

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 478 493**

51 Int. Cl.:

B01D 61/10 (2006.01)

B01D 61/20 (2006.01)

B01D 65/00 (2006.01)

C12H 1/06 (2006.01)

B01D 65/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2011** **E 11736193 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014** **EP 2598231**

54 Título: **Procedimiento de filtración para la operación de un módulo de filtración con una alimentación de gas en su lado del permeado para evitar el reflujo del permeado**

30 Prioridad:

30.07.2010 NL 2005177

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

22.07.2014

73 Titular/es:

X-FLOW B.V. (100.0%)
Marssteden 50
7547 TC Enschede, NL

72 Inventor/es:

MEPSCHEN, ANDRÉ

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 478 493 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 filtración para la operación de un módulo de filtración con una alimentación de gas en su lado del permeado para evitar el reflujo del permeado

La invención se refiere al sector de los módulos de filtración que se usan para la filtración de líquidos.

Dichos módulos son conocidos en una amplia diversidad de variantes y la mayor parte comprenden un alojamiento con uno o más elementos de filtro situados en su interior que dividen el espacio dentro del alojamiento en un lado de alimentación y un lado del permeado. Un tipo de módulos de filtración se basa en la denominada filtración en línea en la que se alimenta el líquido que se va a filtrar al lado de alimentación, de ahí se hace pasar a través del/de los elemento(s) de filtro, quedando los sólidos atrapados en el filtro, y se libera el permeado (líquido filtrado) en el lado del permeado. Otro tipo se basa en la denominada filtración de flujo transversal, en la que la mayor parte del líquido fluye tangencialmente a través de la superficie de filtración en lugar de en el filtro. El líquido se pasa a presión positiva con relación al lado del permeado. Una porción del líquido que es menor que el tamaño de poro del filtro pasa a través como permeado, todo lo demás queda retenido sobre el lado de alimentación como retenido. El movimiento tangencial de la masa del líquido a través del filtro provoca que las partículas atrapadas se froten en la superficie de filtración. Esto quiere decir que un módulo de filtración de flujo transversal puede funcionar durante un periodo de tiempo relativamente largo en cargas de sólidos relativamente altas en el líquido sin que el filtro quede tapado.

El documento EP-0 208 450 muestra un modo de realización de un módulo de filtración de flujo transversal que se usa para la filtración de cerveza. Este módulo comprende un alojamiento cilíndrico longitudinal dentro del cual se proporciona un conjunto de elementos de membrana cerámicos tubulares. La cerveza sin filtrar se alimenta por medio de una alimentación de líquido en el lado inferior del módulo y ahí entra en los espacios de alimentación internos de los elementos de membrana tubulares. El permeado transparente pasa a través de las paredes de membrana, ahí entra en un espacio de permeado que se deja libre alrededor de los lados externos de los elementos de membrana, y de ahí se extrae por medio de las salidas de permeado. El retenido se extrae por medio de una salida de retenido en el lado superior del módulo en el que abandona de nuevo los espacios de alimentación internos de los elementos de membrana tubulares. A continuación se hace circular el retenido por medio de un refrigerador y una bomba de vuelta nuevamente a la alimentación de líquido en el lado inferior del módulo.

Es un fenómeno conocido con los módulos de filtración de membrana de flujo transversal que se produce un descenso de presión en el flujo de líquido entre la alimentación de líquido y la salida de retenido. Este descenso de presión tiene el efecto de que el flujo de permeado que fluye a través de las paredes de membrana también varía a lo largo de la longitud de los elementos de membrana. Cerca de la alimentación de líquido, la presión del líquido en el lado de alimentación es mayor y en consecuencia también el flujo, mientras que más cerca de la salida de retenido la presión del líquido en el lado de alimentación es menor y en consecuencia también el flujo. Si el promedio de la diferencia de presión a lo largo de las paredes de membrana entre el lado de alimentación y el lado del permeado, la denominada presión transmembrana (TMP), es relativamente bajo, incluso puede ocurrir que sobre una parte de la longitud de los elementos de membrana más cercanos a la salida de retenido se comience a producir un flujo negativo, ya que la presión local del permeado en el lado del permeado se ha vuelto mayor que la presión local del líquido en el lado de alimentación. La TMP local ahí se ha vuelto negativa. En otras palabras, sobre esta parte de la longitud de los elementos de membrana, el permeado ya filtrado comienza a fluir de vuelta desde el lado del permeado hacia el lado de alimentación. Por supuesto, esto no es nada deseable ya que tiene un impacto negativo sobre los rendimientos de todo el módulo. Disminuye el rendimiento de permeado neto o, si el módulo se controla en base a un rendimiento neto constante en el permeado, incrementa el flujo local próximo a la alimentación de líquido. Este último fenómeno está provocado por el hecho de que es necesario compensar el flujo local negativo próximo a la salida de retenido por esa parte de los elementos de membrana que aún tienen un flujo positivo. En conjunto, esto incluso puede tener el efecto de que los flujos locales mínimos y máximos tienden a estar tan alejados que el flujo máximo es más de 100 veces mayor que el flujo promedio. El flujo local mayor próximo a la alimentación de líquido tiene el efecto de que esta parte de los elementos de membrana se contamina mucho más rápidamente, lo que, a su vez, reduce sustancialmente el tiempo que se puede usar el módulo para la filtración antes de que sea necesario limpiarlo.

El documento US 2007/0158256 muestra un módulo de filtración que tiene una membrana a la izquierda con un lado de alimentación con una alimentación de líquido y una salida de retenido, y a la derecha con un lado del permeado con una salida de permeado. Durante la filtración, se alimenta un líquido que se va a filtrar por medio de la alimentación de líquido en el lado de alimentación. Este líquido permea parcialmente a través de la membrana hacia el lado del permeado y ahí se retira como permeado por medio de la salida de permeado. La parte del líquido que no permea a través de la membrana se retira como retenido por medio de la salida de retenido. Tanto en el lado de alimentación como en el lado del permeado se logra un flujo cruzado de líquido que fluye a lo largo de la membrana durante la filtración. En el lado de alimentación, esto se obtiene proporcionando un conducto de circulación de retenido con una bomba provista en el mismo. En el lado del permeado, esto se obtiene proporcionando un conducto de circulación de permeado con una bomba provista en el mismo. El flujo forzado en ambos circuitos de circulación es tal que el descenso de presión a lo largo de la membrana es sustancialmente igual sobre toda la superficie de la

membrana. Durante un procedimiento de filtración, la membrana es propensa a ensuciarse. Por lo tanto, de vez en cuando, es necesario limpiar la membrana. Esta limpieza se realiza cerrando la válvula que está provista dentro de la salida de permeado a una alta frecuencia. Cada vez que la válvula se cierra, rápidamente crece una presión en el lado del permeado que es mayor en comparación con la presión en el lado de alimentación. Esto da como resultado una inversión temporal del flujo de líquido dentro de la membrana. Debido a la alta frecuencia con la que se cierra la válvula, tiene lugar por tanto una denominada retroimpulsión de alta frecuencia del permeado dentro de la membrana que realiza una retroimpulsión de alta frecuencia cada vez que se interrumpe brevemente el procedimiento de filtración. Al combinar esta frecuencia de retroimpulsión alta con el flujo cruzado en ambos lados de la membrana durante la filtración, se puede mantener la membrana relativamente limpia. El descenso de presión sustancialmente constante a lo largo de la membrana durante la filtración ayuda a evitar el reflujo de permeado durante el procedimiento de filtración.

Sin embargo, una desventaja es que las bombas adicionales necesarias para obtener el flujo cruzado/flujo de barrido a lo largo de ambos lados de la membrana, hacen que sea una instalación cara, que consume mucha energía, y por tanto, hace que este módulo de filtración sea bastante caro durante su uso.

El documento US 2009/0069619 muestra esquemáticamente un módulo de membrana que tiene una alimentación de líquido, una salida de retenido y una salida de permeado. Una parte del líquido que se suministra por medio de la alimentación de líquido evita el módulo de membrana sin filtrado por medio de una bifurcación y se mezcla con el permeado filtrado que sale de la salida de permeado. Esta mezcla de permeado filtrado y líquido no filtrado llega a continuación a una unidad de operación, tal como un reactor de isomerización, después de lo cual abandona el sistema como una corriente de producto tratado. El desvío de líquido no filtrado ayuda a proporcionar una fracción de retenido de alta pureza con menor área de superficie de membrana que la que se requiere sin el desvío.

Además de la desventaja de que sólo se pueden obtener mezclas de permeado no críticas, otra desventaja es que es necesario limpiar a fondo el módulo de membrana periódicamente. Además, cabe señalar que en ese procedimiento conocido puede ocurrir que sobre una parte de un elemento de filtro dentro del módulo de membrana, empiece a surgir un flujo negativo ya que ahí la presión local del permeado en el lado del permeado se ha vuelto mayor que la presión local del líquido en el lado de alimentación. Esto es muy desfavorable ya que tiene un impacto negativo directo sobre la fracción de retenido de alta pureza fijada como objetivo que se diluye de nuevo por el permeado de reflujo.

El documento US-2009/0217777 muestra un procedimiento de concentración de un analito que está presente en un líquido. Este procedimiento comienza con la concentración del líquido que se hace pasar a través de un módulo de filtración del que una o más membranas de ultrafiltración son de tal modo que el analito no puede pasar a través del mismo. A continuación, el componente líquido filtrado que no contiene el analito forma el permeado, mientras que el líquido y el analito que quedan atrás forman el retenido. Después de un cierto periodo de tiempo, se termina el procedimiento de filtración, después de esto se inicia la recogida del retenido así formado. Como una primera etapa en esta recogida, se purga el lado del permeado del módulo con un gas. Posteriormente, se purga el lado de retenido con una mezcla de un gas y un líquido. A continuación, se puede recoger la solución de retenido separada por purgado e incluye el analito concentrado.

Sin embargo, cabe señalar que en este procedimiento conocido puede ocurrir que sobre una parte de la longitud de las membranas de ultrafiltración se inicie un flujo negativo ya que ahí la presión local del permeado en el lado del permeado se ha vuelto mayor que la presión local del líquido en el lado de alimentación. Esto es muy desfavorable ya que tiene un impacto negativo directo sobre la concentración fijada como objetivo del analito que se diluye de nuevo por el líquido de reflujo.

La presente invención tiene como objetivo superar una o más de las desventajas mencionadas anteriormente, o proporcionar una alternativa utilizable. En particular, la invención tiene como objetivo proporcionar un procedimiento para la operación de un módulo de filtración que se pueda usar eficazmente durante un periodo de tiempo mayor mientras que al mismo tiempo se disminuyen los costes de operación.

Este objetivo se logra por un procedimiento de filtración para la operación de un módulo de filtración de acuerdo con la reivindicación 1. El procedimiento hace uso de un módulo del tipo que comprende un alojamiento con al menos un elemento de filtro situado en el mismo. El elemento de filtro define un primer espacio en el alojamiento en un lado de alimentación de su superficie de filtración y un segundo espacio en el lado opuesto de la superficie de filtración, el denominado lado del permeado. Se proporciona una alimentación de líquido que se abre en el primer espacio en el lado de alimentación del elemento de filtro. Se proporciona una salida de permeado líquido que está en comunicación de flujo con el segundo espacio en el lado del permeado del elemento de filtro. El elemento de filtro se sitúa en una posición vertical. La salida de permeado se sitúa en un extremo inferior del elemento de filtro. De acuerdo con la idea inventiva, se proporciona una alimentación de gas que se abre en el segundo espacio en el lado del permeado del elemento de filtro. El procedimiento comprende la alimentación del gas presurizado en el segundo espacio durante la filtración. A continuación, este gas presurizado puede llenar una parte superior del segundo espacio. Esto tiene la gran ventaja de que en esta parte superior del segundo espacio ya no puede estar presente el permeado. Incluso si la presión transmembrana (TMP) local en esta parte superior se vuelve negativa, no se puede

producir un flujo negativo del permeado ya filtrado que fluya de nuevo desde el lado del permeado al lado de alimentación en la posición de esta parte superior, sencillamente porque el permeado no está presente ahí. Dicho reflujo de permeado no deseado sólo se puede producir si se llena sustancialmente todo el segundo espacio con permeado, lo que, de acuerdo con la invención, ya no es necesario que sea el caso. Por lo tanto, la invención hace posible que se reduzca sustancialmente o incluso que se evite completamente el reflujo de permeado. Esto hace que sea mucho más fácil obtener un determinado rendimiento de permeado por longitud de elementos de membrana. El valor máximo del flujo local más cercano a la alimentación de líquido puede ser mucho menor en comparación con el estado de la técnica. No es necesario que tenga lugar ninguna compensación de flujo positivo, o al menos que sea poca. Debido a este valor menor del flujo máximo local, es posible que el elemento se contamine a una tasa mucho más lenta, en particular para esa parte más cercana a la alimentación de líquido. Esto hace posible el uso del módulo durante un periodo de tiempo mayor antes de que sea necesario limpiarlo. Además de o como alternativa, ahora también es posible incrementar la longitud/altura del elemento de filtro, sin tener que sufrir las consecuencias negativas de un posible reflujo.

La invención se usa en un módulo de filtración de flujo transversal que está provisto de una salida de retenido que, como la alimentación de líquido, también está en comunicación de flujo con el primer espacio en el lado de alimentación del elemento de filtro. La salida de retenido se proporciona a otro nivel distinto al de la alimentación de líquido a lo largo del elemento de filtro. Debido a un descenso de presión del líquido entre la alimentación de líquido y la salida de retenido, durante la filtración, el líquido es forzado a fluir a través de la superficie de filtración desde la alimentación de líquido hacia la salida de retenido.

De forma ventajosa, la alimentación de líquido se sitúa en o próxima a una parte inferior del elemento de filtro y, en el caso de filtración de flujo transversal, entonces la salida de retenido se sitúa preferentemente en o próxima a una parte superior del elemento de filtro. Esto da un descenso de presión del líquido en el primer espacio en el lado de alimentación del elemento de filtro desde el fondo hasta la parte superior del módulo. Este sentido del descenso de presión tiene el efecto positivo de que se produce la TMP local máxima en la parte inferior del elemento de filtro, que a su vez tiene el efecto de que el flujo máximo tiene lugar en esta parte inferior. Puesto que el gas presurizado está presente en la parte superior del segundo espacio, entonces es posible tener conectado el nivel de permeado en la parte inferior del segundo espacio tanto como sea posible a la altura del elemento de filtro donde aún se produce un flujo positivo de permeado.

En otro modo de realización ventajoso, la alimentación de gas se sitúa en un nivel por encima de la salida de permeado. De esta forma, el gas que se alimenta en el segundo espacio durante la filtración entra de inmediato en esa parte del segundo espacio, lo que es necesario para el llenado durante esta filtración con el fin de prevenir el reflujo negativo del permeado. No obstante, si en un modo de realización se desea que una determinada cantidad del gas se mezcle con el permeado, entonces también es posible proporcionar la alimentación de gas a un nivel menor, es decir, a un nivel en el que el permeado en realidad esté fluyendo. Esto incluso puede ser a un nivel por debajo de la salida de permeado.

El elemento de filtro puede tener todo tipo de formas y conformaciones, por ejemplo plana o tubular, y puede tener todo tipo de tamaños de poro. En un modo de realización preferente, es un elemento de filtro de membrana. El elemento de filtro de membrana se puede usar para microfiltración, con poros en un intervalo de 0,1-10 micrómetros, pero también para ultrafiltración, nanofiltración u ósmosis inversa cuando se elijan poros más pequeños. Debido a los tamaños de poro pequeños con un elemento de filtro de membrana, el gas presurizado no puede comenzar a penetrar fácilmente desde el lado del permeado hacia el lado de alimentación.

Preferentemente, el elemento de filtro de membrana se fabrica hidrófilo. Esto tiene el efecto de que se impide que el gas fluya a través del elemento de filtro debido a la presión capilar dentro de los pasos del elemento de filtro, en particular los poros de membrana. Las propiedades capilares de la estructura de membrana hacen que la membrana se humedezca y que se requieran presiones altas antes de que el gas pueda comenzar a permear a través de la membrana. Sin embargo, el elemento de filtro de membrana también se puede fabricar hidrófobo si se desea.

En otro modo de realización, se proporciona una unidad de control que está diseñada para adaptar la presión de gas del gas presurizado en la parte superior del segundo espacio en función de determinados parámetros de control medidos. Estos parámetros de control pueden ser, por ejemplo, el rendimiento en la extracción del permeado por medio de la salida de permeado, y/o las presiones en una o más posiciones dentro del módulo, y/o el nivel de permeado dentro del segundo espacio. En el primer ejemplo, la presión de gas es adaptada cada vez por la unidad de control hasta un valor que haga posible seguir retirando un determinado rendimiento deseado de permeado por medio de la salida de permeado durante la filtración. En la práctica, esto quiere decir que cuanto más tiempo esté funcionando el módulo y más se contamine su elemento de filtro, menor presión de gas será necesario realizar para que el nivel de superficie de filtración con permeado eficaz, en la que puede tener lugar un flujo positivo, puede seguir ascendiendo junto con el nivel de permeado. En otro ejemplo, la presión de gas se puede adaptar cada vez por parte de la unidad de control hasta un valor que sea sustancialmente igual a o menor que el promedio de la presión de líquido en el primer espacio en el lado de alimentación del elemento de filtro durante la filtración. Esto evita que fluya demasiado gas hacia el lado de alimentación. Además de esto o como alternativa, también es posible que la unidad de control haya adaptado la presión de gas al comienzo de un ciclo de filtración hasta un valor que

corresponda con un determinado nivel de inicio máximo de permeado en el lado del permeado. En particular, este nivel de inicio es al menos menor de la mitad de la altura del elemento de filtro durante la filtración. Más en particular, este nivel de inicio está entre el 5-25 % de la altura.

- 5 Por ejemplo, el gas puede ser aire o dióxido de carbono o nitrógeno o cualquier otro gas adecuado. Si, por ejemplo, el líquido que se va a filtrar es cerveza, entonces el uso de dióxido de carbono tiene la ventaja de que no hay problema si algo de gas se mezcla con el permeado y deja el segundo espacio junto con el permeado.

10 La invención también se refiere a un módulo de filtración para realizar el procedimiento descrito anteriormente durante un ciclo de filtración con filtración de flujo transversal.

15 La idea inventiva también se puede usar durante un ciclo de limpieza del módulo de filtración descrito anteriormente, en particular durante un lavado a contracorriente del elemento de filtro. Durante un ciclo de limpieza de este tipo, se alimenta líquido de limpieza al segundo espacio en el lado del permeado del elemento de filtro, por ejemplo, por medio de una entrada de líquido de limpieza separada o conectando la salida de permeado a un depósito de líquido de limpieza. A continuación, el líquido de limpieza fluye hacia atrás a través del elemento de filtro y purga cualquier contaminación que haya quedado atrapada en el mismo. El líquido de limpieza lavado a contracorriente de este modo junto con las partículas de contaminación separadas por lavado se puede descargar a continuación desde el primer espacio en el lado de alimentación del elemento de filtro, por ejemplo, por medio de la alimentación de líquido y/o, en el caso de filtración de flujo transversal, por medio de la salida de retenido o por una salida de líquido de limpieza aparte. Al alimentar simultáneamente el gas presurizado al segundo espacio durante este procedimiento de limpieza, es posible forzar que el líquido de limpieza fluya en primer lugar hacia esa parte del elemento de filtro que ha quedado más contaminada, es decir, la parte inferior del elemento de filtro en la que se ha producido el flujo positivo máximo durante el ciclo de filtración anterior. Por lo tanto, el líquido de limpieza se puede dirigir de forma intencionada. En el caso en el que el gas presurizado no esté ahí para forzar que el líquido de limpieza fluya a través de las partes inferiores más contaminadas del elemento de filtro, entonces, el líquido de limpieza buscaría el camino con la menor resistencia, es decir, en primer lugar fluye a través de las partes superiores menos contaminadas del elemento de filtro. Después de que las partes inferiores más contaminadas del elemento de filtro se hayan limpiado completamente por purgado, de acuerdo con la invención, es posible reducir la presión de gas hasta tal punto que el nivel de líquido de limpieza en el lado del permeado aumenta y por tanto comienza a fluir a través de las partes superiores del elemento de filtro y también comienza a limpiar completamente esas partes superiores del elemento de filtro. En conjunto, esto puede mejorar mucho la eficacia del ciclo de limpieza por contracorriente. Cabe señalar que el líquido de limpieza puede ser cualquier líquido adecuado, por ejemplo agua, pero también puede estar formado por el propio permeado obtenido anteriormente.

35 En las reivindicaciones dependientes se establecen otros modos de realización ventajosos.

La invención se tratará con más detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 40 la Fig. 1 muestra un diagrama de flujo de una instalación para la filtración de un líquido que incluye un modo de realización de un módulo de filtración de flujo transversal de acuerdo con la invención; y
la Fig. 2 muestra el módulo de filtración de la fig. 1 con más detalle durante la filtración alimentando el gas en el lado del permeado;
la Fig. 3 muestra el módulo de filtración de la fig. 1 con más detalle durante la filtración sin alimentar gas en el lado del permeado;
45 la Fig. 4 muestra el flujo local en función de la longitud a lo largo del elemento de filtro de la situación sin gas de la fig. 3 al inicio del ciclo de filtración;
la Fig. 5 muestra el flujo local en función de la longitud a lo largo del elemento de filtro de la situación sin gas de la fig. 3 después de una duración de 10 minutos de filtración;
50 la Fig. 6 muestra el flujo local en función de la longitud a lo largo del elemento de filtro de la situación de llenado con gas de la fig. 2 al inicio del ciclo de filtración;
la Fig. 7 muestra el flujo local en función de la longitud a lo largo del elemento de filtro de la situación de llenado con gas de la fig. 2 después de una duración de 10 minutos de filtración; y
la Fig. 8 muestra el promedio de TMP en función del tiempo para tres ciclos de filtración tanto para la situación de llenado con gas de la fig. 2 como para la situación sin gas de la fig. 3.

En la fig. 1, una instalación para la filtración de un líquido comprende un recipiente de almacenamiento 1, una bomba de alimentación 2, una bomba de recirculación 3 y un módulo de filtración de flujo transversal 4. El módulo 4 comprende un alojamiento 5 dentro del que está situado un elemento de filtro de membrana 7. El elemento 7 está situado en una posición totalmente vertical en la que se extiende desde el fondo hasta la parte superior del alojamiento 5. El elemento 7 divide el espacio interior del alojamiento 5 en un primer espacio 10 en el lado de alimentación y un segundo espacio 11 en el lado del permeado. El primer espacio 10 en su lado inferior está conectado a una alimentación de líquido 14 y en su lado superior está conectado a una salida de retenido 15. El segundo espacio 11 en su lado inferior está conectado a una salida de permeado 17 y en su lado superior está conectado a una alimentación de gas 18. La alimentación de gas 18 por medio de una bomba 19 se puede alimentar con gas presurizado desde un amortiguador de gas 20.

Durante la operación del módulo de filtración 4, el líquido que se va a filtrar, por ejemplo cerveza no filtrada, se bombea por medio de la alimentación de líquido 14 en el primer espacio 10. Ahí fluye hacia arriba a lo largo del elemento de filtro 7 hacia la salida de retenido 15. Parte del líquido fluye a través del elemento de filtro 7 y ahí penetra en el segundo espacio 11. Este permeado filtrado se acumula en la parte inferior del segundo espacio 11 y de ahí se descarga por medio de la salida de permeado 17. Al mismo tiempo, se alimenta gas presurizado al segundo espacio 11 por medio de la alimentación de gas 18. Este gas llena la parte superior del segundo espacio 11. Esto se puede ver claramente en la fig. 2.

- 10 El efecto positivo de la invención se explicará ahora señalando las diferencias entre las situaciones en las que el módulo de filtración 4 se alimenta con gas (fig. 2) y no se alimenta con gas (fig. 3).

Si el segundo espacio 11 no se alimenta con gas, como se muestra en la fig. 3, entonces se llena completamente con el propio permeado. Si, por ejemplo, la presión de alimentación del líquido que se va a filtrar en la alimentación de líquido 14 es de 3,0 bar ($3,0 \times 10^5$ Pa) y la presión de salida del retenido que está retenido en la salida de retenido 15 es de 2,4 bar ($2,4 \times 10^5$ Pa), y la presión de salida del permeado filtrado en la salida de permeado es de 2,8 bar ($2,8 \times 10^5$ Pa), entonces se puede calcular la presión transmembrana (TMP).

La TMP es la fuerza de accionamiento para la permeación/filtración. En el ejemplo dado, la TMP local tiene un valor máximo de 0,2 bar ($0,2 \times 10^5$ Pa) en el lado inferior del elemento de filtro 7, disminuye gradualmente hacia arriba a lo largo del elemento de filtro 7 y en algún punto es igual a cero y desde ahí se vuelve negativa. En toda la parte inferior del elemento de filtro 7 donde la TMP local es positiva, existe un flujo positivo de permeado que fluye desde el primer espacio 10 hacia el segundo espacio 11. En toda la parte superior del elemento de filtro 7 donde la TMP local es negativa, existe un reflujo negativo de permeado ya filtrado que fluye de nuevo desde el segundo espacio 11 hacia el primer espacio 10.

La Fig. 4 muestra esta situación al comienzo de un nuevo procedimiento de filtración para un módulo de filtración de cerveza que tiene un elemento de filtro con una altura total de 750 mm. La línea fina horizontal I muestra el promedio de flujo de permeado que abandona el módulo por medio de la salida de permeado 17. Este promedio de flujo aquí es de 80 l/m².h. La línea gruesa inclinada hacia abajo II es el flujo local que varía sobre la altura del elemento de filtro 7, que es necesario para obtener el promedio de flujo deseado. Como se puede observar, es necesario variar el flujo local desde más de 4500 hasta -4200 l/m².h para que se pueda obtener el promedio de flujo deseado de sólo 80 l/m².h. En la parte superior del módulo hay una enorme cantidad de permeado ya filtrado que fluye de nuevo hacia el lado de alimentación. Es necesario compensar esta enorme cantidad de reflujo por un enorme flujo positivo de permeado en la parte inferior del módulo.

Sin embargo, el enorme flujo positivo en la parte inferior del módulo tiene el efecto de que esta parte inferior se contamina rápidamente. La Fig. 5 muestra la situación después de solo 10 minutos, asumiendo que aún se desea que el promedio de flujo sea igual a 80 l/m².h. Como se puede observar, las diferencias entre el flujo positivo a lo largo de la parte inferior del elemento de filtro y el flujo negativo a lo largo de la parte superior del elemento de filtro aún son enormes, mientras que los valores absolutos se han vuelto menores. Esto quiere decir que una gran parte del elemento de filtro 7 ha quedado contaminada y se hace necesario limpiar el elemento de filtro.

Si el segundo espacio 11 se alimenta con gas, como se muestra en la fig. 2, entonces se puede llenar parcialmente con el propio permeado y parcialmente con el gas. Con esto, se controla la presión del gas de modo que sea sustancialmente igual a la presión del permeado. Si la presión de alimentación del líquido que se va a filtrar en la alimentación de líquido 14 aún es de 3,0 bar ($3,0 \times 10^5$ Pa) y la presión de salida del retenido que está retenido en la salida de retenido 15 aún es de 2,4 bar ($2,4 \times 10^5$ Pa), y la presión de salida del permeado filtrado en la salida de permeado se mantiene a 2,8 bar ($2,8 \times 10^5$ Pa), entonces la presión transmembrana (TMP) local se mantiene igual que en la situación sin gas de la fig. 3. El punto en el que la TMP es igual a cero está entonces a la misma altura durante el inicio de un procedimiento de filtración, y en toda la parte inferior del elemento de filtro 7 en donde la TMP local es positiva, aún existe un flujo positivo de permeado que fluye desde el primer espacio 10 hacia el segundo espacio 11. Sin embargo, en toda la parte superior del elemento de filtro 7 en donde la TMP local es negativa, no se puede producir un reflujo negativo de permeado ya filtrado que fluya de nuevo desde el segundo espacio 11 hacia el primer espacio 10, puesto que el permeado no está presente ahí pero sí el gas.

La Fig. 6 muestra esta situación de llenado de gas de acuerdo con la invención al inicio de un nuevo procedimiento de filtración de nuevo para un módulo de filtración de cerveza que tiene un elemento de filtro con una altura total de 750 mm. La línea fina horizontal I muestra el mismo promedio de flujo de permeado que abandona el módulo por medio de la salida de permeado 17. La línea gruesa parcialmente inclinada hacia abajo II es el flujo local que varía sobre la altura del elemento de filtro 7, que es necesario para obtener el promedio de flujo deseado. Como se puede observar, ahora sólo es necesario variar el flujo local desde casi 1400 hasta 0,1 l/m².h para que se pueda obtener el promedio de flujo deseado de sólo 80 l/m².h. En la parte superior del módulo ya no hay nada de permeado ya filtrado que fluya de nuevo hacia el lado de alimentación. No es necesario que tenga lugar ninguna compensación, sólo es necesario que la parte inferior del módulo tenga un flujo positivo que sea lo suficientemente grande para que se pueda obtener el promedio de flujo deseado.

El flujo positivo inferior en la parte inferior del módulo tiene el efecto de que esta parte inferior se contamina mucho más lentamente en comparación con la situación sin gas de la fig. 3. La fig. 7 muestra la situación después de 10 minutos, asumiendo que aún se desea que el promedio de flujo sea igual a 80 l/m².h. Como se puede observar, solo es necesario que se produzca el flujo positivo a lo largo una parte inferior relativamente pequeña del elemento de filtro y todavía no se pueda producir un flujo negativo a lo largo de la parte superior del elemento de filtro. Esto quiere decir que el elemento de filtro 7 apenas ha quedado contaminado y no es necesario de ningún modo limpiar el elemento de filtro.

Lo anterior se reconoce por la fig. 8 que muestra el promedio de TMP en función del tiempo de filtración por una parte para el estado de la técnica de la situación sin gas (Normal) y, por otra parte, para la situación de llenado con gas inventiva (+Flujo). Para cada una de las situaciones, se muestran tres ciclos de filtración, en los que un ciclo de filtración termina tan pronto como el promedio de TMP alcanza el valor de 1,2 bar ($1,2 \times 10^5$ Pa). A continuación, se inicia un ciclo de limpieza en forma de ciclo de lavado a contracorriente, después de esto se inicia un nuevo ciclo de filtración. Los ciclos para la situación sin gas se indican con GL, los ciclos para la situación de llenado con gas se indican con GF. Como se puede observar, en la situación de llenado de gas se necesita más del 40 % más de tiempo para que los elementos de filtro se contaminen tanto que la TMP alcance 1,2 bar ($1,2 \times 10^5$ Pa). Esto puede dar lugar a una reducción de coste en los costes de operación de más del 50 %.

Además del modo de realización mostrado, son posibles todo tipo de modos de variantes de realización. Por ejemplo, el módulo y el elemento de filtro situado en el mismo pueden tener diferentes formas y dimensiones. Además, el módulo puede estar orientado de modo que su elemento de filtro esté situado en una posición parcialmente vertical, es decir, en un ángulo con respecto a la horizontal, en particular un ángulo de al menos 45 grados. Sin embargo, cuanto más vertical esté situado el elemento de filtro, más fácilmente se puede gestionar el nivel de permeado. En lugar de solo un elemento de filtro dentro del alojamiento, también es posible el uso de varios elementos de filtro, por ejemplo un conjunto de tubos de membrana. En lugar de usar la idea de llenar parte del espacio de permeado de un módulo de filtración con gas para la filtración de cerveza, también se puede usar para la filtración de todo tipo de otros líquidos, por ejemplo agua. Como se indica en la introducción a la descripción, también se puede usar durante un ciclo de lavado a contracorriente para ayudar a forzar que el líquido de lavado a contracorriente fluya en primer lugar a través de la parte más contaminada del elemento de filtro. Esto no solo puede mejorar el procedimiento de limpieza sino que también puede ahorrar mucho líquido de lavado a contracorriente y productos químicos usados para la misma. Además, ahora se puede posponer sustancialmente una acción de limpieza completa en la que el elemento de filtro se extrae del alojamiento del módulo y/o un reemplazo completo del elemento de filtro.

Por tanto, la invención proporciona un módulo de filtración rentable, eficaz y fácil de usar y un procedimiento para su operación, durante la filtración y si se desea también durante la limpieza.

Lista de símbolos de referencia

1. recipiente de almacenamiento
2. bomba de alimentación
3. bomba de recirculación
4. módulo de filtración de flujo transversal
5. alojamiento
7. elemento de filtro de membrana
10. primer espacio en el lado de alimentación
11. segundo espacio en el lado del permeado
14. alimentación de líquido
15. salida de retenido
17. salida de permeado
18. alimentación de gas
19. bomba
20. amortiguador de gas
- FP presión de alimentación
- RP presión de retenido
- GP presión de gas
- PP presión de permeado
- TMP presión transmembrana
- TMPE presión transmembrana local
- GF situación de llenado con gas
- GL situación sin gas

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de filtración para la operación de un módulo de filtración, comprendiendo el módulo (4):

- 5 - un alojamiento (5) con al menos un elemento de filtro (7) situado en el mismo, definiendo el elemento de filtro (7) un primer espacio (10) en el alojamiento (5) en un lado de alimentación de su superficie de filtración y un segundo espacio (11) en un lado del permeado opuesto del mismo;
- una alimentación de líquido (14) que se abre en el primer espacio (10) en el lado de alimentación del elemento de filtro (7); y
- 10 - una salida de permeado líquido (17) en comunicación de flujo con el segundo espacio (11) en el lado del permeado del elemento de filtro (7);

en el que el elemento de filtro (7) está situado en posición vertical, estando situada la salida de permeado líquido (17) en un extremo inferior del elemento de filtro (7), y proporcionándose una alimentación de gas (18) que se abre en el segundo espacio (11) en dicho lado del permeado del elemento de filtro (7), comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- alimentar el líquido presurizado que se va a filtrar al primer espacio (10) en el lado de alimentación del elemento de filtro (7);
- 20 - descargar el permeado líquido filtrado del segundo espacio (11) en el lado del permeado del elemento de filtro (7); y
- alimentar el gas presurizado al segundo espacio (11) en el lado del permeado del elemento de filtro (7),

25 en el que se usa módulo de filtración de flujo transversal que tiene una salida de retenido (15) en comunicación de flujo con el primer espacio (10) en el lado de alimentación del elemento de filtro (7), salida de retenido que está situada en otro nivel distinto al de la alimentación de líquido (14) a lo largo del elemento de filtro (7),

30 en el que el retenido no filtrado se descarga por medio de la salida de retenido (15) desde el primer espacio (10) en el lado de alimentación del elemento de filtro (7) de modo que se crea un descenso de presión del líquido entre la alimentación de líquido (14) y la salida de retenido (15) para forzar que el líquido fluya a través del elemento de filtración (7) desde la alimentación de líquido (14) hacia la salida de retenido (15) caracterizado porque:

la etapa de alimentar gas presurizado al segundo espacio (11) se realiza durante la filtración simultáneamente con las etapas de alimentar el líquido presurizado que se va a filtrar al primer espacio (10) y descargar el permeado líquido filtrado desde el segundo espacio (11), en el que el segundo espacio (11) se llena parcialmente con el permeado líquido y parcialmente con el gas presurizado.

2. Procedimiento de filtración de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una parte del segundo espacio (11) que se llena con el gas pasa a situarse en la parte superior de una parte del segundo espacio (11) que se llena con el permeado líquido.

3. Procedimiento de filtración de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el gas presurizado se alimenta al segundo espacio (11) para que el permeado líquido llene una parte del segundo espacio (11) que se conecta a una altura del elemento de filtro (7) en el que se produce un flujo hacia delante positivo del permeado líquido desde el primer espacio (10) al segundo espacio (11) durante la filtración.

4. Procedimiento de filtración de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se usa un módulo de filtración de flujo transversal que tiene la salida de retenido (15) provista en un extremo superior del elemento de filtro (7) y la alimentación de líquido (14) situada en un extremo inferior del elemento de filtro (7), en el que se crea un descenso de presión del líquido entre la alimentación de líquido (14) y la salida de retenido (15) que va desde el extremo inferior al superior del elemento de filtro (7).

5. Procedimiento de filtración de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se usa un módulo de filtración de flujo transversal (4) que tiene la alimentación de gas (18) situada a un nivel por encima de la salida de permeado líquido (17),

en el que el gas presurizado se alimenta directamente en la parte superior del segundo espacio (11).

6. Procedimiento de filtración de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se usa un elemento de filtro hidrófilo para evitar que el gas fluya a través del elemento de filtro (7).

7. Procedimiento de filtración de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la presión de gas del gas que se alimenta por medio de la alimentación de gas (18) al segundo espacio (11) en el lado del permeado del elemento de filtro (7) está adaptada por medio de una unidad de control a un valor que es sustancialmente igual a o menor que el promedio de la presión de líquido en el primer espacio (10) en el lado de alimentación del elemento de filtro (7) durante la filtración.

5 8. Procedimiento de filtración de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la presión de gas del gas que se alimenta por medio de la alimentación de gas (18) al segundo espacio (11) está adaptada por medio de una unidad de control dependiendo del logro de un rendimiento deseado del permeado líquido que se extrae por medio de la salida de permeado (17) durante la filtración.

10 9. Procedimiento de filtración de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la presión de gas del gas que se alimenta por medio de la alimentación de gas (18) al segundo espacio (11) está adaptada por medio de una unidad de control al comienzo de un ciclo de filtración para obtener un nivel de inicio deseado del permeado líquido en el lado del permeado, en particular un nivel que es inferior a la mitad de la altura del elemento de filtro (7) durante la filtración, más en particular entre el 5-25 % de la altura.

15 10. Procedimiento de filtración de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la presión de gas del gas alimentado al segundo espacio (11) se disminuye gradualmente con el tiempo durante la filtración.

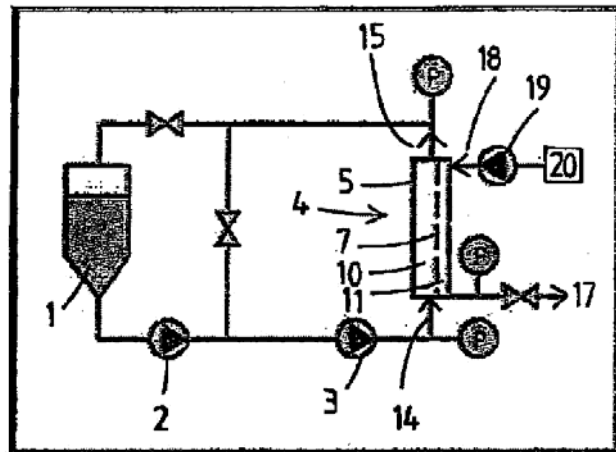


Fig.1

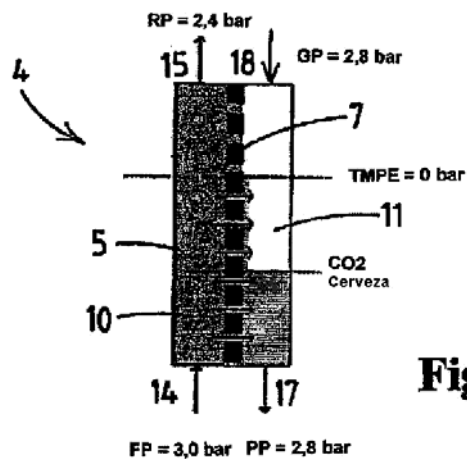


Fig.2

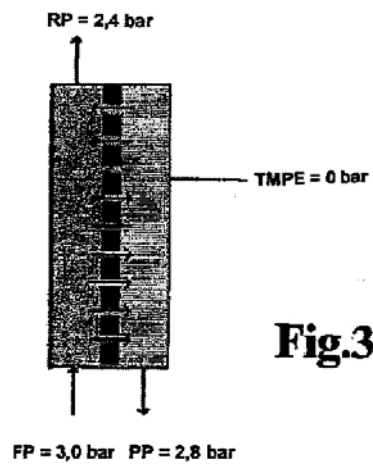


Fig.3

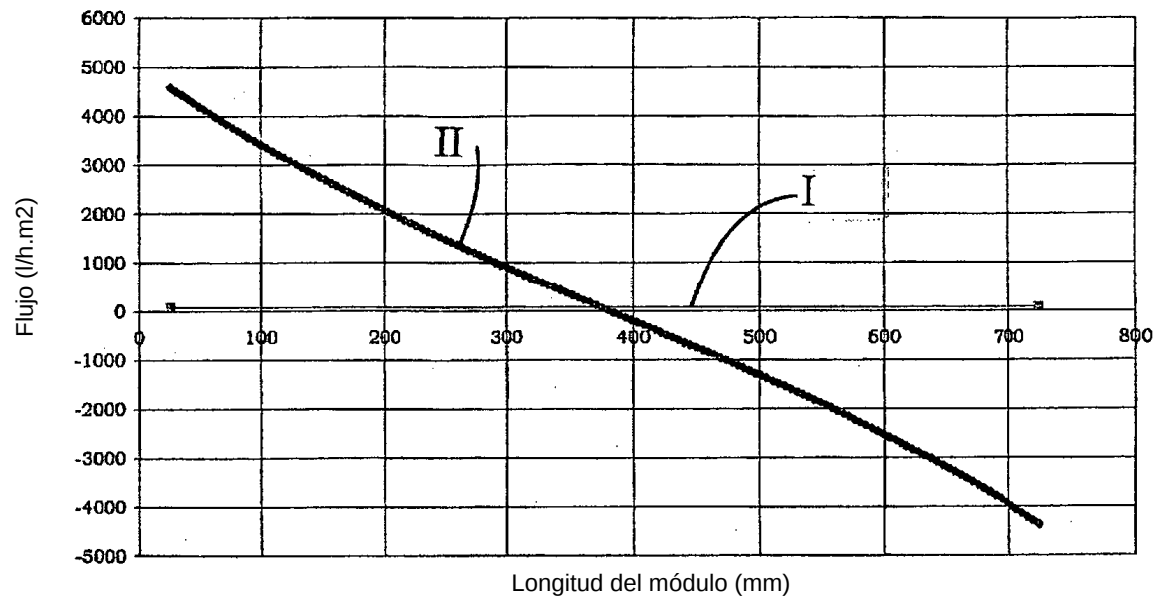


Fig. 4

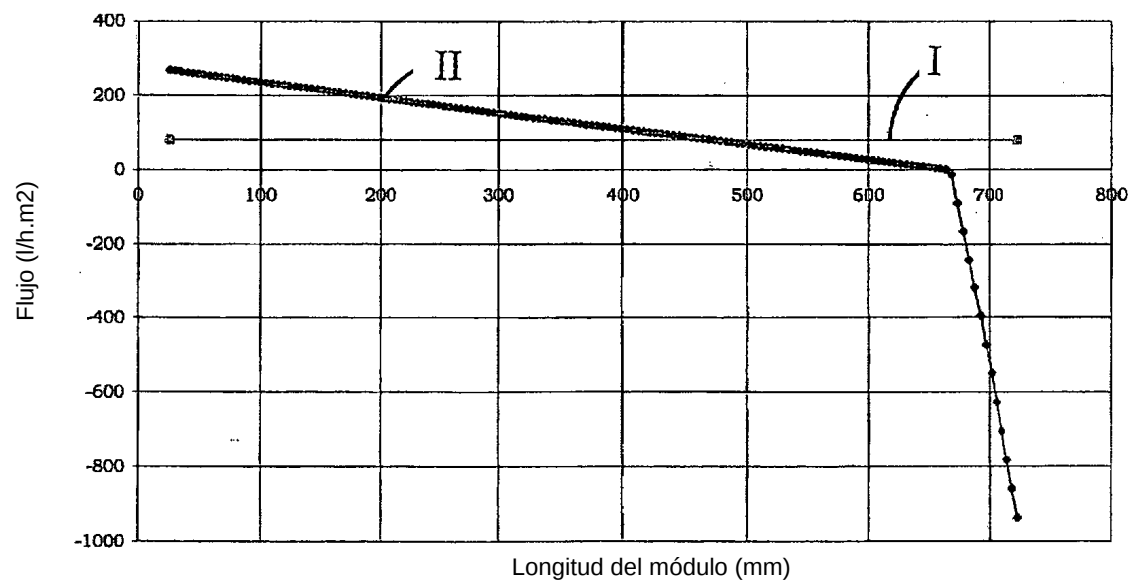


Fig. 5

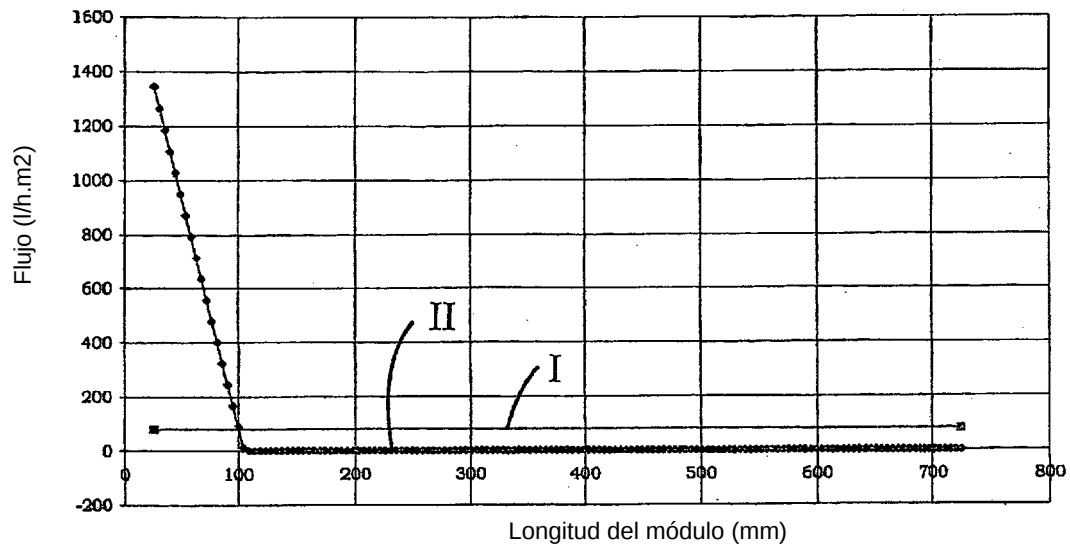


Fig. 6

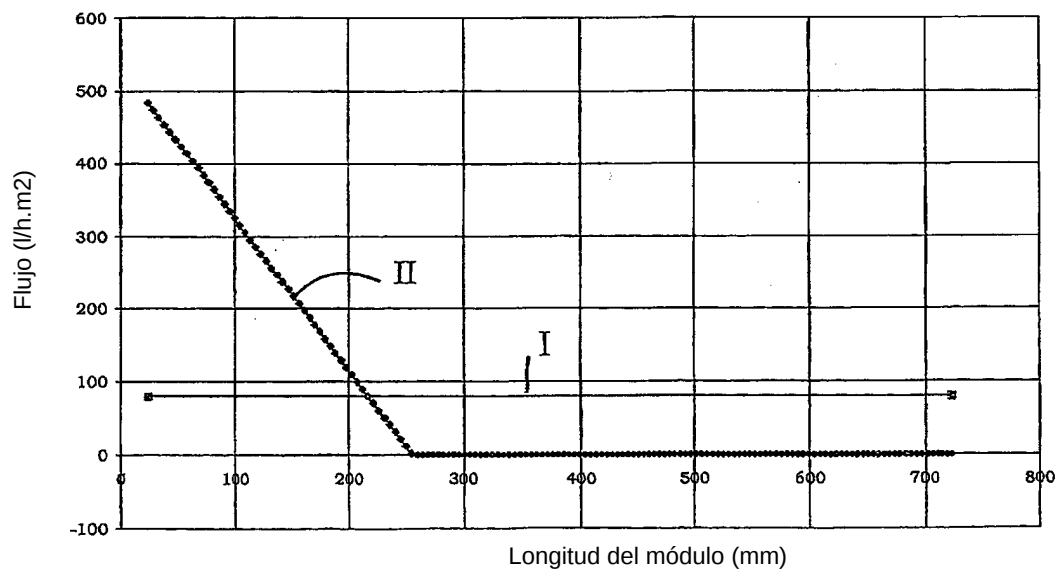


Fig. 7

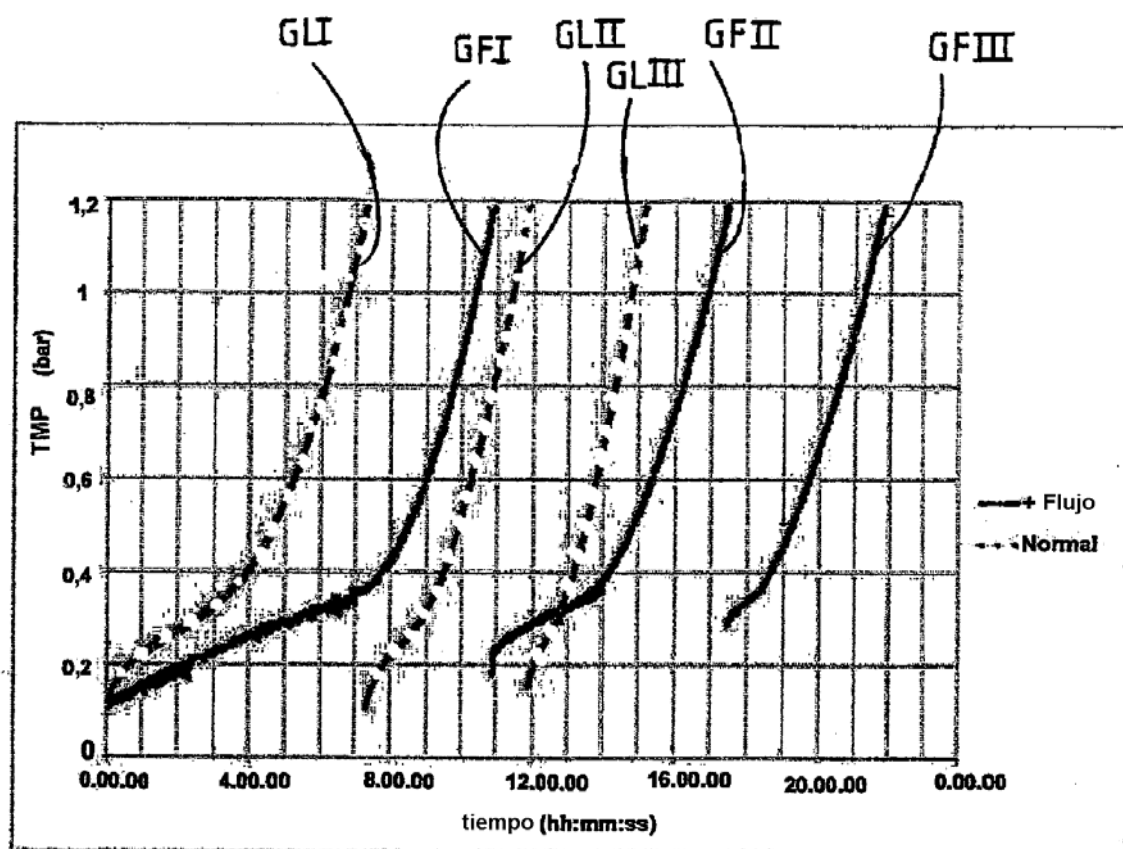


Fig. 8