento deseada. Entonces el ciclo A tiene lugar de nuevo.

60 La mezcla producida en el mezclador de la materia prima ya ha alcanzado parcialmente la temperatura de mezcla por encima de los 70 °C . Se calienta además a temperaturas de hasta 80 °C para superar la temperatura de activación en todos los elementos de volumen del preparado de la biomasa durante el mayor tiempo posible. Esto puede hacerse, por ejemplo, mediante el intercambiador de calor del recalentador calentado por el líquido refrigerante del motor, como se ha descrito anteriormente.

65

Opcionalmente, la preparación de la biomasa puede enfriarse después. Para evitar el sobrecalentamiento de los fermentadores, generalmente se lleva a cabo un enfriamiento, por ejemplo, en un recuperador.

5 La composición de la biomasa así producida a partir de la biomasa que contiene lignina puede utilizarse en biorefinerías y plantas de biogás como materia prima de muy alta calidad.

10 La activación microbiológica tiene lugar en el intercambiador de calor del recalentador y después. La activación según la invención lleva primero al desprendimiento microbiológico de la lignina y luego a la desintegración microbiológica de la lignina. La reacción de digestión continúa incluso cuando la temperatura y la presión vuelven a bajar, hasta el tiempo de permanencia en el siguiente fermentador. Por consiguiente, la activación sólo debe realizarse preferiblemente durante un período mínimo de unos pocos segundos, para que la digestión microbiológica de la lignina pueda tener lugar posteriormente. Como resultado de la digestión de la lignina, se produce una cantidad adicional correspondiente de materiales bioenergéticos utilizables, por ejemplo, biometano.

15 Además, la trituración y la activación según la invención de las materias primas reduce significativamente la energía eléctrica necesaria para los agitadores, separadores y otros equipos auxiliares. En suma, en condiciones favorables la lignina se puede descomponer con muy poca energía eléctrica adicional. Esto es de gran ventaja económica y ecológica.

20 La tarea de la presente invención se resuelve además por un dispositivo para realizar el procedimiento según la invención para producir un preparado de biomasa descrito en reivindicación 13.

El dispositivo también puede incluir:

25 - un aparato para aumentar la presión o el volumen.

El aparato para aumentar la presión y/o el volumen puede incluir, por ejemplo, una bomba y/o un compresor.

En un diseño adicional, el dispositivo según la invención para la producción de un preparado de biomasa comprende:

30 a) un dispositivo para la introducción de reactante(s) biológico(s) difícil(es) de descomponer, especialmente los que tienen un alto contenido de lignina,

35 b) un dispositivo para añadir y mezclar un agente (activador/agente activador) para descomponer el/los reactante/s, siendo el agente activador activable cuando se supera una temperatura T_A , con $T_A > 55$ °C, opcionalmente con la condición adicional de presión $P > P_A$ con $P_A > 1,3$ bar,

c) Un dispositivo para activar una combinación/mezcla de reactante(es) y activador elevando la temperatura a $T > T_A$ a la presión $P > P_A$,

40 d) un dispositivo para el aumento de la presión y el suministro de volumen, en particular una bomba o un compresor, dispuesto preferentemente en la dirección de flujo aguas arriba del dispositivo para su activación.

45 El dispositivo según la invención procesa materias primas difíciles de descomponer, en particular los que contienen lignina, y permite la producción de un preparado de biomasa de alta calidad en el que la lignina también se descompone en gran medida. Es ideal para el uso en biorefinerías o plantas de biogás.

El activador comprende una mezcla de componentes microbiológicos, preferiblemente introducidos en un líquido y, opcionalmente, complementado con nutrientes y sustancias vitales.

50 El activador/agente activador microbiológico según la invención contiene grandes cantidades (más de 10^8 partículas/microbios por mililitro, preferentemente de 10^{10} a 10^{12} por mililitro) de microorganismos termófilos amantes de la presión. Las condiciones de activación especialmente preferidas son temperaturas entre 65 y 85 °C y presiones entre 2 y 6 bares. El activador consiste en una mezcla de componentes microbiológicos, preferiblemente introducidos en un líquido.

55 Por ejemplo, el activador es una suspensión que contiene más de un millón de partículas por mililitro, preferentemente más de mil millones de partículas por mililitro. Contiene preferentemente microorganismos aeróbicos y anaeróbicos, así como termófilos. Una proporción de estos microorganismos son formadores de disolventes, es decir, los organismos producen localmente disolventes en la superficie de las partículas de la materia prima, que atacan las capas que antes eran difíciles de romper y desprenden la capa de lignina. La presencia de los formadores de disolventes es indispensable. Preferiblemente, el formador de disolventes es el componente microbiológico que puede ser activado térmicamente. La formación de disolventes activables debe distinguirse de la adición directa de disolventes que no se lleva a cabo aquí. La formación activable de los disolventes se lleva a cabo según la invención microbiológicamente, es decir, por protozoos (archaea), bacterias y/o hongos. También hay que distinguir entre el

60

- 5 disolvente que se forma en las interfaces de la biomasa después de la activación y los disolventes utilizados en otras tecnologías. Los disolventes producidos microbiológicamente después de la activación, por ejemplo, inicialmente sólo conducen al desprendimiento de la capa de lignina, pero no a la disolución de la lignina. Los fragmentos de la capa de lignina se disuelven o son descompuestos por los microbios en compuestos de carbono de cadena corta sólo después del desprendimiento.
- 10 El reactante puede utilizarse en forma sólida, pulposa o líquida, de modo que se puede descomponer casi todo tipo de biomasa, como paja, tallos de plantas, astillas de madera, excrementos de animales, residuos de mataderos, etc.
- 15 El dispositivo según la invención puede comprender un dispositivo para poner el/los reactante(s) en contacto con el activador, por ejemplo una cámara de mezcla, pero en un diseño adicional se proporciona que el reactante ya está puesto en contacto con el activador antes de ser introducido en el dispositivo real según la invención, por ejemplo mediante la pulverización del reactante con un activador líquido.
- 20 El dispositivo para la activación térmica según la invención comprende un dispositivo para templar el reactante o el preparado de la biomasa a una temperatura superior a la temperatura de activación $T > T_A$. Para ello se utilizan preferentemente intercambiadores de calor que se calientan, por ejemplo, con el calor residual del motor de una planta de cogeneración cercana. El calentamiento de los reactantes mezclados con el activador causa el inicio de la activación. Preferentemente, la activación se apoya en la aplicación de un nivel de presión mayor, en el que la presión es más alta que la presión de activación $P > P_A$. En diseños especiales, el aumento de la temperatura también puede ser causado por fuentes internas de calor químico, por ejemplo, por reacciones exotérmicas que tienen lugar o por calentamiento eléctrico o por radiación de ondas electromagnéticas o de sonido. Más abajo se explican con más detalle otras alternativas utilizando las figuras.
- 25 Otros diseños del dispositivo según la invención incluyen además un dispositivo de mezcla para reactantes, que está diseñado de tal manera que se pueden premezclar diferentes materias primas con diferentes estados de agregación, sólidas, pulposas o líquidas, como por ejemplo un dispositivo de premezcla de sólidos puros o un mezclador de materias primas sólido-líquidas.
- 30 El dispositivo según la invención tiene en algunos diseños un dispositivo para la recuperación de calor, de modo que el dispositivo según la invención puede funcionar de manera particularmente eficiente desde el punto de vista energético. Preferentemente, la energía térmica del producto digerido se transfiere al menos a una de las materias primas para aumentar su temperatura.
- 35 Los diferentes diseños del dispositivo según la invención pueden describirse como una combinación de un dispositivo biológico, mecánico y/o térmico:
- 40 - Dispositivo de acción biológica para la adición de sustancias activadoras microbiológicas (el activador), que puede atacar las capas que contienen lignina a partir de una determinada temperatura mínima,
 - un dispositivo de acción mecánica para el suministro de materias primas (reactantes) que son difíciles de descomponer y mezclar con el activador, por lo que se alcanza un cierto nivel de presión,
 - 45 - así como un dispositivo de acción térmica para fijar una temperatura por encima de la temperatura de activación, con el objetivo de lograr la activación del activador e iniciar la digestión microbiológica de la lignina.
- En un diseño adicional, el dispositivo según la invención puede comprender los siguientes componentes:
- 50 - un dispositivo para preparar una mezcla de biomasa, por ejemplo, un sistema de alimentación sólido-líquido, un fermentador, una etapa de hidrólisis o una etapa de desintegración, por el que se proporciona un flujo de masa de biomasa que contiene lignina a la salida,
 - 55 - un dispositivo para el suministro dosificado de un agente activador, que sólo se activa cuando se alcanza o se presenta un rango de activación en cuanto a presión, temperatura y concentración de nutrientes, así como tiempo,
 - un dispositivo para establecer una presión, por ejemplo 4 bares, y para el suministro, por ejemplo, una bomba o un compresor,
 - 60 - un dispositivo para ajustar la temperatura del medio, por ejemplo, un intercambiador de calor o un calentador o un liberador de calor bioquímico interno.
- 65 El dispositivo según la invención puede comprender dos sistemas de calefacción en un desarrollo adicional, a saber, un precalentador y un recalentador. El precalentador calienta la materia prima líquida a una temperatura de premezcla T_v . La materia prima líquida precalentada se mezcla con una preparación de materia prima sólida, que es preferentemente de tamaño pequeño, por ejemplo, paja picada o molida. La temperatura de mezcla resultante es T_m .

La materia prima mezclada se mezcla con el agente activador antes o después de la mezcla y luego se calienta a $T > T_A$ por un recalentador. Esto conduce a la activación del activador y, por consiguiente, al desprendimiento microbiológico de la lignina y a la posterior desintegración microbiológica de la lignina.

5 El dispositivo según la invención puede comprender dos sistemas de bomba en un desarrollo adicional, que sirven para aumentar la presión y transportar volúmenes, a saber, un primer sistema para acumular una presión de trabajo y un segundo sistema de bomba para generar un flujo de circulación. El flujo de circulación se utiliza preferentemente para hacer fluir la materia prima líquida a través del precalentador.

10 El dispositivo según la invención puede comprender en un desarrollo adicional tres sistemas de intercambio de calor, al menos dos bombas, un separador para proporcionar fluido de separación y un sistema de alimentación para biomasa sólida con mezcla de biomasa líquida o fluida.

15 Los tres sistemas de intercambio de calor están diseñados preferentemente de tal manera que cada uno de ellos puede transferir hasta 50 kilovatios de calor, basándose en un calor de combustión de 500 kilovatios. El primer intercambiador de calor actúa como precalentador, que calienta el fluido de separación precalentado por el recuperador a aproximadamente 50 °C hasta 80 °C en modo de circulación. El fluido fluye a través de una bomba de circulación a un nivel de alta presión de aproximadamente 4 a 10 bares. El segundo intercambiador de calor actúa como recalentador, calentando de nuevo la mezcla de biomasa/activador a temperaturas superiores a 75 °C, preferentemente a 80 °C, para iniciar el proceso de digestión de la lignina. El tercer intercambiador de calor actúa como recuperador para la recuperación de calor y transfiere, por ejemplo, en flujo contracorriente, el calor del preparado de biomasa digerido según la invención al fluido de separación proporcionado, la materia prima líquida. Esto es importante para limitar la entrada de calor en el fermentador. Los intercambiadores de calor están diseñados preferentemente como intercambiadores de calor de tubo. El fluido de mayor viscosidad fluye en el tubo interno
20 continuo. El tubo exterior está preferentemente espiralado y tiene dos bridas para la entrada y la salida. El gasto total de calor es aproximadamente del 6 al 20 % del calor de la combustión. El calor puede, por ejemplo, ser proporcionado de forma regenerativa a través del líquido refrigerante del motor de una planta de cogeneración.

30 La generación de presión y el transporte de materias primas con alto contenido de materia seca es tecnológicamente difícil, especialmente a altas temperaturas superiores a 60 °C. Por consiguiente, un diseño particularmente preferido del dispositivo según la invención funciona con una bomba generadora de presión, que comprime la materia prima fluida fría a $T < 50$ °C a una presión de entrada P_v de, por ejemplo, 4 a 6 bares. Sólo entonces se calienta la materia prima fluida. El aumento de la presión de trabajo impide la liberación de gas. Además, la presión de trabajo se utiliza como la fuerza motriz predominante para mover la masa a través de tuberías, mezcladores, válvulas e intercambiadores de calor, etc.
35

El precalentamiento del fluido de la materia prima se complementa con otro intercambiador de calor, que tiene la posibilidad de llevar el fluido a la absorción de calor incluso sin la adición de fluido en el mezclador de la materia prima. Un circuito de calefacción circulante, impulsado por una bomba de circulación adicional, que está a la presión del
40 circuito P_k , es particularmente preferido. La bomba entrega desde la presión P_{kr} a P_{kv} . La caída de presión en el circuito de calefacción se produce a través de tuberías, distribuidores, válvulas, intercambiadores de calor, etc.

45 El acceso a la entrada de fluido en el mezclador de la materia prima se cierra por lo menos con una válvula V_e , que puede ser variada en su apertura. El circuito de circulación también tiene una válvula V_k , que abre o cierra el circuito. La primera posición es el llenado del circuito con la válvula de circuito cerrado V_k y la válvula de alimentación abierta V_e . La segunda posición es la posición de circulación con la válvula del circuito V_k abierta y la válvula de entrada V_e cerrada. Mezclar las posiciones en el medio es posible y a veces ventajoso.

50 Un desarrollo adicional de la invención comprende además un mezclador de alimentación para materia prima sólida, opcionalmente equipado con activador, y materia prima fluida, preferentemente precalentada. El mezclador de materias primas comprende una sección de compactación accionada por motor que forma un tapón estanco de la materia prima y se replica continuamente hasta que la materia prima sólida se mezcla en el mezclador de materias primas. El tapón, que se forma y consume continuamente, proporciona un sellado resistente a la presión contra la materia prima líquida suministrado a presión y contra las zonas de activación en las que la materia prima mezclada se activa térmicamente.
55

60 En un desarrollo especial, la estanqueidad del tapón se asegura mediante una novedosa tecnología de control. La tecnología de control utilizada hasta ahora regula la velocidad de la bomba generadora de presión. Sorprendentemente, se encontró que esto no proporciona la seguridad deseada contra la penetración del líquido en contra de la dirección de entrega. Según la invención, una válvula de control está ahora controlada en la entrada de fluido de la materia prima y, como opción, una válvula de compuerta está conectada en serie por razones de seguridad, lo que reduce rápidamente el índice de flujo si la estanqueidad del mezclador de materia prima ya no está garantizada. El mezclador de materia prima genera automáticamente por su acción un tapón de materia prima de uso continuo, que tiene propiedades de sellado. Estas propiedades de sellado son tanto mejores cuanto mejor se puede compactar el compuesto para que no queden canales de fluido.
65

En un desarrollo adicional, el dispositivo según la invención comprende un suministro de agentes formadores de gel a la materia prima seca. Pues en una situación de prueba con materia prima mal sellada, se encontró sorprendentemente que la adición de agentes formadores de gel en el premezclador a la mezcla de la materia prima sólida o en el propio mezclador de materia prima tiene el efecto de formar tapones particularmente herméticos a la presión. Por lo tanto, este diseño incluye un mezclador de materia prima con un dispositivo de alimentación para agentes gelificantes. Los formadores de gel adecuados son, por ejemplo, los preparados de quitina o chitosán o los aceites o preparados gelatinosos, especialmente los que se vuelven líquidos a temperaturas elevadas y son gelatinosos a temperaturas inferiores a 60 °C. Las cantidades añadidas hacen que los canales de fluido en el tapón se cierren. Sin embargo, el tapón siempre se agota durante el funcionamiento y el material se mezcla. Por lo tanto, hay que añadir constantemente nuevos formadores de gel.

Figuras y ejemplos de diseño

A continuación, se explica la invención con más detalle mediante ejemplos de diseño y figuras, sin que esto se entienda como la limitación de un diseño particular.

Se muestra:

Figura 1: un esquema del dispositivo según la invención,

Figura 2: un diseño del dispositivo según la invención con un mezclador para materias primas sólidas,

Figura 3: un diseño del dispositivo según la invención con un mezclador para materias primas sólidas y líquidas

Figura 4: un diseño del dispositivo según la invención con un dispositivo de recuperación de calor, y

Figura 5: un diseño adicional del dispositivo según la invención en vista esquemática.

Figura 6: una comparación de la cantidad de biogás obtenida en el procedimiento según la invención y en el procedimiento del estado de la técnica.

En la figura 1 se muestran diferentes materias primas (50, 51 ... 55), que se hacen utilizables en un dispositivo de preparación 61-62. Estos dispositivos de preparación 61-62 pueden ser, por ejemplo, mezcladores de materias primas sólido-líquidas como el EnergyJet, mezcladores de materias primas líquido-líquidas, pre-fermentadores, etapas de hidrólisis o desintegradores térmicos o dispositivos de separación. De este modo, se pone a disposición del dispositivo un material de biomasa bombeable, fluido y termoconductor (1) según la invención, que tiene un contenido económicamente interesante de biomasa que contiene lignina y que es difícil de digerir (con la paja como materia prima, hasta el 60% y más de la biomasa que contiene lignina no puede ser digerida en los tiempos de permanencia pertinentes para las plantas económicas en los sistemas convencionales). Lo típico para el material de biomasa (1) es que entre el 30 y el 80 % de la sustancia orgánica sea biomasa que contenga lignina. Para permitir la digestión de la lignina, que antes era imposible, y por lo tanto la liberación adicional de fuentes de energía como el CH₄ (metano), se añade un activador y se activa. Básicamente, la adición puede tener lugar ya en la etapa de preparación (61-62), tiene que llevarse a cabo antes de la etapa de activación (21) a más tardar. El dispositivo de activación completo consiste en varios elementos (41, 31, 21 etc.) y crea las condiciones de activación apropiadas. La adición del activador (42) crea las condiciones biológicas (mediante la adición de microorganismos activadores termófilos que pueden producir sustancias bioquímicas localmente en la biomasa de lignina con la capacidad de desprender la capa de lignina, complementados si es necesario por sustancias auxiliares como los oligoelementos). El activador se agrega mediante un sistema de dosificación en cantidades típicas de 0,1 a 10 litros por tonelada de biomasa total. El sistema de dosificación (41) está diseñado opcionalmente para que también pueda dosificar al nivel de presión de activación aumentado (por ejemplo, 4 bares). Después de la dosificación, la biomasa y el activador se mezclan y entran en contacto, por ejemplo, por el efecto de mezcla de un sistema de alimentación sólido-líquido (por ejemplo, EnergyJet) o el efecto de mezcla de una bomba de fluido (por ejemplo, una bomba centrífuga). Además de la mezcla, en este elemento de transporte (31) también se realiza un aumento de la presión de activación superior a la Pa. Además, se lleva a cabo un aumento de la temperatura de activación mayor que la Ta. Para el aumento de la temperatura se utiliza un elemento calefactor (21) seleccionado (intercambiador de calor, cartucho de calefacción, fuente de calor reactiva interna, por ejemplo, aditivos de reacción exotérmica). Tras la activación (a más tardar a partir del dispositivo de activación 21), primero se desprende la biomasa que contiene lignina y luego, paso a paso, se disuelve la biomasa que contiene lignina, con lo que la biomasa que de otro modo sería difícil de descomponer se convierte en una mezcla de sustancias fermentables que contiene en particular compuestos de carbono de cadena corta.

La figura 2 muestra un dispositivo según la invención con un mezclador de materia prima, aquí denominado (9). El mezclador (9) produce la materia prima (1) para el sistema de activación real. También se puede ver que la posición de la bomba (31) está fijada en el circuito de fluido. El factor decisivo es la presión después del mezclador (9) y en el

dispositivo de activación térmica (21) para la cual se debe aplicar $P > P_a$ y $T > T_a$. La materia prima activada posteriormente se designa aquí como (58).

5 El activador (42) se añade al flujo de materia prima, opcionalmente a la mezcla de materia prima (50, ..., 55) o a la
mezcla de materia prima (1) producida a partir de ella. Además, la materia prima (1) se lleva a la presión $P > P_a$ y a la
temperatura $T > T_a$. Con ello se consigue la activación y los componentes microbiológicos del activador (42) empiezan
a activarse. Después de la activación, tiene lugar una sección de reacción, en la que la temperatura puede, pero no
tiene por qué, volver a bajar. La reducción de la temperatura, por ejemplo, mediante un recuperador, se utiliza
10 opcionalmente para limitar un aumento de la temperatura en el fermentador posterior en fermentadores mesófilos. En
los fermentadores termófilos, por ejemplo, se puede prescindir del enfriamiento después de la activación. Un diseño
particularmente preferido utiliza una proporción de residuos sólidos de fermentación, preferentemente del depósito,
para producir la mezcla de materias primas (1). Éstos se separan, por ejemplo, mediante un dispositivo de separación
(filtro, separador, etc.) y se llevan al mezclador de materia prima donde se mezclan con la paja. Otro diseño
15 particularmente preferido utiliza una proporción de residuos de fermentación líquidos o contenidos de fermentador con
un contenido de materia seca orgánica típicamente inferior al 10 %, preferiblemente por debajo del 6 %, especialmente
por debajo del 4 %, con el fin de calentar, comprimir y añadir activador a esta fracción de fluido por separado.
Posteriormente, la mezcla con la materia prima seco-sólida se realiza en un dispositivo de mezcla adecuado como el
EnergyJet de Vogelsang. La mezcla resultante de materias primas ya puede ser activada añadiendo el activador y la
20 propia mezcla. La presión de entrada también puede utilizarse para aumentar, al menos parcialmente, la presión de
activación. La temperatura de impulsión T_v obtenida después de la mezcla es también un buen punto de partida para
un mayor calentamiento más allá de la temperatura de activación T_a . En casos especiales la temperatura de impulsión
del mezclador T_v es incluso suficiente para alcanzar la temperatura de activación T_a . Sin embargo, por regla general,
una sección de calentamiento adicional (21) se conecta aguas abajo para superar la T_a . Calentamiento por intercambio
de calor, por ejemplo, con líquido refrigerante del motor, o por calentador eléctrico con exceso de corriente o por
25 reactivos exotérmicos contenidos en el mezclador.

Además, se prefiere especialmente la orientación del fluido con bajo contenido de materia seca orgánica (MSO) en un
dispositivo de precalentamiento, por ejemplo, un circuito de intercambio de calor, a un nivel de presión mayor P_v , que
está por encima de la presión de activación P_a . Para ello se utiliza una etapa de aumento de la presión (31) y
30 opcionalmente un dispositivo de circulación adicional (32). El activador (42) se añade antes del mezclador de materias
primas (lado de los fluidos o de los sólidos, aprovechando el efecto de la mezcla) o después del mezclador de materias
primas (pero luego se combina con el posterior mezclador activador como parte de (41)), pero en cualquier caso antes
del dispositivo de activación de acción térmica (21). El activador (42 o 70) también puede añadirse después del
mezclador (9), pero esto no es ventajoso porque entonces sería necesario un activador-mezclador adicional (41). Es
35 preferible añadir el activador (42) antes del mezclador de materia prima (9) o en el sistema (61-62) de la figura 2,
porque la acción de mezclado del mezclador de materias primas se utiliza entonces para la mezcla interna con el
activador (42 o 70).

La figura 3 muestra otro diseño del dispositivo según la invención con un dispositivo para mezclar materiales primas
40 sólidas y líquidas. Después del mezclador (9) la materia prima (1) está disponible para la activación. El
precalentamiento de la materia prima líquida (53) se realiza a través de una sección térmica (22), por ejemplo, un
intercambiador de calor o un elemento calefactor, ampliado opcionalmente por un circuito de circulación con
transportador 32. La presión de activación se acumula preferentemente mediante una etapa de aumento de presión o
un dispositivo de transporte (31). La sección de calentamiento (21) asegura que por lo menos $T > T_a$ se logre en todas
45 partes de la materia prima. La materia prima activada (58 o 2) entra en la sección de reacción, en la que la lignina se
disuelve o se descompone microbiológicamente. Opcionalmente, la temperatura de la materia prima activada se
reduce durante o después de este proceso. La figura 3 muestra otro arreglo especial de la bomba. Aquí el dispositivo
de transporte (31) ya genera la alta presión de trabajo. El dispositivo de transporte 32 se utiliza para la circulación de
la materia prima líquida (53) en el circuito de precalentamiento, incluida la sección térmica (22) que puede diseñarse
50 como intercambiador de calor, calentado, por ejemplo, por el calor residual del motor.

En lugar de un intercambiador de calor como el diseño para la sección de calentamiento (21 y/o 22), también pueden
utilizarse calentadores eléctricos o componentes de reacción bioquímica que conduzcan al calentamiento. Sólo es
esencial que se alcance un estado térmico $T > T_a$ en estas secciones de calentamiento y que se mantenga a lo largo
del tiempo $Z > Z_a$.

55 Se puede prescindir del uso de un intercambiador de calor si, después de la adición del activador, la mezcla de
materias primas se lleva a una consistencia transportable, por ejemplo, mediante la mezcla con fluidos, y antes y/o
después de esto, como resultado de la liberación de calor particular, se lleva a una temperatura real T_t por encima de
la temperatura de activación T_a y al menos el tiempo Z_a se mantiene al menos a esta temperatura. La liberación
60 especial de calor puede lograrse, por ejemplo, mediante reacciones exotérmicas, como las que pueden llevarse a cabo
utilizando agentes oxidantes introducidos y/u otros reactivos. La introducción de oxígeno, por ejemplo, se produce
cuando se introducen sólidos desde el espacio atmosférico y pueden añadirse agentes reactivos adicionales.

La figura 4 muestra otra variante del dispositivo descrito detalladamente en la figura 3. Esto ahora tiene un dispositivo
65 adicional para la recuperación de calor (recuperador). Después de la activación, la mezcla de materia prima tiene

5 inicialmente una temperatura alta, que es más alta que T_a , y por lo tanto transporta mucho calor específico. Este calor puede ser liberado, por ejemplo, para precalentar el fluido de la materia prima. Por lo tanto, se trata de un sistema de recuperación de calor que reduce el consumo de calor del aparato. Además, la entrada de calor en el fermentador se reduce. Las temperaturas preferidas después del recuperador son, por ejemplo, $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Así, en comparación con el diseño que se muestra en la figura 3, el dispositivo de la figura 4 tiene un recuperador (23) para recuperar el calor de la materia prima activada (58). El calor recuperado puede, por ejemplo, utilizarse para precalentar la materia prima fluida (53). En otro diseño, el recuperador (53) también puede calentar un simple refrigerador.

10 La figura 5 muestra una estructura esquemática de un dispositivo según la invención. En este diseño especial, se evita ventajosamente la flotación aguas arriba de la paja picada en particular, tras activar y mezclar la biomasa que contiene lignina con el líquido activador y el reciclado en el dispositivo para la entrada de sólidos (9).

15 La dificultad de la transferencia de calor a una mezcla de paja y agua se resuelve separando primero un fluido de baja viscosidad por medio de un separador (2), que puede ser bombeado fácilmente. Este se precalienta en el recuperador (21) y se calienta a unos $70\text{ a }80\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el circuito de precalentamiento por medio de un intercambiador de calor de precalentamiento (22). El líquido refrigerante de los motores, por ejemplo, se utiliza como fuente de calor.

20 La válvula (41) se cierra en un proceso de circulación o periódicamente y la cantidad necesaria de fluido de reciclaje/separación se toma del circuito de precalentamiento a través de la válvula dosificadora (42) y se presiona en la masa orgánica preparada a una sobrepresión de, por ejemplo, hasta 6 bares.

Según la invención, la biomasa que contiene lignina debe ser calentada durante al menos unos segundos a una temperatura de preferentemente $75\text{ }^{\circ}\text{C}$, especialmente preferentemente $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

25 Inmediatamente después de que se introduce la materia sólida, la mezcla activadora de biomasa tiene una temperatura de mezcla inferior a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después se recalienta en el intercambiador de calor a unos $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto inicia la reacción microbiológica y comienza la degradación de la lignina.

30 Después de la separación, la mezcla se enfría opcionalmente, por ejemplo, en el intercambio de calor a contracorriente. La temperatura cae por debajo de los $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se introduce en el fermentador. En el fermentador, la composición de la biomasa es alimentada al proceso de fermentación. Ahora los componentes de la biomasa previamente protegidos con lignina se descomponen y se convierten en biogás, el cual puede ser transferido en una planta de cogeneración que luego suministra la energía requerida para el proceso según la invención, creando así un ciclo de energía cerrado.

35 Según la materia prima (por ejemplo, la paja), esto significa que se pueden obtener rendimientos adicionales de hasta el 300% (hasta 600 metros cúbicos por tonelada de materia seca orgánica) en comparación con los procesos de última tecnología.

40 Ejemplos de diseño

(Los signos de referencia se refieren a la figura 5)

Ejemplo 1

45 Cuando se repotencian las plantas existentes, el depósito tiene inicialmente un alto contenido de sólidos. El residuo de fermentación se retira del depósito (1) y se alimenta a un separador (2). Esto separa el residuo de fermentación en una fracción sólida (51) con, por ejemplo, 25% de MSO y una fracción fluida (52) de, por ejemplo, 4% de MSO. El fluido separador se almacena temporalmente en el recipiente de fluido separador (3) y, si es necesario, se calienta para protegerlo contra las heladas.

50 La fracción sólida (51) también se almacena temporalmente y, si es necesario, se transporta al lado de la alimentación al mezclador de sólidos (8) para ser mezclada con el material de alimentación. La porción de fluido (52) con, por ejemplo, un 4% de MSO es succionada del tanque de almacenamiento (3) por una bomba generadora de presión (31) y comprimida a una presión de entrada de hasta 5 bares.

55 Con una ligera caída de presión, este fluido separador de baja viscosidad y químicamente alcalino (53) fluye a través de un intercambiador de calor (21), en el que absorbe el calor de un contraflujo calentado (57). La contracorriente es la mezcla de materia prima calentada y activada en su camino al fermentador (58).

60 El fluido separador precalentado se presiona en una cámara de mezcla de entrada (82) y de esta manera genera una presión del sistema de hasta 4 bares en el circuito de circulación (55). La entrada sólo es posible aquí cuando la válvula (43) está abierta. Opcionalmente, se instala un depósito de reserva con separador (4) en el circuito de circulación (55) del precalentador, que contiene un elemento de almacenamiento rellenable.

El circuito de circulación (55) es impulsado por una bomba de circulación (32), que está menos orientada a la acumulación de presión, pero que está diseñada para ser particularmente resistente a la corrosión y particularmente resistente a la temperatura. La diferencia de presión que se generará es la de la pérdida de presión en el circuito de circulación a través de los intercambiadores de calor (22) y las cámaras de mezcla (82, 83, 84).

5 El precalentador (8) está diseñado como un intercambiador de calor tubular. Se calienta en contracorriente por el líquido refrigerante del motor, que se toma del biogás de una planta de cogeneración. Por lo tanto, la calefacción es 100% regenerativa.

10 El circuito de circulación fluye a través de una cámara de mezcla de salida (84) donde la velocidad se reduce para que una presión dinámica actúe sobre la válvula dosificadora (42). Cuando la válvula del motor (42) se abre, el fluido separador calentado (55) puede fluir a unos 80 °C o más a la entrada de sólidos (9).

15 En el camino hacia la entrada de sólidos (9) hay una inyección para el activador (fluido Bionik) del tanque (6) y agua caliente purificada, que fluye hacia la cámara (81).

20 La materia prima se introduce a través de un mezclador de sólidos (8). Este mezclador mezcla la biomasa fresca según se requiera con el reciclado (51) del separador (2) y la paja triturada y también añade un componente biológico funcionalmente muy importante del tanque (7), el activador. La materia prima también es triturada a un tamaño de partícula / longitud de partícula de menos de 30 mm, preferiblemente de unos 10 mm.

25 La materia prima premezclada se comprime en el dispositivo de entrada de sólidos (9) y se mezcla internamente con el fluido separador precalentado de la cámara (81). El fluido separador es preferentemente la porción de mayor masa y también tiene el mayor calor específico. El resultado es el preparado de biomasa (56) con una temperatura de mezcla, por ejemplo, inferior a unos 70 °C. Este preparado de biomasa (56) está mezclada con el activador, pero aún no está completamente activada. Por eso, se calienta más hasta que se activa y luego se enfría ligeramente en el recuperador. Desde allí se lleva al fermentador, donde se produce biogás, que se descarga o recoge y se utiliza en una planta de cogeneración, que a su vez suministra la energía térmica necesaria para el proceso de activación descrito anteriormente, o la suministra posteriormente en las etapas de PreMix a través de, por ejemplo, tuberías de agua caliente, que se obtiene quemando el biogás.

Ejemplo 2

35 En funcionamiento continuo, el preparado de biomasa del sistema según la invención en el fermentador se utiliza casi por completo. Como resultado, el contenido de sólidos orgánicos (MS o MSO (= orgánica)) cae a valores inferiores al 4 % después de unos pocos o varios meses en el depósito (1). Ahora un separador (2) ya no es necesario. El líquido de depósito puede utilizarse directamente como materia prima líquida (52).

40 Ejemplo 3

45 Por ejemplo, la paja seca se utilizará principalmente como materia prima, por ejemplo, porque se genera como residuo en una gran empresa agrícola. En este caso la paja debe ser picada. El contenido de materia seca de la paja es superior al 85 %. Para el procesamiento, debe añadirse líquido, por ejemplo, líquido de fermentación. Sin embargo, este líquido tiene un contenido mineral cada vez más alto. Por consiguiente, también se añadirá agua a la preparación de la materia prima para evitar que la concentración de minerales en el fermentador y el depósito sea demasiado alta a largo plazo.

Ejemplo 4

50 Hay un exceso de amonio en el estiércol de las gallinas como materia prima. En este caso se dosifica un precipitante de un tanque de dosificación (5) en el separador (4) para precipitar el fertilizante de amonio del líquido circulante calentado (55). De esta manera, los iones metálicos y otros componentes también pueden precipitarse del circuito del precalentador.

55 Ejemplo 5

60 El circuito de fluido de biomasa debe ser lavado. Para ello se abre la válvula de entrada (43) y se cierra la válvula de circulación (41). La válvula dosificadora (42) se abre y la entrada de sólidos se puentea si es necesario o si hay una fuga (no se muestra). Luego el fluido transportado por las bombas (31) y (32) fluye a través de todos los intercambiadores de calor y los limpia. Después del recuperador (21) el fluido también puede ser bombeado de nuevo al tanque (3) (no se muestra).

Ejemplo 6

5 Las biomásas con contenidos de lignina extremadamente altos, del 20% y más en relación con la masa seca total, requieren una activación particularmente fuerte a temperaturas elevadas. En este caso, la válvula dosificadora (42) se cierra primero y el fluido separador (55) circula a través del intercambiador de calor (22) y se calienta hasta el 85%. En consecuencia, sólo se añade una pequeña cantidad de materia sólida y esto da lugar a un aumento de la temperatura de mezcla de materias primas (56). Esto se incrementa aún más en el recalentador (23). Si es necesario, el recuperador (21) también podría pasar al modo de calefacción para aumentar aún más la activación del fluido (57).

10 La figura 6 muestra los resultados de la producción de biogás (60% de metano, 37% de CO₂ y 3% de agua) a partir de una mezcla de estiércol fino (el llamado líquido separador o fluido separador (55) ver arriba) y paja de trigo (picada en diferentes tamaños) en una proporción de mezcla de 4 : 1 con un valor de MS de aprox. 25 a diferentes temperaturas. El proceso según la presente invención (G9-S3, G11-S4, G17-S7 y G19-S8) mostró una cantidad significativamente mayor de biogás obtenido en comparación con el proceso llevado a cabo según el estado de la técnica sin el dispositivo activador 21 (G5-S1, G7-S2, G13-S5, G15-S6), en el que la mayor parte del biogás se obtuvo a una temperatura de 63°C (G19-S8). El proceso se llevó a cabo en una planta 60 como se muestra en la figura 5 y, como se mencionó anteriormente, no había ningún dispositivo activador 21 en la planta en el proceso según el estado de la técnica.

Signos de referencia

20 Lista de signos de referencia de la Figura 5

- 1 depósito
- 2 separador
- 25 3 recipiente de fluido separador
- 4 separador para el depósito de reserva
- 30 5 precipitante
- 6 tanque HAT Bionik
- 7 tanque LT Bionik
- 35 8 mezclador de sólidos
- 9 entrada de materia sólida
- 40 21 recuperador intercambiador de calor
- 22 precalentador intercambiador de calor
- 23 recalentador intercambiador de calor
- 45 31 bomba de presión 4 bar 20-50 °C
- 32 bomba de circulación 1 bar 70-90 °C
- 50 41 válvula de circulación en el circuito de precalentamiento
- 42 válvula dosificadora para la entrada de sólidos
- 43 válvula de entrada al precalentador
- 55 44 válvula de rebose del precalentador en el fluido separador
- 45 45 válvula de descarga del separador para el depósito de reserva
- 60 51 material separador residuo sólido de fermentación
- 52 fluido separador TS04 frío de baja viscosidad
- 53 fluido separador calentado en la cubierta exterior
- 65

ES 2 793 944 T3

- 54 fluido separador a través de la válvula de entrada 50 °C
- 55 fluido separador TS04 en el circuito de precalentamiento 80 °C
- 5 56 mezcla de materias primas después de la adición de sólidos <70 °C
- 57 mezcla de materias primas TS12 después de calentar 80 °C
- 10 58 mezcla de materias primas TS12 enfriado 55 °C al fermentador
- 91 refrigerante del motor calentado precalentador 22
- 92 refrigerante del motor calentado recalentador 23
- 15 93 refrigerante del motor calentado fluido separador 3 si es necesario
- 94 refrigerante del motor calentado tanque Bionik HT 6
- 20 95 refrigerante del motor calentado entrada de materia sólida si es necesario
- El modo de funcionamiento del "BMT System" es preferentemente ajustado en ciclos.
- A. Ciclo de entrada y simultáneamente salida de la circulación a la mezcla
- 25 B. Ciclo de calentamiento en circulación y simultáneamente recalentamiento en el intercambiador de calor 23 así como enfriamiento en el intercambiador de calor 21. Luego A de nuevo.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para producir un preparado de biomasa que comprende los pasos de:

5 a) proporcionar un reactante biológico que contiene lignina y es difícil de descomponer,

b) proporcionar un activador microbiológico para la digestión del reactante, que puede ser activado cuando se supera una temperatura T_A

10 c) activación de una combinación de reactante y activador microbiológico para digerir el reactante mediante un dispositivo de activación térmica,

caracterizado por el hecho de que el activador microbiológico comprende más de un millón de microbios termófilos por mililitro,

15 en el que al menos una parte de estos microbios son formadores de disolventes,

donde $T_A > 70^\circ\text{C}$.

2. Proceso según la reivindicación 1, en el que el reactante contiene lignina.

20 3. Proceso según la reivindicación 1 o 2, en el que el reactante es sólido o está mecánicamente triturado antes del paso a).

4. Proceso según la reivindicación 3, en el que el reactante se mezcla con un líquido después del paso a) o b).

25 5. Proceso según la reivindicación 4, en el que la mezcla se lleva a una temperatura T_1 , en la que $T_1 < T_A$.

6. Proceso según la reivindicación 4 o 5, en el que la mezcla se ajusta a un valor de MS entre 9 y 15.

30 7. Proceso según la reivindicación 6, en el que la mezcla se ajusta a un valor de MS entre 10 y 15.

8. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, en el que, después del paso c), la mezcla de reacción se alimenta a un fermentador.

35 9. Proceso según la reivindicación 8, en el que la mezcla de la reacción se enfría a una temperatura T_F con $T_F < T_A$ antes de ser introducida en el fermentador.

40 10. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, en el que antes o durante la activación la combinación de reactante y activador se comprime a una presión superior a la de activación, siendo la presión de activación superior a 1,3 bar.

45 11. Un proceso según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la activación hace que al menos un componente microbiológico empiece a desprender capas de lignina y posteriormente al menos un componente microbiológico empiece a descomponer fragmentos de lignina.

12. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores en el que se separa el biogás producido en el fermentador.

50 13. Dispositivo (10, 20, 30, 40, 60) para ser utilizado en la realización del proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 para producir un preparado de biomasa, que comprende:

- un aparato (9, 31, 41) para introducir un reactante biológico que contiene lignina y es difícil de descomponer en el dispositivo (10, 20, 30, 40, 60),

55 - un dispositivo activador (21) con un activador microbiológico para descomponer el reactante, que puede activarse cuando se supera una temperatura T_A y que tiene un dispositivo para la activación térmica del dispositivo activador (21),

caracterizado por el hecho de que el activador microbiológico comprende un millón de microbios termófilos por mililitro,

60 en el que al menos una parte de estos microbios son formadores de disolventes,

donde $T_A > 70^\circ\text{C}$.

14. Dispositivo (10, 20, 30, 40, 60) según la reivindicación 13, en el que el reactante biológico de difícil digestión contiene lignina.

15. Dispositivo (10, 20, 30, 40, 60) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo activador (21) comprende un intercambiador de calor o calentador.
- 5 16. Dispositivo (10, 20, 30, 40, 60) según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:
- un dispositivo mezclador para reactantes.
- 10 17. Dispositivo (10, 20, 30, 40, 60) según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:
- un dispositivo de dosificación para proporcionar la alimentación dosificada del agente para digerir el reactante
18. Dispositivo (10, 20, 30, 40, 60) según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:
- 15 - un dispositivo de mezcla para mezclar el reactante de diferentes reactantes sólidos, pulposos o líquidos.
19. Dispositivo (10, 20, 30, 40, 60) según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:
- 20 - un dispositivo de calefacción que se calienta por energía química o calor de reacción o energía electromagnética o radiación.
20. Dispositivo (10, 20, 30, 40, 60) según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:
- 25 - un dispositivo para la recuperación de calor.

FIGURA 1

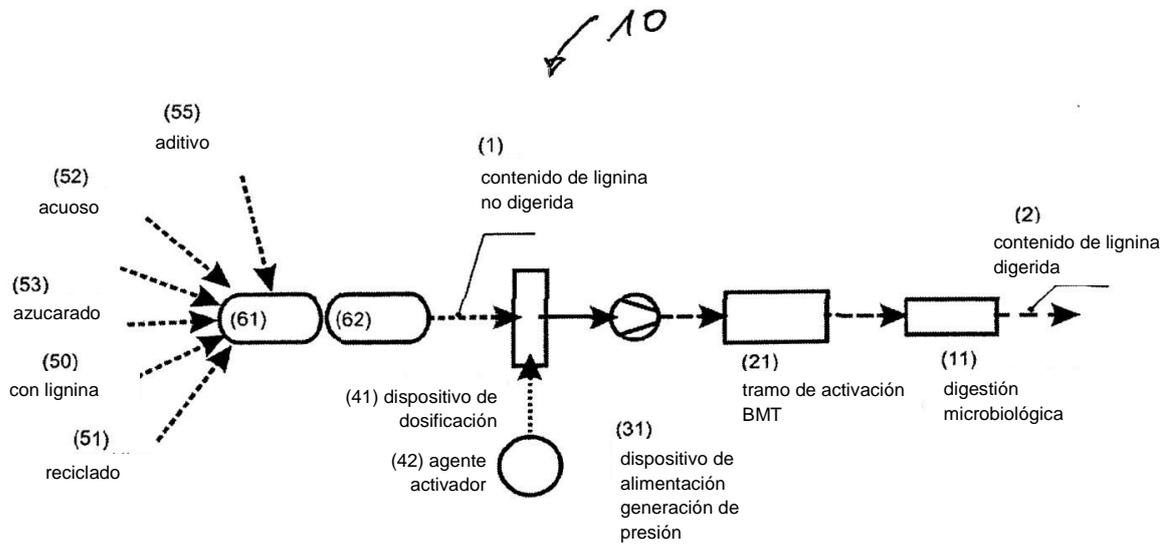


FIGURA 2

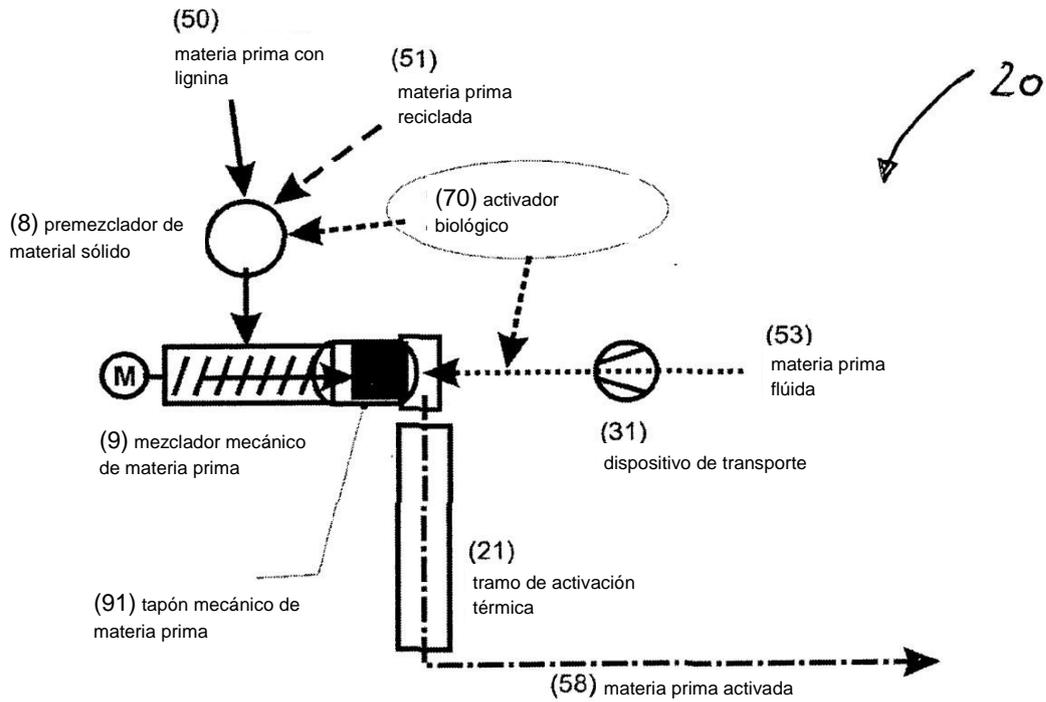


FIGURA 3

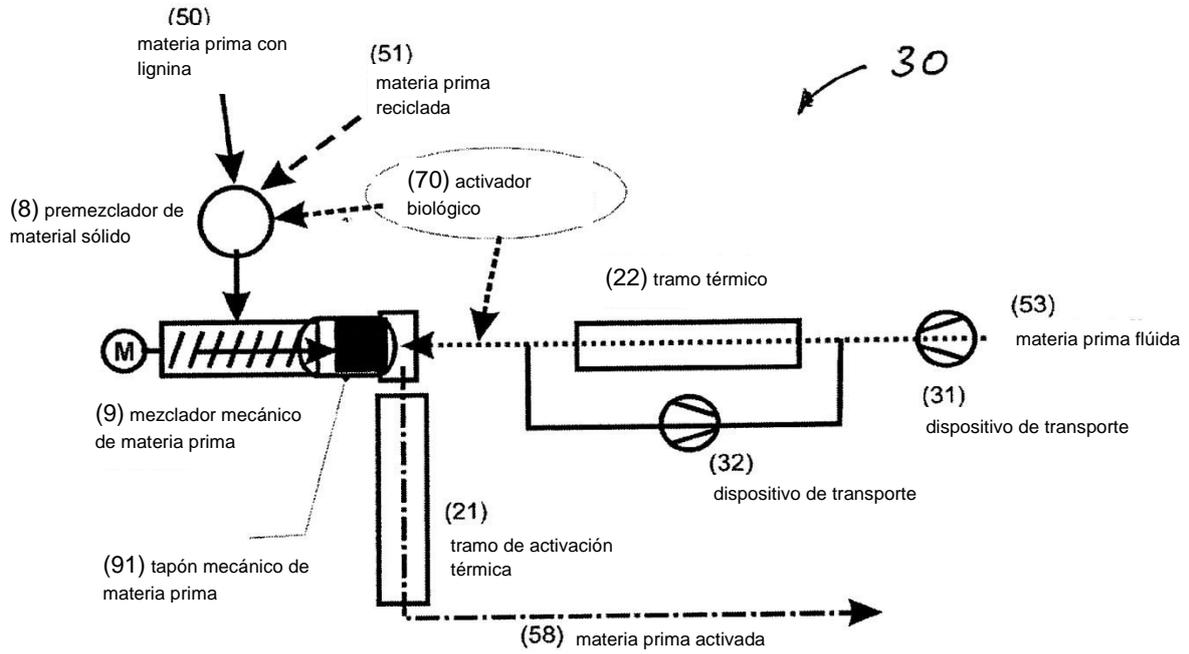


FIGURA 4

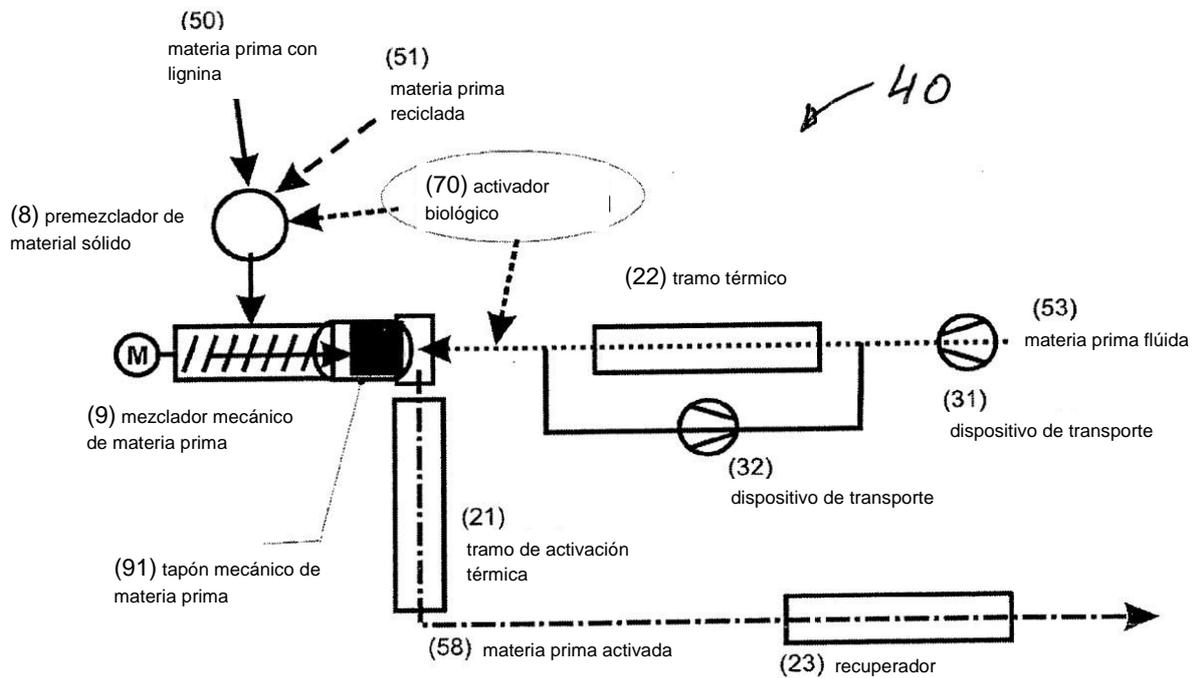


FIGURA 5

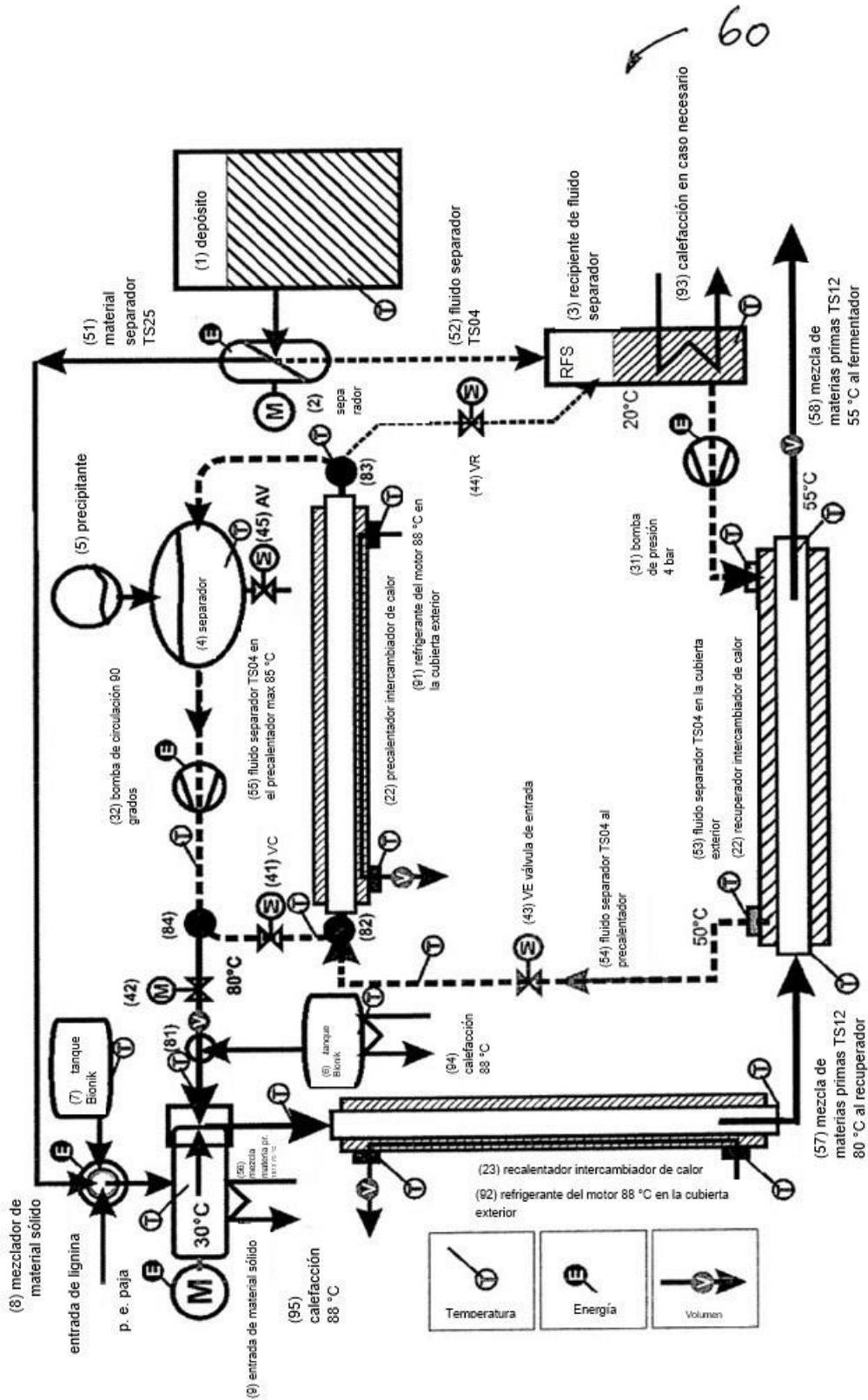


FIGURA 6

