

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 890**

51 Int. Cl.:
C12P 19/14 (2006.01)
C13K 1/06 (2006.01)
B01F 5/04 (2006.01)
C12M 1/40 (2006.01)
B01F 3/12 (2006.01)
B01F 7/16 (2006.01)
B01F 13/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08719055 .9**
96 Fecha de presentación: **21.03.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2142658**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.01.2010**

54 Título: **LICUEFACCIÓN DE BIOMASA BASADA EN ALMIDÓN.**

30 Prioridad:
02.05.2007 GB 0708482
05.06.2007 GB 0710659

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.01.2012

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

72 Inventor/es:
THORUP, Jens, Havon;
HEATHCOTE, John, Gervase, Mark y
FENTON, Marcus, Brian, Mayhall

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

ES 2 372 890 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

Licuefacción de biomasa basada en almidón

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un proceso de tratamiento de biomasa apropiado para su uso en la producción de bio-combustible. De manera más específica, la presente invención se refiere a un proceso mejorado y a un aparato para convertir biomasa con base de almidón en azúcares para la posterior fermentación.

10 El proceso para convertir la biomasa con base de almidón en azúcares resulta conocido en la producción de bio-combustible como licuefacción. Este proceso de licuefacción implica extraer almidón de la corriente de alimentación basada en almidón y posteriormente convertir el almidón extraído en polisacáridos de cadena corta para su posterior sacarificación, fermentación y destilación para dar lugar a un alcohol tal como etanol, por ejemplo.

15 Típicamente, los procesos de licuefacción implican la etapa de hidratación inicial de mezcla de la corriente de alimentación con base de almidón molida con agua para formar una suspensión. El agua se puede pre-calentar antes de mezclarse con la corriente de alimentación. De manera adicional, la suspensión se puede calentar en un recipiente con el fin de activar el almidón, y posteriormente se calienta de nuevo y se mezcla con la enzima de licuefacción con el fin de convertir el almidón en azúcares de cadena corta. Típicamente, la etapa de activación usa tanques con camisa de vapor o calentamiento con rociado de vapor para calentar la suspensión hasta la temperatura deseada. Al mismo tiempo los dispositivos de mezcla de agitación, los bucles de recirculación de la suspensión o una combinación de los provocan la mezcla de la suspensión. No obstante, a pesar de la presencia de las bombas de recirculación, estos métodos de calentamiento pueden dar lugar a la creación de zonas en el tanque de la suspensión o en el recipiente en las que la temperatura sea mucho mayor que en el resto del tanque. En dichos procesos "de liberación lenta", el almidón hidratado al comienzo del proceso puede verse dañado si entra en contacto con estas zonas de alta temperatura, dando lugar a un rendimiento menor. Estas configuraciones tampoco proporcionan una mezcla particularmente eficaz, como queda evidenciado por el problema de daño de calor comentado anteriormente.

25 Normalmente, los procesos convencionales usan recipientes separados para las etapas de activación y conversión del proceso. Normalmente, la transferencia de la suspensión desde el recipiente de activación hasta el recipiente de la etapa de conversión se consigue usando bombas centrífugas, que imparten una elevada fuerza de cizalladura sobre la suspensión y como resultado de ello provocan daño sobre el almidón hidratado.

30 La etapa de conversión también puede usar tanques con camisa de vapor o con camisa de agua, o los tanques se puede calentar por medio de dispositivos de calentamiento por rocío, para elevar la temperatura de la suspensión hasta el nivel apropiado para el rendimiento óptimo de la enzima. De manera alternativa, se emplean dispositivos de cocción de chorro para calentar la suspensión que entra en el interior del recipiente de la etapa de conversión. La suspensión no solo puede sufrir el mismo daño por calor que en la etapa de inactivación, sino que las zonas de temperatura también contribuye a limitar el rendimiento de glucosa del proceso. El calor excesivo de estas zonas favorece las reacciones de Maillard, donde las moléculas de azúcar se destruyen debido a la interacción con las proteínas también presentes en la suspensión. La combinación de estas pérdidas de Maillard con las pérdidas por cizalladura procedentes de las bombas de transferencia limita el rendimiento disponible de glucosa. De manera adicional, los procesos de licuefacción existentes requieren un largo tiempo de residencia de la suspensión en la etapa de conversión con el fin de garantizar que se convierte tanto almidón como sea posible en azúcares. Esto conduce a un proceso de producción más largo con mayores costes.

Es un objetivo de la presente invención mitigar u obviar una o más de estas desventajas.

45 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.

50 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un proceso para el tratamiento de una corriente de alimentación basada en almidón, que comprende:

55 mezclar juntos la corriente de alimentación basada en almidón y un fluido de trabajo para formar una suspensión;

hidratar la corriente de alimentación basada en almidón con el fluido de trabajo;

añadir una enzima de licuefacción a la suspensión y bombear la suspensión hacia el interior de un conducto de diámetro considerablemente constante de un dispositivo de activación de almidón; e

5 hidratar más la corriente de alimentación basada en almidón y activar el contenido de almidón de la suspensión inyectando un fluido de transporte a velocidad elevada en el interior de la suspensión a través una boquilla que comunica con el conducto;

 en el que al fluido de trabajo es agua y el fluido de transporte en vapor.

La inyección del fluido de transporte en el interior de la suspensión puede:

 aplicar una fuerza de cizalladura a la suspensión;

 atomizar la fase líquida dentro de la suspensión para crear un régimen de flujo por goteo disperso;

10 formar una zona de baja presión aguas abajo de la boquilla; y

 generar una onda de choque de condensación en el interior del conducto aguas abajo de la boquilla por medio de condensación del fluido de transporte.

La primera etapa de hidratación incluye calentar la suspensión en el interior de un primer recipiente y/o mantenerla a una primera temperatura pre-determinada durante un primer período de tiempo pre-determinado.

15 El proceso además puede comprender la etapa de transferir la suspensión a un segundo recipiente desde el dispositivo de activación de almidón, y mantener la temperatura de la suspensión en el segundo recipiente durante un segundo período de tiempo pre-determinado.

La etapa de transferencia de la suspensión al segundo recipiente puede incluir hacer pasar la suspensión a través de una unidad de acondicionado para elevar la temperatura de la suspensión.

20 La etapa de calentamiento de la suspensión en el primer y segundo recipientes también puede incluir la etapa de agitar la suspensión durante los respectivos períodos de tiempo primero y segundo.

La etapa de activación puede incluir recircular la suspensión a través del dispositivo de activación de almidón.

El fluido de transporte se puede inyectar a velocidad supersónica.

25 La etapa de inyección del fluido de transporte puede comprender inyectar el fluido de transporte a velocidad elevada en el interior de la suspensión a través de una pluralidad de boquillas que comunican con el conducto. La etapa de inyectar el fluido de transporte en la suspensión puede ocurrir en un solo paso de la suspensión a través del dispositivo de activación de almidón.

El bombeo de la suspensión se puede llevar a cabo usando una bomba de baja cizalladura.

30 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un aparato para el tratamiento de una corriente de alimentación basada en almidón, comprendiendo el aparato:

 un medio de hidratación para mezclar e hidratar la corriente de alimentación con un fluido de trabajo para formar una suspensión; y

 un dispositivo de activación de almidón en comunicación fluida con el primer medio de hidratación;

 en el que el dispositivo de activación de almidón comprende:

35 un conducto de diámetro considerablemente constante que tiene una entrada en comunicación fluida con el primer medio de hidratación y una salida; y

 una boquilla de fluido de transporte que comunica con el conducto y adaptada para inyectar el fluido de transporte a velocidad elevada en el interior del conducto.

40 El medio de hidratación puede comprender un primer recipiente que tiene una salida en comunicación fluida con la entrada del conducto. El medio de hidratación puede comprender un medio de calentamiento para calentar el fluido de trabajo y/o la suspensión.

El aparato además puede comprender un segundo recipiente que tiene una entrada en comunicación fluida con la salida del conducto. El segundo recipiente puede incluir medios de aislamiento para aislar los contenidos del segundo recipiente.

De manera alternativa, el aparato además puede comprender una sección tubo de residencia que tiene una entrada en comunicación fluida con la salida del conducto. El tubo de residencia puede incluir medios para el aislamiento de los contenidos del tubo de residencia a medida que pasan a través suyo.

5 La boquilla de fluido de transporte puede ser anular y circunscribe el conducto. La boquilla de fluido de transporte puede presentar una entrada, una salida y una parte de cuerpo intermedia entre la entrada y la salida, en la que la parte de cuerpo presenta un área de corte transversal menor que la de la entrada y la salida.

El aparato puede comprender un suministro de fluido de transporte adaptado para suministrar fluido de transporte a la boquilla de fluido de transporte.

10 El aparato puede comprender una pluralidad de dispositivos de activación de almidón en seres y/o en paralelo unos con otros, en el que el suministro de fluido de transporte está adaptado para suministrar fluido de transporte a la boquilla de fluido de transporte de cada dispositivo. El aparato puede comprender una pluralidad de tubos de suministro de fluido de transporte que conectan el suministro de fluido de transporte con cada boquilla, en el que el tubo de suministro de fluido de transporte incluye un medio de acondicionado del fluido de transporte.

15 El medio de acondicionado del fluido de transporte puede adaptarse para variar la presión de suministro del fluido de transporte a cada boquilla.

De manera alternativa, el aparato puede comprender un suministro de fluido de transporte dedicado para cada boquilla de fluido de transporte. Cada suministro de fluido de transporte puede incluir un medio de acondicionado de fluido de transporte. Cada medio de acondicionado se puede adaptar para variar la presión de suministro del fluido de transporte a cada boquilla respectiva.

20 El aparato puede además comprender una unidad de acondicionado de la temperatura ubicada entre el dispositivo de activación de almidón y el segundo recipiente, estando la unidad de acondicionado de temperatura adaptada para incrementar la temperatura del fluido que pasa desde el dispositivo hasta el segundo recipiente.

El aparato además puede comprender una tubería de recirculación adaptada para permitir la recirculación de fluido entre la salida del dispositivo de activación de almidón y el primer recipiente.

25 El aparato además puede comprender una bomba de baja cizalladura adaptada para bombear fluido desde el medio de hidratación hasta el dispositivo de activación de almidón.

El medio de calentamiento puede comprender una camisa de agua caliente que rodea al primer recipiente. De manera alternativa, el medio de calentamiento puede encontrarse lejos del medio de hidratación.

30 El medio de aislamiento puede comprender una camisa de agua caliente que rodea al segundo recipiente. De manera alternativa, el medio de aislamiento puede comprender una capa de material aislante que cubre el exterior del segundo recipiente.

El aparato además puede comprender un primer y un segundo medios de agitación ubicados en el primer y segundo recipientes, respectivamente. El primer recipiente puede incluir un medio de recirculación para recircular la suspensión desde la salida hasta su entrada.

35 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 es una vista esquemática de un aparato de procesado de bio-combustible;

La Figura 2 es una vista de sección longitudinal a través del dispositivo de activación de almidón apropiado para su uso en el aparato que se muestra en la Figura 1; y

40 La Figura 3 muestra una gráfica del perfil de temperatura y presión de una suspensión a medida que pasa a través del dispositivo que se muestra en la Figura 2.

45 La Figura 1 ilustra esquemáticamente un aparato que extrae almidón de una corriente de alimentación basada en almidón y posteriormente convierte el almidón extraído en azúcares. El aparato, generalmente designado como 1, comprende un primer recipiente 2 que actúa como un primer medio de hidratación. El primer recipiente 2 tiene un medio de calentamiento, que es preferentemente una camisa 4 de agua caliente que rodea al recipiente 2 y recibe agua caliente procedente de suministro de agua caliente (no mostrado). El recipiente 2 también incluye un agitador 6 que es alimentado por un motor 8. El agitador 6 está suspendido desde el motor 8 de manera que cae dentro del recipiente 2. En la base del recipiente 2 se encuentran la salida 10 y el medio de válvula 12 que controla el flujo de fluido desde la salida 10. Aguas abajo del primer recipiente 12 se encuentra una primera tubería de suministro 16, cuyo extremo aguas arriba conecta fluidamente con la salida 10 y el medio de válvula 12 mientras que el extremo aguas abajo de la tubería de suministro 16 conecta fluidamente con el reactor 18. Se puede proporcionar una bomba

14 de baja cizalladura en al tubería de suministro 16. La bomba 14 puede ser una bomba centrífuga que ha sido modificada con el fin de reducir la cizalladura a medida que el fluido es bombeado a través de la misma.

El reactor 18 está formado por uno o más dispositivos de activación de almidón. La Figura 2 muestra con detalle un dispositivo impulsor de fluido apropiado que puede actuar como dispositivo de activación de almidón. El dispositivo 100 impulsor de fluido comprende un alojamiento 20 que define un conducto 22. El conducto 22 presenta una entrada 24 y una salida 26, y es de diámetro considerablemente constante. La entrada 24 está formada en el extremo frontal de una protusión 28 que se extiende hacia el interior del alojamiento 20 y que define exteriormente su impelente 30. El impelente 30 presente un entrada 32 de fluido de transporte. La protusión 28 define internamente su parte del conducto 22. El extremo distal 34 de la protusión 28 lejos de la entrada 24 se encuentra ahusado sobre su superficie relativamente externa en 36 y define una boquilla 38 de fluido de transporte entre el mismo y la parte ahusada 40 correspondiente de la pared interna del alojamiento 20. La boquilla 38 se encuentra en comunicación fluida con el impelente 30 y es preferentemente anular de forma que circunscriba al conducto 22. La boquilla 38 presenta una entrada de boquilla 35, una salida de boquilla 39 y una parte de cuerpo 37 intermedia entre la entrada de boquilla 35 y la salida de boquilla 39. La boquilla 38 presenta una geometría interna convergente-divergente, en la que la parte de cuerpo 37 presenta un área de corte transversal que es menor que el área de corte transversal bien de la entrada de boquilla 35 o bien de la salida de boquilla 39. La salida de boquilla 39 se abre hacia el interior de la cámara de mezcla 25 definida en el interior del conducto 22.

Haciendo referencia una vez más a la Figura 1, el reactor 18 se encuentra conectado a un suministro 50 de fluido de transporte por medio de un tubo 48 de suministro de fluido de transporte. La entrada 32 de fluido de transporte del o de cada dispositivo 100 de activación de almidón que compone el reactor se encuentra conectada de forma fluida con el tubo 48 de suministro de fluido de transporte para la recepción del fluido de transporte desde el suministro 50 de fluido de transporte.

Ubicada aguas abajo del reactor 18 y conectado fluidamente con el mismo se encuentra una unidad 52 de acondicionado de temperatura (TCU). Preferentemente, la TCU 52 comprende un dispositivo impulsor de fluido considerablemente idéntico al que se muestra en la Figura 2, y por tanto no se describe en detalle en el presente documento. La TCU 52 puede bien estar conectada con el suministro 50 de fluido de transporte o puede presentar su propio suministro dedicado de fluido de transporte (no mostrado).

Aguas abajo de la TCU 52 hay un segundo tubo de suministro 54, que conecta fluidamente la salida de la TCU 52 con un segundo recipiente 56. El segundo recipiente 56 es similar al primer recipiente 2, y por tanto presenta una camisa 58 de agua caliente que rodea al recipiente 56 y recibe agua caliente procedente del suministro de agua caliente (no mostrado). El recipiente 56 también incluye un agitador 60 que se encuentra alimentado por un motor 62. El agitador 60 se encuentra suspendido desde el motor 62 de forma que cae dentro del recipiente 56. En la base del recipiente 56 se encuentran la salida 64 y un medio de válvula 66 que controla el flujo de fluido desde la salida 64.

A continuación, se describe con detalla un método para el procesado de una corriente de alimentación basada en almidón que usa el aparato que se muestra en las Figuras 1 y 2. En primer lugar, se introduce una corriente de alimentación basada en almidón molida en el interior de un primer recipiente 2 con un caudal de adición de masa controlada. Ejemplos de corriente de alimentación apropiada incluyen maíz molido seco, trigo o sorgo. Por separado, se mezcla una enzima de licuefacción con un fluido de trabajo, que es agua, y posteriormente se añade el fluido de trabajo a la corriente de alimentación del recipiente 2 para formar una suspensión y para comenzar a hidratar la corriente de alimentación. Un ejemplo de enzima de licuefacción apropiada es Liquozyme SC DS® fabricado por Novozymes of Bagsvaerd, Dinamarca. La concentración preferida de enzima en el recipiente es de 0,09-0,18 ml/kg. Preferentemente, la proporción de corriente de alimentación con respecto a contenido de líquido es la suspensión es de 20-40 % en peso. De manera opcional, también se pueden añadir uno o más agentes de ajuste de pH y/o un tensioactivo a la suspensión en este momento.

El agua caliente se alimenta en al interior de la camisa de agua 4 que rodea al recipiente 2 y posteriormente la camisa de agua caliente produce el calentamiento hasta una temperatura de típicamente 30-60 °C, del modo más preferido de 30-40 °C y mantiene la suspensión a esta temperatura durante 30-120 minutos. El motor 8 acciona el agitador 6, que agita la suspensión del recipiente 2 con una agitación suave (es decir, de baja cizalladura) mientras que la suspensión se mantiene en el recipiente 2.

Se mantiene la suspensión a la temperatura deseada en el recipiente 2 durante un período de tiempo suficiente para permitir la preparación del contenido de almidón para la hidratación completa. Cuando la suspensión se ha impregnado en el recipiente 2 durante el tiempo suficiente, se abre la válvula 12 para permitir que la suspensión salga del recipiente por medio de la salida 10. La bomba 14 impulsa la suspensión en condiciones de baja cizalladura desde el recipiente 2 hasta el primer tubo de suministro 16 hasta el reactor 18.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 2, cuando la suspensión alcanza el o cada dispositivo de activación 100 que forma el reactor 18, la suspensión pasa hacia el interior del dispositivo 100 a través de la entrada 24 y sale por la salida 26. El fluido de transporte, que es vapor, es alimentado desde el suministro 50 de fluido de transporte a una presión preferida de entre 5-7 bar a la, o a cada, entrada 32 de fluido de transporte por medio del tubo 48 de

- 5 suministro de fluido de transporte. La introducción del fluido de transporte a través de la entrada 32 y del impelente 32 provoca un chorro de vapor para su distribución a través de la boquilla 38 a velocidad elevada, preferentemente supersónica. A medida que el vapor es inyectado en el interior de la suspensión, tiene lugar un momento y una transferencia de masa entre los dos, que preferentemente da lugar al atomizado del componente del fluido de trabajo de la suspensión para formar un régimen de flujo por goteo disperso. Esta transferencia es mejorada por medio de turbulencia. Preferentemente, 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 corriente de alimentación suspendida en el seno de la suspensión, de forma que los gránulos de almidón presentes se separan de la corriente de alimentación.
- 10 Los efectos del proceso sobre la temperatura y la presión de la suspensión se pueden observar en la gráfica de la Figura 3, que muestra el perfil de temperatura y presión a medida que la suspensión pasa a través de varios puntos del dispositivo 100 impulsor de fluido de la Figura 2. La gráfica se ha dividido en cuatro secciones A-D, que corresponden a varias secciones del dispositivo 100 impulsor de fluido. La sección A corresponde a la sección del conducto 22 entre la entrada 24 y la boquilla 38. La sección B corresponde a la sección aguas arriba de la cámara de mezcla 25 que se extiende entre la boquilla 38 y una parte intermedia de la cámara 25. La sección C corresponde a una sección aguas abajo de la cámara de mezcla 25 que se extiende entre la parte intermedia anteriormente mencionada de la cámara 25 y la salida 26, mientras que la sección D ilustra la temperatura y la presión de la suspensión a medida que pasa a través de la salida 26.
- 15 El vapor se inyecta en la suspensión al comienzo de la sección B de la gráfica de la Figura 3. La velocidad del vapor, que preferentemente se inyecta a velocidad supersónica, y su expansión tras abandonar la boquilla 38 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 puede continuar y formar un onda de choque de condensación en la parte aguas abajo de la cámara de mezcla 25. La formación de la onda de choque de condensación provoca un incremento rápido de presión, como se puede observar en la parte C de la Figura 3. La parte C también muestra que la temperatura de la suspensión también continua aumentando por medio de la condensación del vapor.
- 20 Como se ha explicado anteriormente, a medida que el vapor se inyecta en el interior de la suspensión a través de la boquilla 38 tiene lugar una reducción de presión en la parte aguas arriba de la cámara de mezcla 25. Esta reducción de presión forma un vacío al menos parcial en esta parte aguas arriba de la cámara 25 adyacente a la salida de boquilla 39. Los ensayos han revelado que se puede conseguir aproximadamente 90 % de vacío en la cámara 25 a medida que el vapor es inyectado y posteriormente se condensa.
- 25 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 corriente de alimentación suspendida en la suspensión, liberando los gránulos de almidón de la corriente de alimentación. A medida que la suspensión pasa a través de del vacío parcial y de la onda de choque de condensación formada en la cámara 25, 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 3.
- 30 A medida que los gránulos son separados de la corriente de alimentación en el reactor 18, se hidratan casi instantáneamente, se calientan y se activan debido a la introducción de vapor. El dispositivo(s) 100 que constituye el reactor 18 bombea y calienta de forma simultánea la suspensión y completa la hidratación y activa o gelatiniza el contenido de almidón a medida que se produce el paso de la suspensión. Además, el reactor 18 mezcla las enzimas con la suspensión, proporcionando una distribución homogénea y un elevado nivel de contacto con el almidón que ahora se encuentra en fase líquida. Preferentemente, la temperatura de la suspensión a medida que abandona el reactor se encuentra entre 74-76 °C. cuando el reactor 18 comprende un número de dispositivos de activación de almidón en serie, la presión del vapor suministrado a cada dispositivo impulsor de fluido se puede controlar de forma individual mediante medios de acondicionamiento de fluido (no mostrados) de manera que únicamente se alcance la temperatura óptima de la suspensión a medida que esta abandona el último dispositivo impulsor de fluido de la serie. El medio de acondicionado de fluido de transporte puede estar unido directamente al suministro 50 de fluido de transporte, o puede estar ubicado en los tubos 48 de suministro de fluido de transporte.
- 35 Se escoge la temperatura a la cual la suspensión abandona el reactor 18 para evitar cualquier daño térmico de los contenidos de la suspensión durante la etapa de activación.
- 40 No obstante, esta temperatura puede estar por debajo de la temperatura de rendimiento óptimo de la enzima de licuefacción, y puede ser necesario aumentar la temperatura de la suspensión sin someter la misma a temperaturas excesivamente elevadas o a fuerzas de cizalladura adicionales. Este calentamiento suave se consigue usando la TCU 52 aguas abajo del reactor 18.
- 45 Como se ha descrito anteriormente, la TCU 52 comprende uno o más dispositivo de impulso de fluido del tipo que se ilustra en la Figura 2. Cuando existe más que dispositivo de impulso de fluido en la TCU 52, preferentemente están colocados en serie. La presión del vapor suministrado al dispositivo(s) de impulso de fluido de la TCU 52 está
- 50

5 controlada de manera que sean comparativamente menor que la del vapor suministrado al dispositivo(s) 100 del reactor 18. Una presión de entrada de vapor preferida para el dispositivo(s) de impulso de fluido de la TCU se encuentra entre 0,5-2,0 bar. Por consiguiente, la velocidad de fluido de transporte es mucho menor debido a que el vapor inyectado no aplica fuerza de cizalladura o choque de condensación a la suspensión a medida que ésta pasa a través de la TCU 52. En lugar de ello, la TCU 52 usa propiamente el vapor de baja presión para aumentar suavemente la temperatura de la suspensión.

10 Una vez que y ha pasado a través de la TCU 52, la suspensión se encuentra preferentemente a una temperatura entre 83-85 °C. Posteriormente, la suspensión fluye aguas abajo a través del segundo tubo de suministro 54 hacia el interior del recipiente 56. La camisa de agua 58 recibe agua caliente que mantiene la suspensión a la temperatura anteriormente mencionada. La suspensión es mantenida en el segundo recipiente 56 durante el tiempo de residencia suficiente para permitir que la enzima convierta o hidrolice el contenido de almidón en dextrinas más cortas. Durante este tiempo de residencia, el motor 62 acciona el agitador 60 para mover suavemente la suspensión. Se ha comprobado que un tiempo de residencia de aproximadamente 30 minutos es suficiente en el presente proceso, en comparación con el tiempo de residencia típico de 120 minutos de los procesos existentes de licuefacción. Se controla el progreso de la conversión durante el tiempo de residencia midiendo el equivalente de dextrosa (DE) de la suspensión. Al final del tiempo de residencia, se puede transferir la suspensión a un tanque de fermentación (no mostrado) por medio de la salida 64 y la válvula de control 66 del segundo recipiente 56.

20 El uso de un dispositivo de activación de almidón del tipo descrito permite a la presente invención calentar y activar el contenido de almidón de la suspensión, mientras se evita la creación de zonas de calor extremo, que pueden dañar el contenido de almidón. El hecho de evitar estas zonas también reduce o elimina los efectos de Maillard provocados por la reacción de las proteínas con el almidón extraído. Estas reacciones pueden evitar la conversión del almidón en azúcar y por tanto reducir los rendimientos. Además, la mezcla con agitación suave y el bombeo a baja cizalladura a una temperatura más baja también garantiza que no haya fuerzas de cizalladura que puedan dañar el contenido de almidón de la suspensión, al tiempo que se mantiene en el recipiente o es transportada entre recipientes. Dicho daño limita el rendimiento final de glucosa disponible a partir de la corriente de alimentación.

30 El dispositivo(s) de activación de almidón del reactor también garantiza que los componentes de la suspensión se mezclen de manera más completa que la que sería posible usando únicamente las paletas de un agitador sencillo y/o bucles de recirculación. El atomizado del componente líquido de la suspensión además garantiza una mezcla de la suspensión más homogénea que la que resultaba posible previamente. Esta mezcla mejorada aumenta la eficacia de la enzima a la hora de convertir almidón en dextrinas más cortas, reduciendo el tiempo necesario para lograr los valores DE deseados en la suspensión cuando se comparación con los procesos existentes.

De manera alternativa, si se desea, este proceso puede conseguir valores DE más elevados que los que son posibles con los procesos existentes.

35 La acción de cizalladura y la condensación/choque de presión aplicados al componente de la corriente de alimentación de la suspensión cuando se encuentra en el interior del reactor mejoran más el rendimiento de la presente invención ya que existe una mayor exposición de la estructura celular de la corriente de alimentación. Esto permite virtualmente que todos los gránulos de almidón de la corriente de alimentación se separen, proporcionando de este modo mejores tasas de activación de almidón en comparación con los procesos convencionales ya que la activación enzimática se encuentra complementada por la activación mecánica en el reactor. Esto también permite que el proceso proporcione una proporción de conversión de almidón en azúcar de considerablemente 100 %. Por tanto, el proceso de la presente invención únicamente requiere que la suspensión pase una vez a través del reactor antes que se encuentre lista para pasar al segundo recipiente para la etapa de conversión. Además, los rendimientos mejoran mucho ya que no da tiempo a que se produzcan pérdidas durante el proceso.

45 La exposición de más almidón también significa que se necesita menos enzima para lograr el valor DE deseado de 12-18 antes de que la suspensión sea transferida a los procesos de sacarificación y fermentación. Además, la condensación/choque de presión provoca la muerte bacteriana a una temperatura relativamente baja, reduciendo de este modo las pérdidas en cualquier proceso de fermentación posterior.

50 También se ha descubierto que el proceso y el aparato de la presente invención pueden mejorar las tasas de fermentación en el posterior proceso de fermentación. La hidratación mejorada de la presente invención también hidrata algunas proteínas de la corriente de alimentación. Estas proteínas hidratadas actúan como corriente de alimentación adicional para fermentar la levadura, mejorando de este modo el rendimiento de la fermentación de la levadura.

55 En resumen, se ha comprobado que el proceso y el aparato de la presente invención proporcionan un número de ventajas son respecto a las configuraciones existentes. Estas ventajas incluyen un aumento de hasta 14 % en los rendimientos de conversión de almidón en azúcares, una reducción de hasta 50 % de la cantidad necesaria de enzima de licuefacción, una reducción de hasta 75 % del tiempo de residencia para que tenga lugar la conversión y una reducción de hasta 30 % del tiempo necesario para la posterior fermentación de los azúcares convertidos para dar lugar a alcohol.

- 5 Como se ha descrito anteriormente, el reactor puede comprender una pluralidad de dispositivos de activación de almidón colocados en serie y/o en paralelo. Cuando el reactor comprende grupos de cuatro o más dispositivos en serie, no es necesario mantener la suspensión en el intervalo deseado de temperatura de 30-60 °C mientras se produce el desarrollo en el primer recipiente. En lugar de ello, cada uno de los dispositivos del reactor inyecta un fluido de transporte a presión elevada en el interior de la suspensión, de manera que en este ejemplo la temperatura de la suspensión a medida que abandona el primer recipiente necesita ser únicamente de 20-30 °C. Se puede añadir un aditivo de antibiótico al mismo tiempo que la primera enzima, si se desea. La reducción de la temperatura de la suspensión de 20-30 °C reduce la necesidad de control de la infección antibiótica.
- 10 Mientras que la presente invención únicamente necesita usar un dispositivo de activación de almidón en el reactor, si el caudal de proceso requerido lo demanda, el reactor puede comprender una combinación de dispositivos impulsores de fluido en serie y/o en paralelo. Este puede ser también el caso de la unidad de acondicionado de la temperatura formada por uno o más de dichos dispositivos impulsores de fluido.
- 15 El aparato también puede incluir uno o más tubos de recirculación que pueden recircular de forma selectiva la suspensión desde aguas abajo del dispositivo de activación de almidón hasta aguas arriba del dispositivo, de manera que la suspensión pueda pasar a través del dispositivo más que una vez si fuese necesario. Cuando se incluye, el primer recipiente también puede incluir una configuración tal que la suspensión pueda pasar a través del primer recipiente más que una vez si fuese necesario.
- 20 En lugar de presentar camisas de agua, de manera alternativa, el primer y/o segundo recipientes puede comprender una capa de aislamiento sobre su superficie exterior. La capa de aislamiento mantiene la temperatura de la suspensión en el interior del recipiente dentro de los intervalos deseados comentados anteriormente. Se puede pre-tratar el fluido de trabajo con medios de calentamiento externos (no mostrados) antes de que se produzca la mezcla con la corriente de alimentación. La temperatura de la suspensión se mantiene en la temperatura deseada en el recipiente 2 bien usando la camisa 4 de agua caliente o la capa de aislamiento.
- 25 La bomba centrífuga de baja cizalladura que impulsa la suspensión desde el primer recipiente hasta el interior del reactor se puede sustituir por otra bomba apropiada de baja cizalladura, tal como una bomba de membrana o una bomba peristáltica, por ejemplo.
- 30 Mientras que la unidad de acondicionamiento de la temperatura (TCU) descrita anteriormente comprende uno o más dispositivos de impulso de fluido del tipo que se muestra en la Figura 2, se pueden sustituir por un intercambiador de calor. El intercambiador de calor puede ser un intercambiador de calor de cubierta y tubo de forma que la suspensión pasa a través del tubo y el agua caliente pasa a través de la cubierta que rodea al tubo.
- La concentración preferida de la enzima de licuefacción de la suspensión durante el desarrollo en el primer recipiente asume de media un contenido de humedad de en la corriente de alimentación de 15 % y un contenido medio de almidón de 75 % en peso seco.
- 35 Mientras que preferentemente la enzima es introducida en la suspensión aguas arriba del dispositivo de activación de almidón, la enzima también se puede introducir en el dispositivo o aguas abajo del dispositivo después de la activación del contenido de almidón.
- 40 Mientras que la realización ilustrada de la invención incluye los recipientes tanto primero como segundo para la manipulación de la suspensión, debe apreciarse que no es necesario que la invención incluya los recipientes para proporcionar las ventajas destacadas anteriormente. En lugar del primer recipiente, el primer medio de hidratación puede ser un tubo o un dispositivo de mezcla en línea en cuyo interior se introducen la corriente de alimentación, el fluido de trabajo y la enzima, aguas arriba del dispositivo de activación de almidón. De forma similar, se puede sustituir el segundo recipiente por una tubería en la cual tiene lugar la conversión del almidón activado para dar azúcares.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un proceso para el tratamiento de una corriente de alimentación basada en almidón, que comprende:
- 5 mezclar juntos la corriente de alimentación basada en almidón y un fluido de trabajo para formar una suspensión;
- hidratar la corriente de alimentación basada en almidón con el fluido de trabajo;
- añadir una enzima de licuefacción a la suspensión;
- bombear la suspensión al interior de un conducto (22) de diámetro considerablemente constante de un dispositivo (100) de activación de almidón; e
- 10 inyectar un fluido de transporte a velocidad elevada en el interior de la suspensión a través de la boquilla (38) que comunica con el conducto (22), hidratando de este modo la corriente de alimentación basada en almidón y activando el contenido de almidón de la suspensión;
- en el que el fluido de trabajo es agua y el fluido de transporte es vapor.
- 15 2. El proceso de la reivindicación 1, en el que la etapa de hidratación incluye calentar la suspensión y/o mantenerla a una primera temperatura pre-determinada dentro del intervalo de 30-60 °C dentro de un primer recipiente (2) durante un primer período de tiempo predeterminado.
3. El proceso de la reivindicación 2, que además comprende la etapa de transferir la suspensión a un segundo recipiente (56) desde el dispositivo de activación de almidón (100), y mantener la suspensión a una segunda temperatura predeterminada más elevada que la primera temperatura pre-determinada en el segundo recipiente (56)
- 20 durante un segundo período de tiempo pre-determinado.
4. El proceso de la reivindicación 3, en el que la etapa de transferencia de la suspensión al segundo recipiente (56) incluye hacer pasar la suspensión a través de la unidad (52) de acondicionado de temperatura para incrementar la temperatura de la suspensión desde la primera temperatura predeterminada hasta la segunda temperatura predeterminada.
- 25 5. El proceso de la reivindicación 3 o de la reivindicación 4 que además comprende la etapa de agitar la suspensión en el primer y segundo recipientes (2,56) durante los respectivos períodos de tiempo primero y segundo.
6. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en el que el vapor se inyecta a velocidad supersónica.
7. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar el vapor comprende inyectar el vapor en el interior de la suspensión a través de una pluralidad de boquillas (38) que comunican con el conducto
- 30 (22).
8. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar el vapor en la suspensión ocurre en un sólo paso de la suspensión a través del dispositivo (100) de activación de almidón.
9. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la etapa de inyectar el vapor incluye recircular la suspensión a través del dispositivo (100) de activación de almidón.
- 35 10. El proceso de cualquier reivindicación anterior, en el que el bombeo de la suspensión se lleva cabo usando una bomba (14) de baja cizalladura.
11. Un aparato para tratar la corriente de alimentación basada en almidón, comprendiendo el aparato:
- un medio de hidratación para mezclar e hidratar la corriente de alimentación con un fluido de trabajo para formar una suspensión; y
- 40 un dispositivo (100) de activación de almidón en comunicación fluida con el medio de hidratación;
- en el que el dispositivo (100) de activación de almidón comprende:
- un conducto (22) de diámetro considerablemente constante que presenta una entrada (24) en comunicación fluida con el medio de hidratación y una salida (26); y
- 45 una boquilla (38) de fluido de transporte que comunica con el conducto (22) y está adaptada para inyectar un fluido de transporte a velocidad elevada en el interior del conducto (22).

12. El aparato de la reivindicación 11, en el que el medio de hidratación comprende un medio de calentamiento para calentar el fluido de trabajo y/o la suspensión.
13. El aparato de la reivindicación 12, en el que el medio de hidratación comprende un primer recipiente (2) que tiene una salida (10) en comunicación fluida con la entrada (24) del conducto (22).
- 5 14. El aparato de la reivindicación 13, en el que el medio de calentamiento comprende una camisa de agua caliente (4) que rodea al primer recipiente (2).
15. El aparato de la reivindicación 12 o de la reivindicación 13, en el que el medio de calentamiento se encuentra lejos del medio de hidratación.
- 10 16. El aparato de la reivindicación 13, que además comprende un segundo recipiente que tiene una entrada en comunicación fluida con la salida (26) del conducto (22).
17. El aparato de la reivindicación 16, en el que el segundo recipiente (56) incluye medios de aislamiento para aislar los contenidos del segundo recipiente (56).
18. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, que además comprende una sección de tubo de residencia que tiene una entrada en comunicación fluida con la salida (26) del conducto (22).
- 15 19. El aparato de la reivindicación 18, en el que el tubo de residencia incluye un medio de aislamiento para aislar los contenidos del tubo de residencia a medida que pasan a través del mismo.
20. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 19, en el que la boquilla (38) del fluido de transporte es anular y circunscribe el conducto (22).
- 20 21. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 20, en el que la boquilla (38) del fluido de transporte presenta una entrada (35), una salida (39) y una parte de cuerpo (37) intermedia entre la entrada (35) y la salida (39), en el que la parte del cuerpo (37) presenta un área de corte transversal que es menor que la de la entrada (35) y la de la salida (39).
22. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 21 que además comprende un suministro (50) de fluido de transporte adaptado para suministrar fluido de transporte a la boquilla (38) de fluido de transporte.
- 25 23. El aparato de la reivindicación 22 que comprende una pluralidad de dispositivos (100) de activación de almidón en serie y/o en paralelo unos con otros, en el que el suministro (50) de fluido de transporte está adaptado para suministrar fluido de transporte a la boquilla (38) de fluido de transporte de cada dispositivo (100).
- 30 24. El aparato de la reivindicación 23, que comprende una pluralidad de tuberías (48) de suministro de fluido de transporte que conectan el suministro (50) de fluido de transporte con cada boquilla (38), en el que cada tubería (48) de suministro de fluido de transporte incluye un medio de acondicionamiento de fluido de transporte.
25. El aparato de la reivindicación 24, en el que el medio acondicionador de fluido de transporte está adaptado para variar la presión de suministro del fluido de transporte hacia su respectiva boquilla (38).
26. El aparato de la reivindicación 22, que comprende un suministro (50) de fluido de transporte dedicado para cada boquilla (38) de fluido de transporte.
- 35 27. El aparato de la reivindicación 26, en el que cada suministro (50) de fluido de transporte incluye un medio de acondicionamiento de fluido de transporte.
28. El aparato de la reivindicación 27, en el que cada medio de acondicionamiento está adaptado para variar la presión de suministro del fluido de transporte hacia cada boquilla (38) respectiva.
- 40 29. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 28 que además comprende una unidad (52) de acondicionamiento de temperatura ubicada aguas abajo del dispositivo (100) de activación de almidón, estando la unidad (52) de acondicionamiento de temperatura adaptada para aumentar la temperatura del fluido que abandona el conducto (22) del dispositivo (100).
- 45 30. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 29, que además comprende una tubería de recirculación adaptada para permitir la recirculación de fluido desde aguas abajo del dispositivo (100) de activación de almidón hasta aguas arriba del dispositivo (100) de activación de almidón.

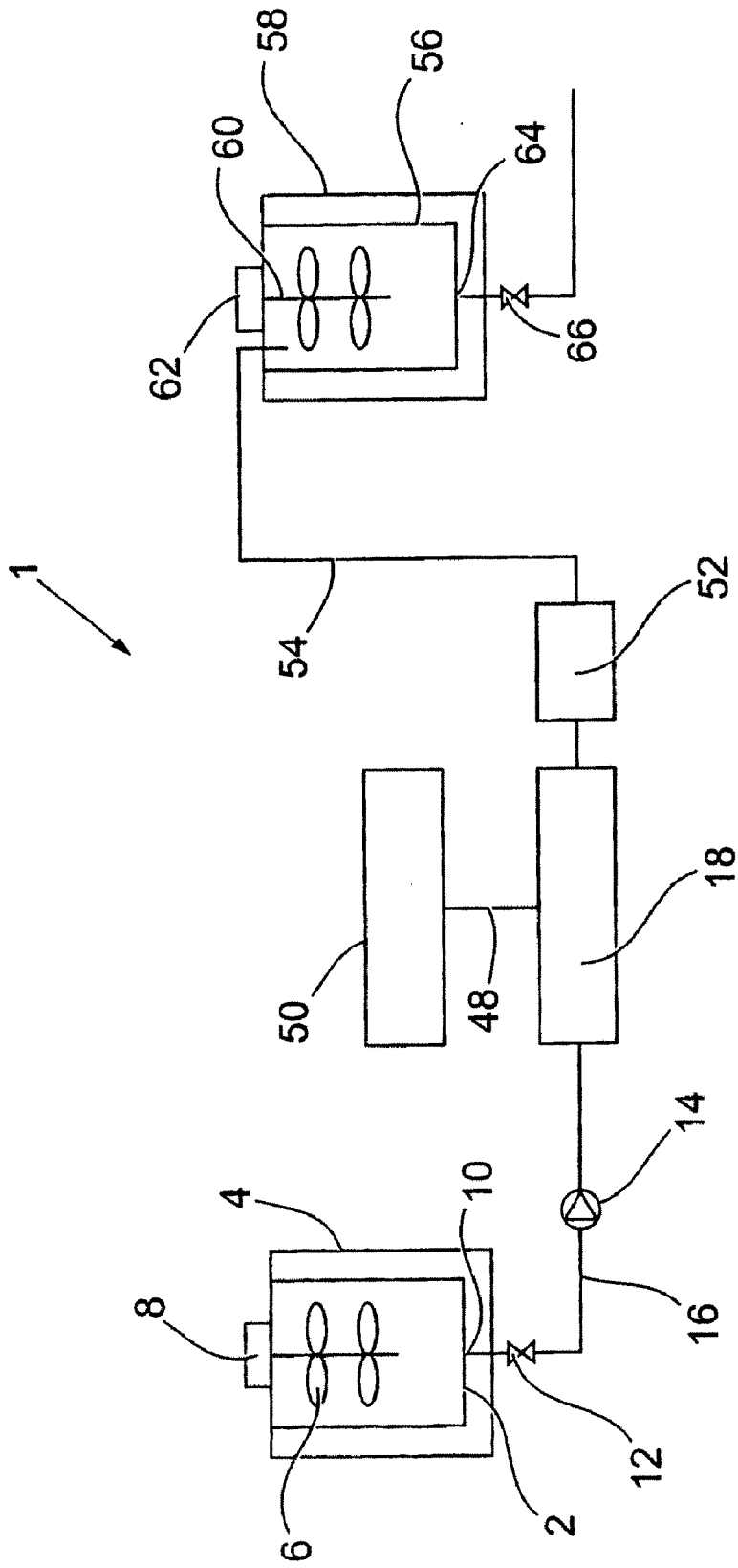


Fig. 1

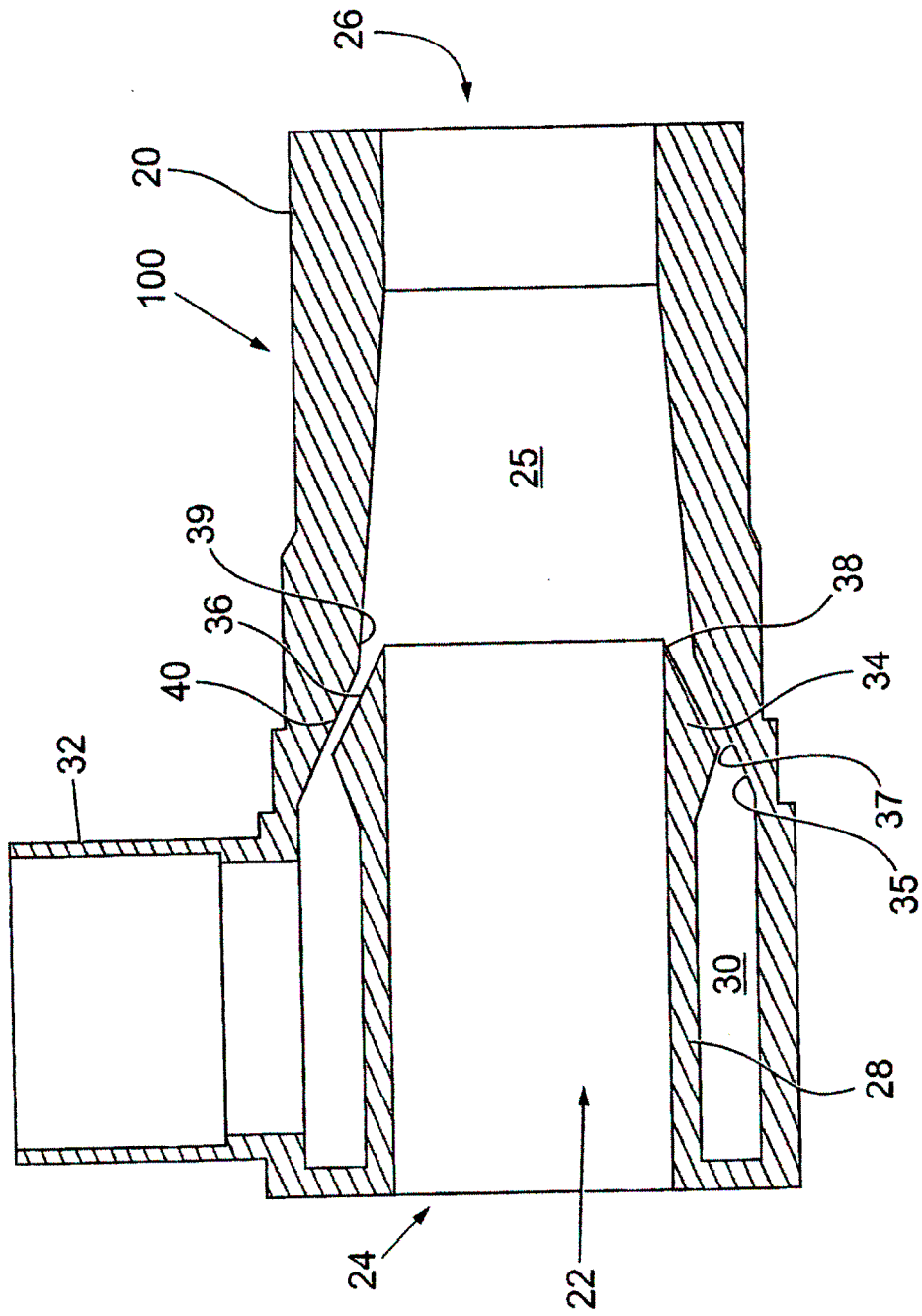


Fig. 2

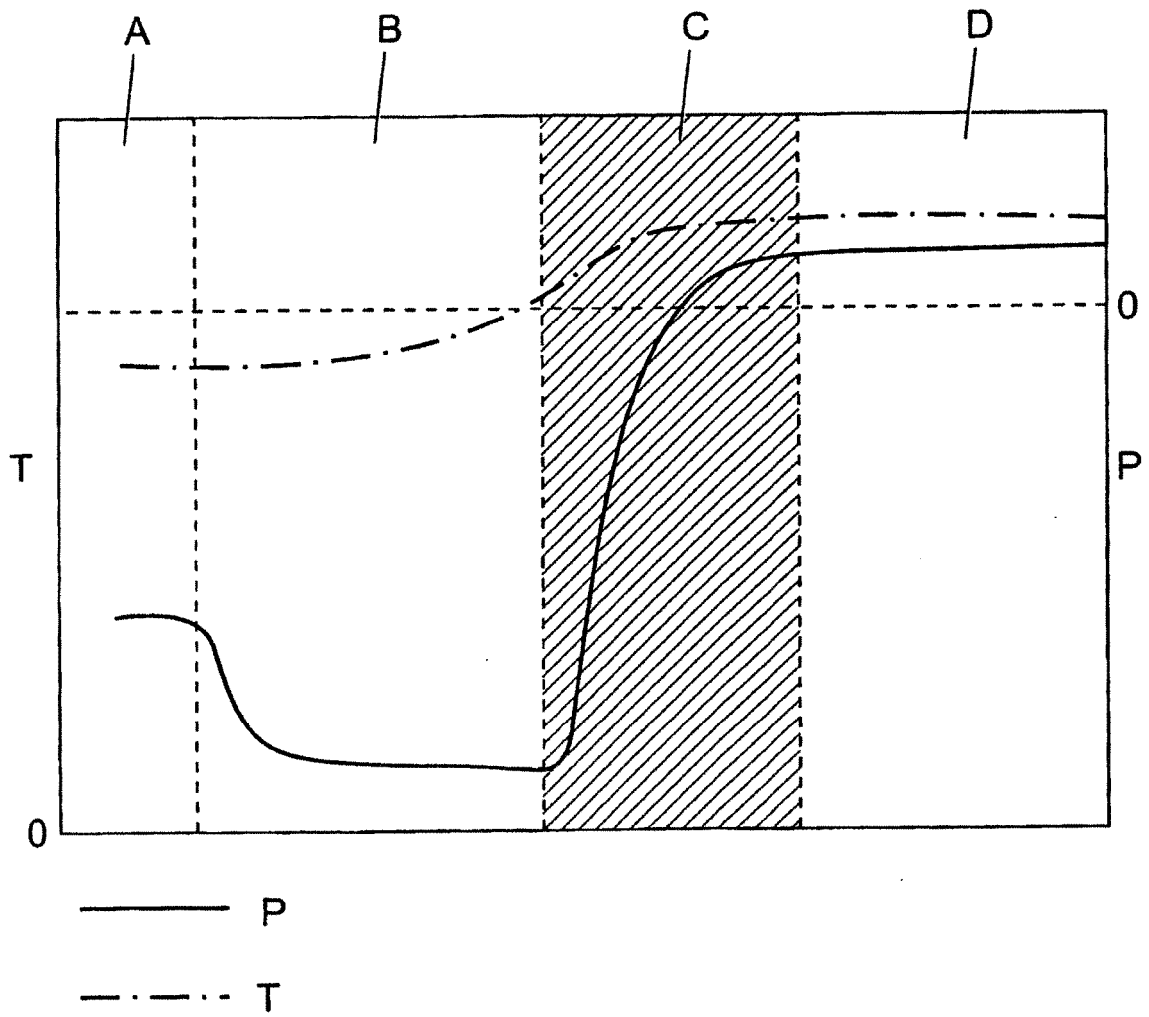


Fig. 3