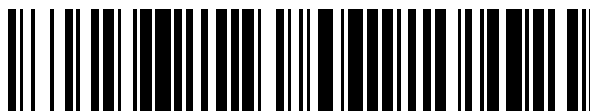


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 808**

51 Int. Cl.:
C12P 19/14 (2006.01)
C13K 1/02 (2006.01)
D21B 1/16 (2006.01)
B01F 5/04 (2006.01)
B01F 3/12 (2006.01)
C12M 1/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08737243 .9**
96 Fecha de presentación: **02.05.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2145026**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.01.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO DE BIOMASA.**

30 Prioridad:
02.05.2007 GB 0708482
05.06.2007 GB 0710659

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.02.2012

73 Titular/es:
Pursuit Dynamics PLC.
Shackleton House Kingfisher Way
Hinchingbrooke Business Park
Huntingdon Cambridgeshire PE29 6HB, GB

72 Inventor/es:
HEATHCOTE, John Gervase Mark y
FENTON, Marcus, Brian, Mayhall

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 373 808 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 tratamiento de biomasa

Campo de la invención

5 La invención se refiere al procesado de biomasa con la finalidad de producir bio-combustibles. La invención se puede usar en varios procesos usados para la producción de bio-combustible y resulta particularmente apropiada, aunque no de forma exclusiva, para el pre-tratamiento de biomasa lignocelulósica y la fermentación de azúcares para dar un alcohol.

10 La conversión de biomasa en bio-combustible ha adquirido gran importancia en los últimos años ya que tanto consumidores como productores reconocen los aspectos ambientales y de sostenibilidad que envuelven a los actuales combustibles fósiles. El grueso del bio-combustible existente procede de la fermentación de cultivos de azúcar y de cultivos que presentan un elevado contenido en almidón, pero estos cultivos presentan un elevado valor en aplicaciones alimentarias y su rendimiento de azúcar por hectárea es bajo en comparación con el rendimiento de azúcar procedente de fuentes alternativas de biomasa, tales como biomasa lignocelulósica formada principalmente por lignina, hemicelulosa y celulosa, es de gran importancia para los productores.

15 La biomasa lignocelulósica es una biomasa extremadamente abundante. Incluye todos los árboles y hierbas, así como también residuos agrícolas tales como granos de destiladora húmedos o secos, fibra de maíz, zuro de maíz y bagazo de caña de azúcar. La biomasa lignocelulósica se puede convertir en etanol mediante hidrólisis y posterior fermentación. En la hidrólisis, la parte celulósica de la biomasa es convertida en azúcares, y la fermentación convierte estos azúcares en etanol. Para incrementar el rendimiento de la hidrólisis, se necesita una etapa de pre-tratamiento para ablandar la biomasa y romper su estructura celular, exponiendo de este modo más material de celulosa y hemicelulosa.

20 Normalmente, los procesos de pre-tratamiento de ruptura son de naturaleza química o física. Los procesos actuales de pre-tratamiento químico se basan en un catalizador para lograr la ruptura deseada de las células de la biomasa. Este catalizador es comúnmente un ácido o una enzima. El ácido presenta la desventaja de ser nocivo para el medio ambiente, mientras que las enzimas son relativamente caras. El proceso de pre-tratamiento físico más común es la explosión de vapor, ejemplos del cual se describen en el documento de EE.UU. 4425433 y en el documento de EE.UU. 4461648. En la explosión de vapor, la biomasa se calienta usando un vapor de alta presión durante unos pocos minutos, antes de que las reacciones se detengan por medio de descompresión súbita a presión atmosférica.

25 Una desventaja de la explosión de vapor es que el proceso debe llevarse a cabo en el interior de un recipiente de proceso apropiado, y de este modo es un proceso no continuo. Además, los rendimientos de azúcar procedentes de la explosión de vapor son comparativamente más bajos mientras que los costes actuales del proceso son elevados.

30 Una vez que los azúcares se han extraído del material de biomasa, se fermentan con el fin de obtener alcohol. Los procesos convencionales usan levadura para fermentar los azúcares, pero la levadura es sensible a la temperatura y es preciso enfriar la biomasa hasta aproximadamente 30 °C antes de que la levadura pueda enfriar los azúcares. El enfriamiento de la biomasa no solo aumenta la duración del proceso de fermentación, sino que también aumenta el consumo de energía ya que es preciso re-calentar la biomasa fermentada aguas abajo para la destilación.

35 Es un objetivo de la presente invención obviar o mitigar una o más de las desventajas anteriormente mencionadas presentes en los actuales procesos de producción de bio-combustible.

40 El documento de EE.UU. 4201596 describe un proceso para llevar a cabo la hidrólisis ácida de materiales residuales celulósicos, con elevado contenido en sólidos, por medio del control apropiado de agua y temperatura y a través del uso de la inyección de vapor directa. La mezcla acuosa de material celulósico se introduce de forma considerablemente constante en un extremo del reactor tubular, mientras que el otro extremo del reactor presenta un estrechamiento para desarrollar una contrapresión en el interior. Se mezcla un ácido mineral fuerte con el material celulósico en una concentración apropiada para catalizar su hidrólisis, y se inyecta el vapor de forma considerablemente continua en el interior de la mezcla en un punto aguas abajo desde "un" extremo del reactor.

45 El documento de EE.UU. 2003147301 describe un método y un aparato para mezclar el vapor en el interior del flujo de una pulpa de celulosa. Con el fin de obtener una elevada y buena capacidad de mezcla y evitar la generación de ruido, la mezcla de la pulpa de celulosa se lleva a cabo al final de la tubería, donde la tubería presenta un aumento de área de al menos 50 %, directamente después de la mezcla, observado en la dirección de flujo de la pulpa de celulosa.

50 Dos patentes describen un proceso (documento de Gran Bretaña 1028211) y un aparato correspondiente (patente de Gran Bretaña 995660) para preparar glucosa o maltosa a partir de almidón, en las que se mezcla una suspensión acuosa de almidón con una alfa-amilasa en un tanque, y se somete a gelatinización y licuefacción en un recipiente, en el que se calienta hasta 95 °C por medio de mezcla con vapor procedente de una tubería y se somete a fuerzas de impacto y/o de cizalladura. El aparato comprende un tubo que tiene al menos un estrechamiento a través del cual

se pasa la suspensión de almidón, y que presenta en la pared del tubo, más allá del estrechamiento en la zona de transición hasta el corte transversal completo, uno o mas orificios de entrada para el vapor o para la disolución química.

5 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un proceso para el tratamiento de biomasa, que comprende:

formar una suspensión de biomasa por medio de mezcla de biomasa con un fluido de trabajo;

inducir el flujo de la suspensión de biomasa a través de una entrada hacia el interior de un conducto de un procesador de fluidos, presentando el conducto un diámetro considerablemente constante;

10 introducir vapor en una boquilla que comunica con el conducto, presentando la boquilla una entrada de boquilla, un paso de boquilla y una salida de boquilla, presentando el paso de boquilla una área de corte transversal menor que la entrada de boquilla o la salida de boquilla; y

acelerar el vapor a través del paso de boquilla e inyectar el vapor de elevada velocidad en el interior de la suspensión que fluye a través del conducto.

15 Cuando se usa la expresión "suspensión de biomasa" en la presente memoria descriptiva de patente, debe entenderse que la expresión describe cualquier suspensión formada a partir de un fluido de trabajo y de material de biomasa. Ejemplos no limitantes de tipos de material de biomasa apropiados incluyen productos forestales, productos de madera no tratada, cultivos energéticos y monte bajo de rotación corta, así como residuos de origen animal, productos industriales y municipales biodegradables procedentes del procesado de alimentos y cultivos altamente energéticos tales como, colza, caña de azúcar y maíz.

20 Preferentemente, el vapor es inyectado a velocidad supersónica.

Preferentemente, la boquilla es una boquilla anular que circunscribe el conducto.

25 Preferentemente, el proceso es un proceso discontinuo en el que la suspensión procesada vuelve a la entrada. De manera alternativa, el proceso es un proceso en línea en el que la entrada recibe la suspensión procedente de una parte aguas arriba de una tubería de producción de bio-combustible, y el conducto transporta la suspensión procesada hasta una parte aguas abajo de la tubería de producción.

30 Preferentemente, el proceso además comprende la etapa de inyectar un primera catalizador en el interior de la suspensión. De manera alternativa, el proceso además comprende la etapa de inyectar un primer y/o un segundo catalizador en el interior de la suspensión. El primer y segundo catalizadores se pueden inyectar de forma simultánea o consecutiva. Cuando el proceso es un proceso por lotes y los catalizadores se inyectan de forma consecutiva, el primera catalizador se inyecta en el interior de la suspensión durante un primer período de tiempo, y el segundo catalizador se inyecta en la suspensión durante un segundo período de tiempo que transcurre después de que haya concluido el primer período de tiempo.

Preferentemente, el primer y segundo catalizadores se inyectan en el interior de la suspensión a través de un puerto de aditivo ubicado en el conducto inmediatamente aguas abajo de la boquilla.

35 Preferentemente, el primera catalizador es un ácido. Preferentemente, el segundo catalizador es una enzima.

De manera alternativa, el primer y/o segundo catalizador es un gas que se escoge entre el grupo formado por dióxido de carbono y aire.

Preferentemente, la biomasa es biomasa lignocelulósica.

40 En una realización de la invención, el proceso además comprende una etapa de fermentación en la que se introducen uno o más tipos de microorganismos termófilos en el interior de la suspensión de biomasa para convertir los azúcares presentes en alcohol.

Preferentemente, el proceso además incluye las etapas de:

vaporizar el alcohol en la suspensión a media que el vapor es inyectado en la suspensión y

separar el vapor de alcohol de la suspensión restante.

45 Preferentemente, la etapa de separación se consigue utilizando un mecanismo de separación en línea. Del modo más preferido, el mecanismo de separación es un separador vorticial.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un aparato para el tratamiento de biomasa, que comprende:

un recipiente de mezcla adaptado para mezclar un suministro de biomas y un suministro de fluido de trabajo para formar una suspensión de biomasa;

una bomba adaptada para bombear la suspensión desde el recipiente de mezcla; y

al menos un procesador de fluidos adaptado para recibir la suspensión del recipiente de mezcla;

5 en el que el procesador de fluidos comprende:

un conducto para fluidos de diámetro considerablemente constante que tiene una entrada de conducto en comunicación fluida con el recipiente de mezcla y una salida de conducto; y

10 una abertura de boquilla hacia el interior del conducto en posición intermedia entre la entrada y la salida, presentando la boquilla una entrada de boquilla, un cuerpo de boquilla y una salida de boquilla, en el que el cuerpo de boquilla presenta un área de corte transversal más pequeña que la entrada de boquilla o que la salida de boquilla.

Preferentemente, el aparato comprende una pluralidad de procesadores de fluidos en serie unos con otros.

15 Preferentemente, el aparato además comprende al menos una válvula de contrapresión ubicada aguas abajo de la salida del conducto. Del modo más preferido, el aparato además comprende un par de válvulas de contrapresión ubicadas aguas abajo de la salida del conducto.

Preferentemente, el aparato además comprende al menos un puerto de aditivo adaptado para introducir uno o más aditivos en el conducto para fluidos. En una realización, el puerto de aditivo se encuentra localizado en posición intermedia entre el recipiente de mezcla y la entrada del conducto para fluidos.

20 En una realización alternativa, el puerto para aditivos se encuentra ubicado en el conducto adyacente a la boquilla. Del modo más preferido, el puerto de aditivos se encuentra ubicado en el conducto inmediatamente aguas abajo de la boquilla.

En una realización, el aparato además comprende un circuito de recirculación que está adaptado para retornar la suspensión desde la salida del conducto para fluidos hasta el recipiente de mezcla. Al menos la válvula de contrapresión se encuentra ubicada en el circuito de recirculación.

25 En una realización alternativa, el aparato además comprende un recipiente de retención ubicado aguas abajo de la salida del conducto para fluidos. Al menos la válvula de contrapresión se encuentra ubicada en posición intermedia entre la salida del conducto para fluidos y el recipiente de retención.

Preferentemente, el aparato además comprende una pluralidad de sensores adaptados para medir la presión aguas arriba y aguas abajo del procesador de fluidos.

30 Preferentemente, el aparato comprende una pluralidad de puertos de muestreo aguas arriba y aguas abajo del procesador de fluidos, estando los puertos de muestreo adaptados para permitir que las muestras de fluido sean retiradas del aparato.

Preferentemente, el recipiente de mezcla incluye medios de agitación para mezclar sus contenidos.

Preferentemente, la bomba es una bomba de cavidad progresiva.

35 Preferentemente, la boquilla es anular y circunscribe el conducto para fluidos.

El aparato además puede comprender un mecanismo de separación de vapor adaptado para separar vapor del fluido restante. Preferentemente, el mecanismo de separación es un separador en línea. Del modo más preferido, el mecanismo de separación es un separador vorticial.

40 A continuación se describe una realización preferida de la presente invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 muestra un corte transversal a través del procesador de fluidos apropiados para su uso en el proceso de la presente invención;

La Figura 2 muestra un gráfico que muestra los perfiles de presión y temperatura de una suspensión de biomasa a medida que pasa a través del procesador de fluidos; y

45 La Figura 3 muestra un aparato de procesado que incorpora el procesador de fluido de la Figura 1.

Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra un procesador de fluidos 1 que comprende un alojamiento 2 que define un conducto 3 que proporciona una entrada 4 y una salida 5. El conducto 3 presenta una sección de corte

transversal considerablemente constante. La entrada 4 está formada en el extremo frontal de una protusión 6 que se extiende hacia el interior del alojamiento 2 y que define en su parte exterior un impelente 8 provisto de una entrada 10. La protusión 6 define internamente su parte del conducto 3. El extremo distal 12 de la protusión 6 lejos de la entrada 4 se encuentra ahusado sobre su superficie relativamente externa en 14 y define una boquilla 16 entre ella y una parte ahusada 18 de forma correspondiente de la parte interna del alojamiento 2. La boquilla 16 se encuentra en comunicación de flujo con el impelente 8 y es preferentemente anular. La boquilla 16 presenta una geometría interna convergente-divergente con el fin de acelerar el fluido de transporte a velocidad elevada. En otras palabras, la boquilla 16 presenta una parte de cuerpo que presenta un área de corte transversal más pequeña que la de la entrada de la boquilla o la de la salida de la boquilla.

Tanto si el proceso es por lotes o es un proceso en línea, la entrada 4 recibe la suspensión de biomasa que sale hacia afuera de la salida 5. La introducción del fluido de transporte, que en este ejemplo es vapor, en el interior del procesador para fluidos 1 a través de la entrada 10 y del impelente 8 provoca un chorro de vapor para la distribución en sentido de avance a través de la boquilla 16. A medida que el chorro es inyectado en el interior de la suspensión, tiene lugar un momento y una transferencia de masa entre los dos, lo que da lugar al atomizado del componente de fluido de trabajo de la suspensión. Esta transferencia es mejorada por medio de la turbulencia. El vapor aplica una fuerza de cizalladura a la suspensión que no solo atomiza el componente de fluido de trabajo sino que también rompe la estructura celular de la biomasa lignocelulósica suspendida en la suspensión.

Los efectos del proceso sobre la temperatura y la presión de la suspensión se puede observar en la gráfica de la Figura 2, que muestra el perfil de temperatura y presión a medida que la suspensión pasa a través de varios puntos del procesador de fluidos de la Figura 1. La gráfica se ha dividido en cuatro secciones A-D, que corresponden a varias secciones del procesador de fluidos que se muestra en la Figura 1. La sección A corresponde a la sección del conducto 3 entre la entrada 4 y la boquilla 16. La sección B corresponde a la sección aguas arriba de la cámara de mezcla 3A que se extiende entre la boquilla 16 y una parte intermedia de la cámara 3A. La sección C corresponde a una sección aguas abajo de la cámara de mezcla 3A que se extiende entre la parte intermedia anteriormente mencionada de la cámara 3A y la salida 5, mientras que la sección D ilustra la temperatura y la presión de la suspensión a medida que pasa a través de la salida 5.

El vapor se inyecta en la suspensión al comienzo de la sección B de la gráfica de la Figura 2. La velocidad del vapor, que preferentemente se inyecta a velocidad supersónica, y su expansión tras abandonar la boquilla 16 provoca una reducción de presión inmediata. En un punto determinado por el vapor y las condiciones geométricas, y la tasa de transferencia de calor y de masa, el vapor comienza a condensar, reduciendo más la presión y provocando otro incremento de la temperatura. La condensación del vapor continua y forma un onda de choque de condensación en la parte aguas abajo de la cámara de mezcla 3A. La formación del choque de la onda de choque de condensación provoca un incremento rápido de presión, como se observa en la parte C de la Figura 2. La parte C también muestra que la temperatura de la suspensión también continua aumentando por medio de la condensación del vapor.

Como se ha explicado anteriormente, a medida que el vapor se inyecta en el interior de la suspensión a través de la boquilla 16 tiene lugar una reducción de presión en la parte aguas arriba de la cámara de mezcla 3A. Esta reducción de presión forma un vacío al menos parcial en esta parte aguas arriba de la cámara 3A. Los ensayos han revelado que se puede conseguir aproximadamente 90 % de vacío en la cámara 3A a medida que el vapor es inyectado y posteriormente se condensa.

Como se ha afirmado anteriormente, la fuerza de cizalladura aplicada a la suspensión y el posterior flujo turbulento creado por medio del vapor inyectado rompen la estructura celular de la biomasa suspendida en la suspensión. A medida que la suspensión pasa a través de del vacío parcial y de la onda de choque de condensación formada en la cámara 3A, se rompe más debido a los cambios de presión que tienen lugar, como se ilustra por medio de los perfiles de presión de las secciones B y C de la Figura 2.

La Figura 3 muestra una configuración de ejemplo de un aparato para el tratamiento de bio-combustible, generalmente designado como 20, que incorpora el procesador de fluidos 1 mostrado en la Figura 1. La realización ilustrada muestra el aparato en una configuración en línea. En otras palabras, se pretende que el aparato mostrado trate la suspensión de biomasa en un paso sencillo a través del aparato.

Una primera tolva 22 que opera como recipiente de mezcla se encuentra ubicada en un extremo aguas arriba del aparato 20. La tolva 22 contiene un agitador (no mostrado) para agitar los contenidos de la tolva 22. Colocada debajo de la tolva 22, y en comunicación fluida con la misma, se encuentra una bomba 24 para la manipulación de sólidos, que está adaptada para bombear los contenidos de la tolva 22 hasta el resto del aparato 20. Preferentemente, la bomba 21 es una bomba de cavidad progresiva, conocida de otro modo como bomba de desplazamiento positivo rotatoria.

La salida de la bomba 24 se encuentra conectada por una tubería 26 a la entrada 4 del procesador de fluidos 1. Si se desea, la tubería 26 aguas arriba del procesador 1 puede incorporar un puerto 25 de aditivo de catalizador, así como también un primer sensor de presión 27 y/o un primer puerto de muestreo 28.

Como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 1, la entrada 10 suministra el fluido de transporte hasta

el procesador 1. La salida 5 del procesador 1 se encuentra conectada con otra longitud de tubería 30, que en la configuración en línea que se ilustra conecta el procesador 1 con una segunda tolva, o recipiente de retención 32. Ubicadas en la tubería 30 entre el procesador 1 y la segunda tolva 32 se encuentran una primera y una segunda válvulas 34, 36 de contrapresión. Si se desea, se puede colocar un segundo sensor de presión 38 y/o un segundo puerto de muestreo 40 entre el procesador 1 y la primera válvula de contrapresión 34. Se puede colocar un tercer sensor de presión 42 entre la primera y la segunda válvulas de contrapresión 34, 36.

A continuación se describe el método de operación del aparato de tratamiento 20 con referencia de nuevo a la Figura 3. Inicialmente, se combinan el material de biomasa y el fluido de trabajo apropiado en la primera tolva 22 con el fin de formar una suspensión de biomasa. El agitador localizado en la tolva 22 garantiza que los componentes se mezclan por completo y que la biomasa se hidrata de forma apropiada. Una vez que los componentes han experimentado mezcla suficiente y la biomasa se encuentra hidratada de forma apropiada, se activa la bomba 24. Una vez activada, la bomba 24 impulsa suavemente la suspensión a través de la tubería 26 hacia el procesador de fluidos 1. Si se requiere, se puede introducir un catalizador que contribuye en la ruptura celular de la biomasa en el interior de la suspensión por medio del puerto de aditivo 25 a medida que la suspensión es bombeada e inducida a través de la tubería 26.

Se suministra un fluido de transporte a la entrada 10 del procesador de fluidos 1. En el procesador de fluidos 1, se inyecta el fluido de transporte a presión elevada en el interior de la suspensión de la manera descrita anteriormente con referencia a la Figura 1. Después de la formación de vapor y del régimen de flujo por goteo, la suspensión se condensa de nuevo para dar lugar a una forma líquida antes de abandonar el procesador 1. A continuación, la suspensión condensada pasa al interior de la segunda tolva 32, donde experimenta otra etapa del proceso de bio-combustible tal como licuefacción, por ejemplo.

El primer, segundo y tercer sensores de presión 27, 38, 42 permiten el control de la presión del fluido en el interior de la tubería 26, 30, tanto aguas arriba como aguas abajo del procesador de fluidos 1. Se pueden ajustar las primera y segunda válvulas de contrapresión 34, 36 con el fin de variar la presión en la tubería 30 aguas abajo del procesador 1, dependiendo de las lecturas procedentes del segundo y tercer sensores de presión 38, 42. Las válvulas de contrapresión 34, 36 permiten que la suspensión se mantenga a presión elevada durante un largo período de tiempo. El primer y segundo puertos de muestreo 28, 40 permiten que los ensayos se lleven a cabo sobre muestras de la suspensión tanto antes como después de pase a través del procesador de fluidos 1.

El catalizador que se puede añadir por medio del puerto de aditivo puede ser un ácido o un gas. La adición de un gas en el interior de la suspensión puede alterar el pH de la suspensión y, donde el gas se encuentra presurizado, puede viajar hasta el interior de la disolución de la suspensión y explotar a medida que la suspensión pasa a través del vacío parcial de la cámara de mezcla del procesador de fluidos. Un ejemplo de gas apropiado para tal fin es dióxido de carbono (CO₂). También se puede usar aire como catalizador en la suspensión. El gas de exceso de la suspensión da lugar a la formación de burbujas de gas en la estructura celular de la biomasa, que a su vez presentan un efecto de rotura de la estructura celular de la biomasa a través del fenómeno conocido como trauma de burbuja de gas.

También se puede añadir otro catalizador, tal como una enzima, por medio del puerto de aditivo o más directamente en el interior de la segunda tolva. La enzima puede ayudar al pre-tratamiento o puede ser requerida para las etapas posteriores del proceso de bio-combustible (por ejemplo, enzimas de licuefacción). A diferencia de los procesos de pre-tratamiento existentes, la temperatura comparativamente baja y la presión usada en el procesador de fluidos no provoca la muerte de las enzimas durante la etapa de ruptura. De este modo, las enzimas que son necesarias posteriormente en el proceso de producción de bio-combustible se pueden añadir antes del pre-tratamiento sin que experimenten daño alguno.

Durante un procesado de ensayo de bagazo de caña de azúcar existió evidencia de hinchamiento de la pared de la estructura celular de la biomasa. Esto es indicativo de que se rompió la estructura cristalina de la celulosa durante el proceso de la invención. Este hinchamiento de la celulosa facilita la acción de las enzimas de la celulosa y por tanto acelera el posterior proceso de hidrólisis y/o aumenta el rendimiento de la fermentación de azúcares. Este efecto podría interpretarse como hinchamiento resultante de la escisión de los enlaces de hidrógeno como resultado de las fuerzas de cizalladura y del choque mecánico provocado por medio del proceso.

Inyectando vapor en el interior de la suspensión de biomasa de tal forma que se atomice el fluido de trabajo y se cree un vacío parcial y una onda de choque de condensación a través de la cual pasa la suspensión, la presente invención garantiza una mayor grado de ruptura de la estructura celular de la biomasa que el que se consigue por medio de los procesos de pre-tratamiento existentes. Además, debido a la ruptura se consigue al menos parcialmente por medio de la inyección de vapor, la invención permite cantidad pequeña de catalizador o aditivo para obtener el grado de ruptura deseado en comparación con los procesos existente de pre-tratamiento químico. De hecho, la ruptura lograda por medio de la inyección de vapor puede eliminar por completo la necesidad de uno o más catalizadores. La inyección de vapor del presente proceso garantiza una cizalladura continua de la suspensión y mantiene el vacío parcial y la onda de choque. Por tanto, el proceso de la presente invención es continuo, sin necesidad alguna de que el proceso se encuentre contenido en un recipiente individual tal como el que se requiere

en los procesos de explosión de vapor.

De forma similar, la inyección de los catalizadores en el interior del vacío parcial creado en el proceso permite un nivel de penetración más elevado de los catalizadores en el interior de la biomasa. De este modo, bien se puede usar una cantidad menor de catalizador o bien se puede usar la misma cantidad de catalizador que en los procesos existentes con una mejora grado de tasa de ruptura.

Las elevadas fuerzas de cizalladura impartidas por medio de la inyección de vapor de alta velocidad no solo contribuyen a la ruptura de la estructura celular de la biomasa, sino que también atomizan el componente de fluido de trabajo de la suspensión para garantizar el calentamiento íntimo y homogéneo y la mezcla de la suspensión de biomasa con los catalizadores. Dicho calentamiento mejor y mezcla reducen la cantidad de tiempo y el catalizador requerido para lograr la reacción química necesaria.

La presente invención también proporciona ventajas cuando se usa en la etapa de fermentación de la producción de bio-combustible. Una vez que los azúcares han sido extraídos del material de biomasa, posteriormente se fermenta la suspensión de biomasa para convertir el azúcar en alcohol. Los procesos convencionales usan levadura para proporcionar la etapa de fermentación. La tecnología actual de levadura requiere temperaturas de aproximadamente 30 °C, lo que significa que se debe enfriar la biomasa entre las etapas de hidrólisis y de fermentación. Esto presenta un impacto sobre el tiempo y el coste del proceso de producción, ya que el enfriamiento retrasa el proceso mientras que el hecho de tener que re-calentar la suspensión fermentada antes de la destilación aumenta el consumo de energía.

Los micro-organismos termófilos con capaces de tolerar temperaturas mucho mayores que 30 °C (por ejemplo, de 60-80 °C) cuando convierten los azúcares presentes en la suspensión de biomasa en alcohol. Cuando se usa para la fermentación, el proceso de la presente invención se modifica para incluir la etapa de introducción de uno o más tipos de micro-organismos termófilos en la suspensión de biomasa como catalizador. Preferentemente, cuando el proceso es un proceso en línea, los micro-organismos termófilos se añaden antes de la inyección o del fluido de transporte a elevada velocidad hacia el interior de la suspensión.

También se puede usar el proceso de la presente invención como separador mejorado del alcohol que sucede a la fermentación. A medida que la suspensión fermentada se somete al proceso de la presente invención, la parte de alcohol líquido se transfiere al interior de una forma de gas dentro del vacío parcial creado por el proceso de la invención. Esto proporcionar la oportunidad de extraer el vapor de alcohol procedente de los fluidos restantes y sólidos tan pronto como se crea. Se puede usar un mecanismo de separación en línea aguas abajo del vacío parcial para llevar a cabo la retirada del vapor de alcohol. Se puede usar un separador vorticial como mecanismo de separación.

El mecanismo de separación se puede configurar de forma que la presión interna y la temperatura todavía permitan que tenga lugar la condensación del vapor, al tiempo que se mantiene el alcohol en la fase de vapor. Esto permite una separación más sencilla del vapor a partir de líquidos de densidad mucho más elevada y sólidos en el flujo del proceso. Este proceso puede retirar, o al menos acortar, la etapa de destilación que se necesita en los procesos convencionales.

Una limitación de los actuales procesos de fermentación es que la suspensión de biomasa fermentada contiene un azeótropo. Se sabe que los azeótropos pueden verse afectados por la presión, ya que los cambios de presión pueden presentar un efecto sobre las composiciones de equilibrio de vapor-líquido de las mezclas azeotrópicas. Los cambios de presión proporcionados por el proceso de la presente invención contribuyen a la ruptura del azeótropo, mejorando de este modo la extracción de alcohol.

El proceso de la presente invención acelera la reacción de fermentación proporcionando calor, un bajo choque térmico y una mezcla homogénea de los micro-organismos termófilos con los azúcares.

Los micro-organismos termófilos presentan el potencial de acelerar la etapa de fermentación del proceso. Además, el uso de micro-organismos termófilos presenta el potencial de mejorar la eficacia y la eficacia de costes de la producción de bio-combustible. Parte del ahorro de costes procede del ahorro de energía obtenido a partir de la eliminación de la necesidad de enfriar la biomasa para la etapa de fermentación, y posteriormente recalentar para la etapa de destilación aguas abajo.

Aunque no se muestra ni en la Figura 1 ni en la Figura 3, se pueden proporcionar uno o más puertos de aditivo inmediatamente aguas abajo de la boquilla 16, bien además de o en lugar del puerto de aditivo aguas arriba del procesador de fluidos. Estos puertos se abrirían hacia el interior de la parte aguas arriba de la cámara de mezcla 3A donde se forma el vacío durante la operación de procesado. Se puede conectar un puerto sencillo para suministrar uno o más catalizadores descritos anteriormente, que se pueden inyectar en el interior de la suspensión para romper más la estructura celular de la biomasa. Dondequiera que estén colocados los puertos, se puede controlar que la duración de la inyección del catalizador(es) en el interior del vacío parcial sea de un período determinado para conseguir la dosificación específica. Cuando se usa un puerto sencillo, se puede conectar a fuentes de catalizadores separados y se puede inyectar uno o ambos.

De manera alternativa, se puede usar un par de puertos de aditivo para inyectar los catalizadores en el interior del vacío parcial, bien de manera simultánea o consecutiva. En el caso de que el proceso forme parte de una línea de producción de bio-combustible, el par de puertos inyecta los catalizadores de forma simultánea.

El puerto(s) de aditivo también puede inyectar únicamente una enzima, sin usar ácidos.

- 5 Los puertos de aditivo también pueden incluir un medio de control que vigila el caudal de suspensión a través del conducto y mide la dosificación de catalizador introducida en la boquilla(s).

En la realización en línea de la presente invención, se puede colocar un número de unidades de procesador de fluidos en serie. En este caso, se pueden usar las unidades para calentar la suspensión a una temperatura más elevada que en la unidad sencilla. De manera alternativa, se pueden usar las unidades múltiples para varios fines. Por ejemplo, una primera unidad puede aplicar el proceso de la presente invención e inyectar el catalizador de pre-tratamiento químico mientras que una segunda unidad puede aplicar el proceso de nuevo pero introduce una enzima. Se pueden introducir catalizadores a través de una o más de las unidades en las series.

- 10

Mientras que el ejemplo del aparato de procesado que se ilustra en la Figura 3 se muestra en una configuración en línea, es preciso reconocer que también se puede colocar el aparato en una configuración de recirculación. En la configuración de recirculación, la tubería aguas abajo del procesador de fluidos retornaría a la primera tolva en lugar de transportar la suspensión aguas abajo hasta la segunda tolva. En el caso de la configuración de recirculación, se proporciona una válvula de salida apropiada en el aparato para permitir que la suspensión tratada sea retirada del aparato.

- 15

Así como para mezclar las componentes de la suspensión, la primera tolva también puede estar provista de medios de calentamiento para calentar la suspensión y de medios de aislamiento para mantenerla a la temperatura apropiada. De manera alternativa, se puede calentar el componente de fluido de trabajo de la suspensión en un punto lejano y que la primera tolva esté provista con un medio de aislamiento. Este proceso de mantener la suspensión a temperatura elevada durante un período de tiempo se conoce como "maceración".

- 20

25

30

REIVINDICACIONES

- 1.- Un proceso para el tratamiento de biomasa, que comprende:
- formar una suspensión de biomasa mezclado biomasa con un fluido de trabajo;
 - 5 inducir la suspensión de biomas para que fluya a través de una entrada (4) hacia el interior de un conducto (3) de un procesador de fluidos (1), presentando el conducto (3) un diámetro considerablemente constante;
 - introducir vapor en una boquilla (16) que comunica con el conducto (3), presentando la boquilla (16) una entrada de boquilla, un cuerpo de boquilla y una salida de boquilla, presentando el cuerpo de boquilla un área de corte transversal menor que la entrada de boquilla o que la salida de boquilla; y
 - 10 acelerar el vapor a través del cuerpo de boquilla e inyectar el vapor a velocidad elevada en el interior de la suspensión que fluye a través del conducto (3).
2. El proceso de la reivindicación 1, en el que el vapor es inyectado a velocidad supersónica.
3. El proceso de cualquier reivindicación anterior que además comprende la etapa de inyectar un primer catalizador en el interior de la suspensión.
- 15 4. El proceso bien de la reivindicación 1 o bien de la reivindicación 2, que además comprende la etapa de inyectar un primer y/o segundo catalizadores en el interior de la suspensión.
5. El proceso bien la reivindicación 3 o bien de la reivindicación 4, en el que el primer y/o segundo catalizadores se inyectan en el interior de la suspensión a través de un puerto de aditivo ubicado en el conducto (3) inmediatamente aguas abajo de la boquilla (16).
- 20 6. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el primer y/o segundo catalizador es un ácido.
7. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el primer y/o segundo catalizador es un gas que se escoge entre el grupo formado por aire y dióxido de carbono.
8. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en el que la biomasa es biomasa lignocelulósica.
- 25 9. El proceso de cualquier reivindicación anterior que además comprende una etapa de fermentación en la que se introducen uno o más tipos de micro-organismos termófilos en el interior de la biomasa para convertir los azúcares presentes en alcohol.
10. El proceso de la reivindicación 9, que además comprende las etapas de:
- vaporizar el alcohol en la suspensión a medida que se inyecta el vapor en el interior de la suspensión; y
 - separar el vapor de alcohol de la suspensión restante.
- 30
11. Un aparato para el tratamiento de biomasa, que comprende:
- un recipiente de mezcla (22) adaptado para mezclar un suministro de biomasa y un suministro de fluido de trabajo para formar una suspensión de biomasa;
 - una bomba (24) adaptada para bombear la suspensión desde el recipiente de mezcla (22); y
 - 35 al menos un procesador de fluidos (1) adaptado para recibir la suspensión procedente del recipiente de mezcla (22);
 - en el que el procesador de fluidos (1) comprende:
 - un conducto para fluidos (3) de diámetro considerablemente constante que tiene una entrada de conducto (4) en comunicación fluida con el recipiente de mezcla (22) y una salida de conducto (5); y
 - 40 una boquilla (16) que se abre en el interior del conducto (3) intermedia entre la entrada (4) y la salida (5), presentando la boquilla (16) una entrada de boquilla, un cuerpo de boquilla y una salida de boquilla, en la que el cuerpo de boquilla presenta un área de corte transversal más pequeño que la entrada de boquilla o que la salida de boquilla.

12. El aparato de la reivindicación 11, que comprende una pluralidad de procesadores de fluido (1) en serie unos con otros.
13. El aparato bien de la reivindicación 11 o bien de la reivindicación 12, que además comprende al menos una válvula de contrapresión (34) ubicada aguas abajo de la salida del conducto (5).
- 5 14. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, que además comprende un par de válvulas de contrapresión (34, 36) ubicadas aguas abajo de la salida del conducto (5).
15. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que además comprende al menos un puerto de aditivo adaptado para introducir uno o más aditivos en el conducto de fluido (3).
- 10 16. El aparato de la reivindicación 15, en el que el puerto de dispositivo se encuentra localizado en el conducto (3) adyacente a al boquilla (16).
17. El aparato de cualquier reivindicación 15 o reivindicación 16, en el que el puerto de aditivo se encuentra ubicado en el conducto (3) inmediatamente aguas abajo de la boquilla (16).
18. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, que además comprende un circuito de recirculación que está adaptado para retornar la suspensión desde la salida (5) del conducto para fluidos hasta el recipiente de mezcla.
- 15 19. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, que además comprende un recipiente de retención (32) localizado aguas abajo de la salida (5) del conducto para fluidos.
20. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 19, que además comprende una pluralidad de sensores (27, 38, 42) adaptados para medir la presión aguas arriba y aguas abajo del procesador de fluidos (1).
- 20 21. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 20, en el que el recipiente de mezcla (22) incluye medios de agitación para mezclar sus contenidos.
22. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 21, en el que la bomba (24) es una bomba de cavidad progresiva.
- 25 23. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 22, en el que la boquilla (16) es anular y circunscribe el conducto para fluidos (3).
24. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 23, que además comprende un mecanismo de separación de vapor adaptado para separar vapor del fluido restante.
25. El aparato de la reivindicación 24, en el que el mecanismo de separación es un separador vorticial.
- 30

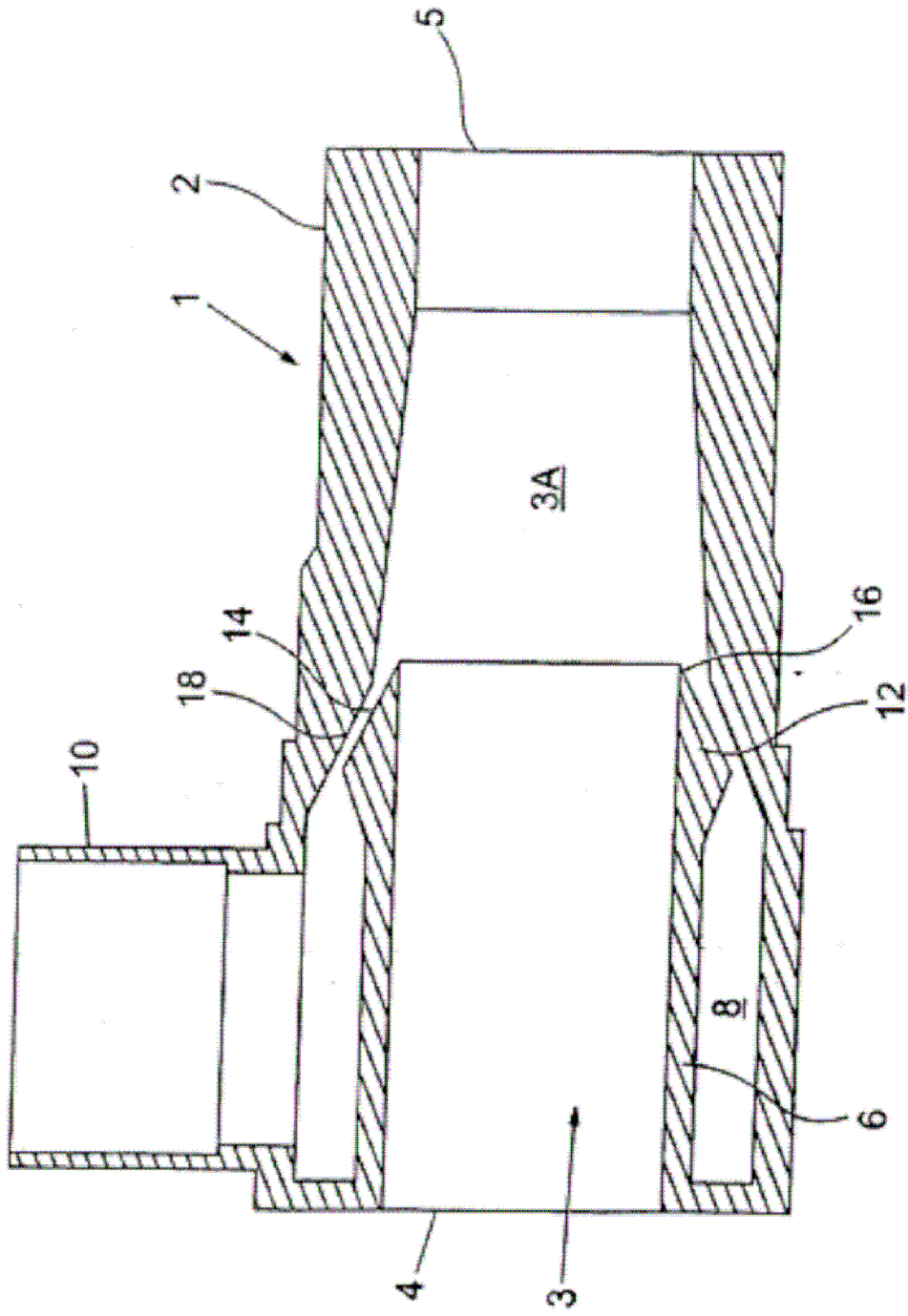


Fig. 1

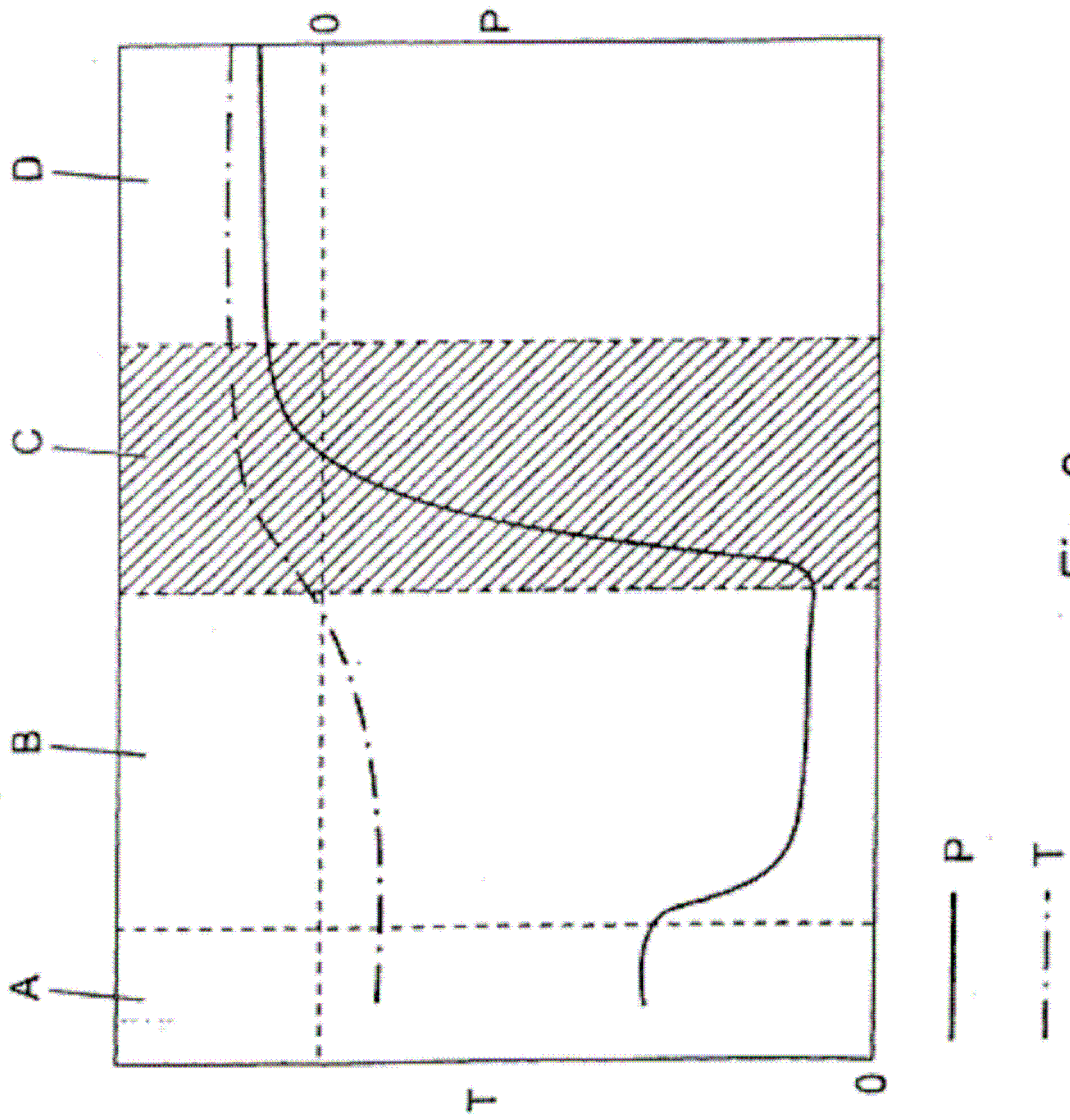


Fig. 2

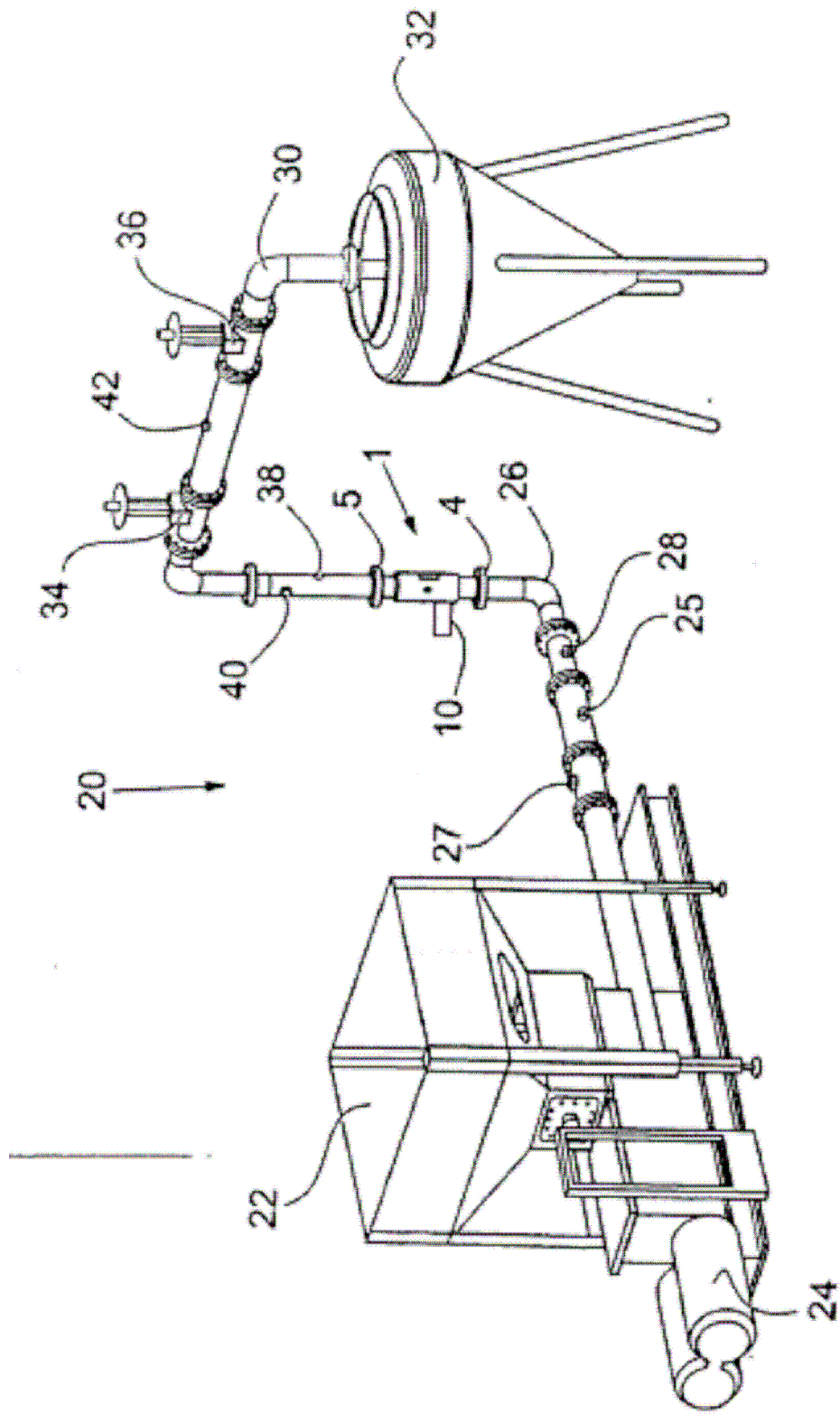


Fig. 3