

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 047**

51 Int. Cl.:

**G05D 7/06** (2006.01)

**G05D 11/13** (2006.01)

**B01J 19/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.05.2009 PCT/NL2009/000122**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2009 WO09145614**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2009 E 09755071 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 2294491**

54 Título: **Ensamblaje de reacción y divisor de flujo**

30 Prioridad:

**26.05.2008 NL 2001617**  
**23.06.2008 NL 2001711**  
**23.12.2008 NL 2002365**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.10.2020**

73 Titular/es:

**AVANTIUM TECHNOLOGIES B.V. (100.0%)**  
**Zekeringstraat 29**  
**1014 BV Amsterdam, NL**

72 Inventor/es:

**MOONEN, ROELANDUS HENDRIKUS**  
**WILHELMUS;**  
**BODENSTAFF, EMILIO RENÉ y**  
**SMIT, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 785 047 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**

## Ensamblaje de reacción y divisor de flujo

La invención pertenece a un sistema de reacción. La invención también pertenece a un divisor de flujo para dividir un flujo de fluido primario en una pluralidad de flujos de fluido secundarios para realizar experimentos.

5 Cuando los experimentos se realizan en paralelo, frecuentemente los reactores en los que se realizan los experimentos reciben su alimentación de una sola fuente. La alimentación del reactor proviene de esta única fuente en un flujo de fluido primario único que después se divide en una pluralidad de flujos de fluido secundarios. Cada uno de los flujos de fluido secundarios se alimenta a un reactor en el que puede tener lugar una reacción.

10 Frecuentemente es deseable que todos los flujos de fluido secundarios tengan el mismo caudal, ya que esto contribuye a crear las mismas circunstancias de reacción en todos los reactores. El documento WO99/64160 divulga que puede obtenerse una distribución de flujo sustancialmente igual sobre todos los reactores disponiendo los capilares aguas arriba de los recipientes de reacción. El documento WO99/64160 también divulga que al calentar un capilar, se puede influir en la viscosidad del fluido que fluye a través del capilar y, de este modo se puede influir en el caudal del fluido a través del capilar.

15 En la práctica, resultó que el sistema conocido del documento WO99/64160 no es adecuado para experimentos en los que el caudal de los flujos de fluido secundarios y/o la relación entre los caudales de los flujos de fluido secundarios debe controlarse con precisión, especialmente cuando se realizan experimentos a pequeña escala, por ejemplo experimentos con caudales inferiores a 2 ml/min. Por ejemplo, las dimensiones de los capilares individuales varían debido a las tolerancias de fabricación. Esto da como resultado una variación en la resistencia al flujo entre capilares individuales, y con ello una variación en los caudales de los flujos de fluido secundarios. La obtención de caudales sustancialmente iguales para todos los flujos de fluido secundarios es un procedimiento engorroso, ya que requiere la calibración individual y adaptación de todos los capilares para obtener la resistencia al flujo deseada para cada capilar. La forma generalmente aplicada de adaptación de la resistencia al flujo de un capilar es cambiando su longitud, generalmente cortando pequeñas longitudes del capilar hasta que se obtiene el caudal deseado. Este es un procedimiento minucioso, ya que es difícil hacer los cortes con la precisión suficiente y frecuentemente se corta demasiado, lo que significa que se debe comenzar de nuevo. Hacer esto correctamente requiere mucha práctica del personal de laboratorio implicado.

Este engorroso procedimiento de adaptar un capilar para obtener la resistencia al flujo deseada por supuesto, también ocurre cuando se aplica un único capilar en un sistema de reacción.

30 Además, cuando se usa un conjunto de capilares para dividir un flujo primario en una pluralidad de flujos secundarios que tienen una relación deseada de caudales, los caudales en todos los capilares del sistema cambian cuando cambia la resistencia al flujo de un capilar en el sistema, porque la relación entre la resistencia al flujo de los diferentes capilares determina la relación de distribución del flujo primario sobre los flujos secundarios. Por lo tanto, si un capilar del sistema tiene que adaptarse para obtener el caudal deseado, todos los demás capilares también deben adaptarse.

35 Por supuesto, cada vez que se va a realizar un experimento con diferentes caudales deseados o diferente viscosidad de las sustancias que fluyen a través de los capilares, el engorroso procedimiento de calibración y adaptación de los capilares debe llevarse a cabo nuevamente.

40 Además, en la práctica ha resultado que incluso con capilares calibrados con mucha precisión, no es posible obtener una división confiable y precisa del flujo de fluido primario en flujos de fluido secundarios con caudales iguales o cualquier otra relación predeterminada de caudales.

El objeto de la invención es proporcionar un sistema de reacción mejorado y un divisor de flujo mejorado.

Este objeto se logra con un sistema de reacción de acuerdo con la reivindicación 9 y con un divisor de flujo de acuerdo con la reivindicación 1.

45 En el sistema de reacción, un flujo de fluido primario que proviene de una unidad de suministro de fluido se distribuye en una pluralidad de recipientes de reacción. Esta distribución se logra mediante el uso de una pluralidad de unidades capilares, cada una de ellas dispuesta aguas abajo de la unidad de suministro de fluido y aguas arriba de uno de los recipientes de reacción. La unidad capilar comprende un capilar, que tiene una resistencia al flujo de fluido. La combinación de la resistencia al flujo de fluido de los capilares individuales determina en qué proporciones se distribuye el flujo de fluido primario desde el suministro de fluido sobre los recipientes de reacción individuales.

50 El capilar en la carcasa de cada unidad capilar se ha preparado de antemano. La resistencia al flujo de fluido del capilar se ha medido a una temperatura de referencia (por ejemplo, temperatura ambiente) y con un fluido de una viscosidad conocida y con ello se conoce. No es necesario preparar tal capilar para tener una resistencia predeterminada al flujo de fluido.

El calentador y/o enfriador de una unidad capilar SE adapta para cambiar la temperatura del capilar de la unidad capilar e influye con ello en el caudal del flujo de fluido a través de ese capilar. La temperatura del capilar afecta el caudal a través de ese capilar de varias maneras: la viscosidad del fluido en el capilar depende de la temperatura, el fluido se expande cuando se calienta y quizás las dimensiones internas del capilar también cambian un poco debido a efectos de expansión térmica. Tanto la viscosidad del fluido como las dimensiones del capilar son parámetros que determinan la resistencia al flujo del capilar y, con ello el caudal del flujo de fluido a través de ese capilar. Esto significa que el calentador/enfriador de la unidad capilar puede cambiar la resistencia al flujo de fluido del capilar de la unidad capilar en un cierto intervalo. Para cada unidad capilar, se conoce el intervalo de resistencia al flujo de fluido para el que puede aplicarse, ya sea a través de mediciones, a través de cálculos o a través de una combinación de los mismos.

Cuando se junta un sistema de reacción para llevar a cabo un experimento específico, se determina la viscosidad del fluido que fluye a través de las unidades capilares, así como la relación a la cual se distribuirá el flujo de fluido primario sobre los recipientes de reacción. En base a esto, para cada recipiente de reacción, se selecciona una unidad capilar adecuada. "Adecuado" significa que la unidad capilar seleccionada puede proporcionar la resistencia deseada al flujo de fluido. No es necesario que el capilar tenga precisamente la resistencia deseada al flujo de fluido a temperatura ambiente o a la temperatura del fluido que fluye a través del capilar. Es suficiente que al usar el calentador/enfriador para calentar y/o enfriar el capilar de la unidad capilar, se pueda lograr la resistencia deseada al flujo de fluido en el capilar.

Las unidades capilares seleccionadas se pueden disponer en el sistema de reacción de acuerdo con la invención. La resistencia al flujo de cada uno de los capilares se ajusta controlando la salida térmica del calentador/enfriador que está asociado con el capilar respectivo. Esto se puede hacer antes de disponer la unidad capilar en el sistema de reacción o después.

Ajustar la resistencia al flujo de los capilares usando el calentador/enfriador es mucho más simple que ajustar la resistencia al flujo cortando el capilar a la longitud. No requiere las habilidades manuales del personal del laboratorio. Además, es posible revertir sus acciones: se puede aumentar y disminuir la resistencia al flujo. Al cortar el capilar a la longitud, no se puede alargar el capilar nuevamente si se corta demasiado.

Que los capilares estén dispuestos en unidades capilares es una ventaja adicional ya que los hace fáciles de intercambiar y reusables. Si cada unidad capilar está dispuesta en un casete, es aún más fácil de intercambiar. Un casete es mucho más fácil de manejar que un capilar delgado y elástico. Preferentemente, el casete se proporciona con conexiones de captura rápida para que pueda ponerse fácilmente en comunicación de fluido con la unidad de suministro de fluido y los reactores. Preferentemente, el casete también se proporciona con conectores eléctricos para que pueda conectarse fácilmente a la unidad de ajuste de flujo (si eso no se proporciona también en el casete), a la alimentación eléctrica para el calentador/enfriador y/o el sensor de flujo, y/o a otras unidades de control del sistema de reacción, por ejemplo para el intercambio de datos de medición. En esta realización, el sistema de reacción puede ser un sistema modular, en el que las partes se pueden intercambiar fácilmente por otras partes para satisfacer los requisitos de diferentes experimentos.

En el sistema de reacción, la unidad de ajuste de flujo determina el caudal del flujo de fluido, que puede ser un flujo de gas, un flujo de líquido, un flujo combinado de gas/líquido, un flujo de gel o cualquier otro flujo similar. La unidad de ajuste de flujo determina entonces la desviación del caudal del flujo de fluido de un caudal deseado, y ajusta el caudal controlando el calentador y/o enfriador de la unidad capilar. El calentador y/o el enfriador cambian la temperatura del capilar de la unidad capilar y con ello influye en el caudal del fluido a través de ese capilar. La temperatura del capilar afecta el caudal a través de ese capilar de varias maneras: la viscosidad del fluido en el capilar depende de la temperatura, el fluido se expande cuando se calienta y quizás las dimensiones internas del capilar también cambian un poco debido a efectos de expansión térmica. Tanto la viscosidad del fluido como las dimensiones del capilar son parámetros que determinan la resistencia al flujo del capilar y, con ello el caudal del flujo de fluido a través de ese capilar.

Cada unidad capilar puede tener su propia unidad de ajuste de flujo, o una sola unidad de ajuste de flujo puede controlar una pluralidad de unidades capilares. La unidad de ajuste de flujo puede conectarse a o ser parte de un sistema de control general que controla el divisor, o cuando el divisor se usa en un sistema de reacción, de una unidad de control del sistema de reacción que controla todo el sistema de reacción o una parte del mismo.

La unidad capilar también puede usarse para compensar la distribución del flujo sobre los recipientes de reacción para las diferencias de presión en los diferentes recipientes de reacción. Es posible que mientras las reacciones en los recipientes de reacción tienen lugar, una diferencia de presión comienza a acumularse entre los recipientes de reacción. Si ese es el caso, y no se haría nada, la distribución del flujo sobre los recipientes de reacción cambiaría. Sin embargo, al cambiar la resistencia al flujo de fluido de los capilares por su calentador y/o enfriador individual, este efecto puede compensarse para que la distribución del flujo sobre los recipientes de reacción permanezca igual.

El solicitante ha descubierto que al proporcionar a los capilares un aislamiento térmico, el caudal en el capilar puede controlarse con mayor precisión. El solicitante ha descubierto que esto probablemente se deba a que el caudal a través de los capilares parece ser muy sensible a las diferencias de temperatura. El solicitante descubrió en su

investigación que incluso una diferencia de 0,1 °C resultó ser una diferencia notable en el caudal cuando se realizan experimentos a pequeña escala (por ejemplo con caudales de aproximadamente 2 ml/min o menos) o incluso cuando se realizan experimentos a muy pequeña escala (con caudales de líquidos en particular de 1-10 microlitros por minuto o menos). Esto puede explicarse por qué incluso los capilares calibrados con precisión muestran caudales variables, por ejemplo en diferentes momentos del día (durante el día/noche) o cuando se usan en diferentes lugares (en el medio de una habitación o cerca de una pared o unidad de ventilación del laboratorio). Al disponer el capilar dentro de una carcasa que se proporciona con aislamiento térmico, la influencia de la temperatura del entorno directo del capilar en el caudal del flujo a través de ese capilar disminuye. Además, al proporcionar un calentador y/o un enfriador dentro de dicha carcasa, la temperatura del capilar puede controlarse más directamente, lo que hace que pueda obtenerse rápidamente el caudal deseado del flujo de fluido.

En una realización ventajosa, la unidad capilar está alojada al menos en parte en un casete, de modo que puede conectarse fácilmente a otros elementos de un sistema de reacción, tales como una fuente de fluido y/o un reactor. Es posible que toda la unidad capilar esté encerrada en el casete, pero también es posible que por ejemplo el sensor de flujo esté dispuesto fuera del casete.

En una realización ventajosa, el calentador comprende un cable que tiene una resistencia eléctrica, cuyo cable se enrolla alrededor del capilar para suministrar calor a dicho capilar.

En una realización ventajosa, el capilar está dispuesto, por ejemplo enrollado, alrededor de un núcleo, cuyo núcleo se proporciona con medios de calentamiento y/o enfriamiento.

El sistema de reacción de acuerdo con la invención puede usarse para gases, líquidos, geles y/o combinaciones de los mismos. En particular es adecuado para usarse para controlar flujos que tienen caudales pequeños, como entre 1 microlitro y 2 ml por minuto para el flujo de fluido secundario si el fluido es líquido, o menos de 100 Nml por minuto, frecuentemente menos de 50 Nml por minuto si el fluido es un gas.

El sistema de reacción de acuerdo con la invención comprende un colector, cuyo colector tiene una entrada de colector para recibir el flujo de fluido primario, y una pluralidad de salidas de colector para liberar la pluralidad de flujos de fluido secundarios. El sistema de reacción comprende además una pluralidad de unidades capilares, cada una de las unidades capilares que comprende una unidad de entrada para recibir un flujo de fluido secundario desde una salida del colector, una unidad de salida para liberar dicho flujo de fluido secundario, un capilar, cuyo capilar está dispuesto entre el entrada de la unidad y la salida de la unidad de modo que dicho flujo de fluido secundario pase a través del capilar, un calentador y/o un enfriador para ajustar la temperatura del capilar e influir con ello en el caudal del flujo de fluido secundario que pasa a través de dicho capilar y una carcasa para acomodar al menos el capilar y el calentador y/o el enfriador de dicha unidad capilar, cuya carcasa proporciona aislamiento térmico del capilar. La unidad capilar comprende además un sensor de flujo que está adaptado para medir el caudal del flujo de fluido a través de la unidad capilar. El sistema de reacción comprende además una unidad de ajuste de flujo para ajustar los caudales de los flujos de fluido secundarios, cuya unidad de ajuste de flujo comprende un dispositivo de control de temperatura para controlar individualmente cada uno de los calentadores y/o enfriadores de las unidades capilares.

En el sistema de reacción, el caudal de cada flujo de fluido secundario se mide mediante un sensor de flujo y, en base al caudal medido, la unidad de control de temperatura hace que el calentador y/o el enfriador en la carcasa de la unidad capilar a la que se midió el caudal caliente o enfríe el capilar en esa carcasa. Al cambiar la temperatura del capilar, se ajusta el caudal del flujo de fluido a través del capilar.

La carcasa térmicamente aislada del capilar de cada unidad capilar evita que la temperatura de un capilar influya en la temperatura de otro capilar que está dispuesto cerca. Esto permite un control preciso de la temperatura de cada capilar individual, y con ello un control preciso del caudal de cada flujo de fluido individual secundario. Además, al disponer el capilar dentro de una carcasa que se proporciona con aislamiento térmico, la influencia de la temperatura del entorno directo del capilar en el caudal del flujo a través de ese capilar disminuye. Además, al proporcionar un calentador y/o un enfriador dentro de dicha carcasa, la temperatura del capilar puede controlarse más directamente, lo que hace que pueda obtenerse rápidamente el caudal deseado del flujo de fluido.

El sistema de reacción de acuerdo con la invención es adecuado para obtener una distribución del flujo de fluido primario en flujos de fluido secundarios que tienen iguales caudales. Sin embargo, también es posible obtener cualquier otra distribución deseada de los caudales de los flujos de fluido secundarios.

En una realización ventajosa, al menos una unidad de salida está conectada a un recipiente de reacción. De esta manera, puede controlarse el flujo de fluido suministrado a ese recipiente de reacción.

En una realización ventajosa, una o más unidades capilares se alojan en un casete. Cada casete puede contener una o más unidades capilares.

En una realización ventajosa, el calentador comprende un cable que tiene una resistencia eléctrica, cuyo cable se enrolla alrededor del capilar para suministrar calor a dicho capilar.

En una realización ventajosa, el capilar está dispuesto, preferentemente enrollado, alrededor de un núcleo, cuyo núcleo se proporciona con medios de calentamiento y/o enfriamiento.

5 En una realización particularmente ventajosa, el sistema de reacción comprende además un canal auxiliar, que tiene una resistencia al flujo de fluido que es considerablemente menor que la resistencia al flujo de fluido en los canales secundarios. El canal auxiliar está conectado al colector, lo que tiene el efecto de que la parte principal del fluido que ingresa al colector sale del colector a través del canal auxiliar. El canal auxiliar puede por ejemplo llevar el fluido de regreso a la fuente de donde vino antes de ingresar a la entrada del colector, para desperdiciarlo o descargarlo por separado.

10 El efecto del canal auxiliar es que, especialmente mientras la presión en la entrada del colector se mantenga estable, un cambio en el caudal a través de una de las unidades capilares no influye o apenas influye en el caudal a través de las otras unidades capilares.

En una realización ventajosa, el sistema de reacción comprende además un bloque de reacción para acomodar los recipientes de reacción, y/o uno o más casetes, cada casete acomoda al menos una de la pluralidad de unidades capilares del divisor de flujo y un recinto o marco para recibir al menos el bloque de reacción y uno o más casetes.

15 En una realización ventajosa, los reactores son reactores a través de flujo.

20 En el sistema de reacción descrito anteriormente, el flujo de fluido primario se divide en una pluralidad de flujos de fluido secundarios, y cada uno de estos flujos de fluido secundarios se suministra a un recipiente de reacción. Los caudales de los flujos de fluido secundarios están controlados por las unidades capilares. Sin embargo, las unidades capilares también pueden usarse en sistemas de reacción con una configuración diferente y/o disponerse en otros lugares del sistema de reacción. Algunos de esos sistemas de reacción se describirán a continuación.

25 Como un ejemplo de un sistema de reacción con una configuración diferente, la invención pertenece además a un sistema de reacción para realizar experimentos paralelos, en el que los fluidos provienen de diferentes fuentes de fluidos. Las fuentes de fluidos pueden, por ejemplo, suministrar diferentes fluidos y/o fluidos a una presión diferente. Este sistema de reacción comprende una primera unidad de suministro de fluido para suministrar un primer flujo de fluido primario a una primera presión, y una segunda unidad de suministro de fluido para suministrar un segundo flujo de fluido primario a una segunda presión. Además, comprende una primera unidad capilar, que es una unidad capilar del mismo tipo que se usa en el sistema de reacción de acuerdo con la reivindicación 1, cuya primera unidad capilar está adaptada para recibir el primer flujo de fluido primario desde la primera unidad de suministro de fluido. También hay una segunda unidad capilar, que es una unidad capilar del mismo tipo que se usa en el sistema de reacción de acuerdo con la reivindicación 1, cuya segunda unidad capilar está adaptada para recibir el segundo flujo de fluido primario desde la segunda unidad de suministro de fluido. Además, se proporciona un primer reactor, que está en comunicación de fluido con la primera unidad capilar y un segundo reactor, que está en comunicación de fluido con la segunda unidad capilar. La primera unidad capilar comprende una unidad de ajuste de flujo que está adaptada para ajustar el caudal del primer flujo de fluido primario a través de la primera unidad capilar. La segunda unidad capilar comprende una unidad de ajuste de flujo que está adaptada para ajustar el caudal del segundo flujo de fluido primario a través de la segunda unidad capilar de manera que se obtiene una distribución predeterminada de los caudales del primer y segundo flujo de fluido primario.

30 35 Es posible que la unidad de ajuste de flujo de la primera unidad capilar y la unidad de ajuste de flujo de la segunda unidad capilar sean entidades separadas, pero también es posible que estén integradas en una sola unidad de ajuste de flujo. Pueden ser parte de una unidad de control del sistema de reacción general.

Este sistema de reacción es particularmente adecuado para obtener un primer caudal (del primer flujo de fluido primario) y un segundo caudal (del segundo flujo de fluido primario) que están en una proporción predeterminada entre sí, independientemente de la presión. Por ejemplo, a pesar de las diferentes presiones, pueden obtenerse un primer y segundo caudal que son iguales entre sí.

45 En una realización ventajosa, el sistema de reacción comprende además un bloque de reacción para acomodar los recipientes de reacción, uno o más casetes, cada casete acomoda al menos una de la pluralidad de unidades capilares del divisor de flujo y un recinto para recibir al menos el bloque de reacción y uno o más casetes.

En una realización ventajosa, los reactores son reactores a través de flujo.

50 En otra configuración diferente, una unidad capilar como se usa en el sistema de reacción de la reivindicación 1 también puede usarse en un sistema de control de contrapresión para controlar la presión aguas abajo de la salida de un recipiente de reacción.

En esa configuración, la invención proporciona un sistema de reacción para realizar experimentos, cuyo sistema de reacción comprende:

- un recipiente de reacción, en el que dicho recipiente de reacción comprende al menos una entrada al recipiente de reacción, cuya entrada al recipiente de reacción es conectable a una unidad de suministro de fluido para recibir un flujo de fluido,
- 5 en el que cada recipiente de reacción comprende además al menos una salida del recipiente de reacción para liberar un flujo de efluente,
- una línea de efluente del recipiente de reacción para recibir el flujo de efluente desde el recipiente de reacción, cuya línea de efluente está en comunicación de fluido con al menos una salida del recipiente de reacción, cuya línea de efluente del recipiente de reacción se proporciona con una abertura para liberar un flujo de control de presión,
- 10 – un sistema de control de contrapresión que comprende una unidad capilar, cuya unidad capilar comprende
- una entrada de la unidad para recibir el flujo de control de presión desde la abertura en la línea de efluente del recipiente de reacción,
  - una salida de la unidad para liberar dicho flujo de control de presión desde la unidad capilar,
- 15 – un capilar, cuyo capilar está dispuesto entre la entrada de la unidad y la salida de la unidad de manera que dicho flujo de control de presión pase a través del capilar,
- un calentador y/o un enfriador para ajustar la temperatura del capilar e influir con ello en el caudal del flujo de control de presión que pasa a través de dicho capilar,
  - una carcasa para alojar al menos el capilar y el calentador y/o el enfriador de dicha unidad capilar, cuya carcasa proporciona aislamiento térmico del capilar,
- 20 en el que el sistema de control de contrapresión comprende además una unidad de ajuste de flujo para ajustar los caudales del flujo de control de presión,
- cuya unidad de ajuste de flujo comprende:
- un sensor de flujo que está dispuesto para medir el caudal de dicho flujo de control de presión,
  - un dispositivo de control de temperatura para controlar el calentador y/o el enfriador de la unidad capilar.
- 25 En tal sistema de reacción de acuerdo con la invención, el principio de la unidad capilar tal como se usa en el sistema de reacción se usa en un sistema de control de contrapresión para controlar la presión en un recipiente de reacción. Se sabe que la presión dentro de un recipiente de reacción puede controlarse controlando la presión aguas abajo del recipiente de reacción, ventajosamente cerca de la salida del recipiente de reacción. En un sistema de reacción que tiene un controlador de contrapresión de acuerdo con la invención, la línea de efluente del recipiente de reacción se proporciona con una abertura, a través de la cual puede escapar una porción del efluente del recipiente de reacción. La porción del efluente del recipiente de reacción que escapa se llama flujo de control de presión. Al controlar el caudal del flujo de control de presión, puede controlarse la presión justo aguas abajo del recipiente de reacción, y con ello la presión en el recipiente. El caudal de cada uno de los flujos de control de presión se controla usando el principio de la unidad capilar tal como se usa en el sistema de reacción.
- 30
- 35 En una realización ventajosa, se proporciona un sistema de reactor para realizar experimentos paralelos. Este sistema de reacción comprende una pluralidad de recipientes de reacción, cada uno de los cuales está conectado a una línea de efluente asociada. Cada una de las líneas de efluente se proporciona con una abertura, para liberar un flujo de control de presión. El caudal de cada uno de los flujos de control de presión se controla usando el principio de la unidad capilar tal como se usa en el sistema de reacción.
- 40 En una realización especial de la invención, una pluralidad de unidades capilares, el colector y la unidad de ajuste de flujo se construyen juntas para formar un divisor de flujo. Preferentemente, los componentes del divisor de flujo están dispuestos juntos en un casete que puede conectarse fácilmente a otros componentes de un sistema de reacción, como una unidad de suministro de fluido, una pluralidad de recipientes de reacción y un sistema de control del sistema de reacción. Preferentemente, el divisor de flujo está diseñado de tal manera que las unidades capilares son fácilmente intercambiables, por lo que se pueden seleccionar unidades capilares adecuadas para diferentes experimentos.
- 45

La invención se explicará con más detalle haciendo referencia al dibujo, en el que se muestran realizaciones no limitantes de la invención. El dibujo se muestra en:

Figura 1: una realización de una unidad capilar de acuerdo con la invención,

Figura 2: una realización adicional de una unidad capilar tal como se aplica en la invención,

Figura 3: una primera realización de un sistema de reacción de acuerdo con la invención,

Figura 4: una segunda realización de un sistema de reacción de acuerdo con la invención,

Figura 5: una tercera realización de un sistema de reacción de acuerdo con la invención,

5 Figura 6: una variante de la realización de un sistema de reacción de acuerdo con la figura 3.

Figura 7: una realización de un divisor de flujo de acuerdo con la invención,

La figura 1 muestra una realización de una unidad capilar de acuerdo con la invención. En esta realización, el fluido se suministra a una unidad capilar 1 mediante una línea de suministro 10. El fluido, que puede ser un gas, un líquido o una combinación de los mismos, ingresa a la unidad capilar mediante la entrada de la unidad capilar 2. A través del capilar 4, el fluido fluye hacia la salida de la unidad capilar 3, donde sale de la unidad capilar. En esta realización, el capilar 4 se extiende desde la entrada de la unidad capilar 2 hasta la salida de la unidad capilar 3, pero esto no es necesario para su funcionamiento. El fluido fluye de la unidad capilar 1 mediante la línea de descarga 11. El sensor de flujo 7 mide el caudal del flujo de fluido aguas abajo del capilar 4. El sensor de flujo 7 puede estar dispuesto fuera o dentro de la carcasa 6.

15 El capilar 4 está dispuesto en la carcasa 6, que se proporciona con aislamiento térmico. Dentro de la carcasa está dispuesto un calentador y/o enfriador 5. Con este calentador y/o enfriador 5, se puede influir en la temperatura del capilar. El aislamiento térmico de la carcasa 6 hace que la temperatura del capilar 4 pueda controlarse de manera efectiva y precisa, porque el capilar está protegido de las influencias térmicas externas. Además, y en caso de que el capilar se caliente, se escapa menos calor del capilar. El calentador/enfriador 5 está controlado por un dispositivo de control de temperatura 8, que puede estar dispuesto dentro de la carcasa 6, fuera de la carcasa 6 o parcialmente dentro y parcialmente fuera de la carcasa 6. Por ejemplo, POM es un material adecuado para usarse para el aislamiento térmico, ya que tiene buenas propiedades de aislamiento térmico y es fácil de procesar.

25 Al cambiar la temperatura del capilar 4, el caudal del flujo de fluido a través del capilar 4 también cambia. Esto se debe a una combinación de efectos. Cuando la temperatura del capilar 4 aumenta, también lo hace la temperatura del fluido en el capilar 4. Esto disminuye la viscosidad del fluido y con ello la resistencia al flujo que experimenta el flujo del fluido en el capilar 4. Además, hace que el fluido se expanda en volumen. Ambos efectos hacen que el caudal aguas abajo del capilar 4 aumente. También es posible que la expansión térmica cambie las dimensiones internas del capilar 4, lo que también cambia la resistencia al flujo del capilar 4.

30 Frecuentemente, el caudal de fluido a través del capilar 4 aumenta cuando aumenta la temperatura del capilar 4. Sin embargo, lo que sucede en la práctica es el resultado del equilibrio de los efectos mencionados anteriormente. En diferentes situaciones, los diferentes efectos serán más importantes o menos importantes en su contribución al efecto general. Por ejemplo, para un gas, generalmente la expansión térmica tiene una influencia más significativa que para un líquido. Si la misma cantidad de moléculas ocupa un espacio más grande, se requiere un mayor caudal volumétrico para mover la misma cantidad de moléculas a través del capilar. Entonces, si el caudal volumétrico se mantiene igual, el caudal molecular disminuirá. Por otro lado, si el caudal molecular se mantiene igual, el caudal volumétrico aumentará.

35 En una realización preferente, la unidad de ajuste de flujo establece un caudal deseado. Preferentemente, alrededor del caudal deseado, se determina un ancho de banda aceptado. El sensor de flujo 7 mide entonces el caudal del flujo de fluido que sale del capilar 4. Si el caudal está dentro del ancho de banda aceptado, la temperatura del capilar no cambia. Si el caudal está fuera del ancho de banda aceptado, el dispositivo de control de temperatura entra en acción. Si el caudal medido es inferior al límite más bajo del ancho de banda aceptado, el dispositivo de control de temperatura hace que el calentador 5 caliente el capilar, por ejemplo aumentando la temperatura en 0,5 °C. Después de un tiempo, cuando el sistema ha tenido tiempo de reaccionar, el sensor de flujo 7 mide nuevamente el caudal del flujo de fluido. Por otra parte, se determina si el caudal está dentro del ancho de banda aceptado o no. Si el caudal sigue siendo demasiado bajo, la temperatura del capilar aumenta mediante otra etapa de por ejemplo 0,5 °C.

40 Si el sensor de flujo 7 mide un caudal que es mayor que el límite más alto del ancho de banda aceptado, el calentador/enfriador 5 es controlado por el dispositivo de control de temperatura de tal manera que la temperatura del capilar se reduce, por ejemplo reduciendo la temperatura mediante una etapa de 0,5 °C. Después de un tiempo, cuando el sistema ha tenido tiempo de reaccionar, el sensor de flujo 7 mide nuevamente el caudal del flujo de fluido. Por otra parte, se determina si el caudal está dentro del ancho de banda aceptado o no. Si el caudal sigue siendo demasiado alto, la temperatura del capilar se reduce mediante otra etapa de por ejemplo 0,5 °C.

45 De esta forma, el caudal deseado se obtiene mediante cambios iterativos paso a paso de la temperatura del capilar 4. Como alternativa a esta forma de controlar el caudal, por ejemplo puede aplicarse un bucle de control PID.

55 El calentador/enfriador 5 puede realizarse de muchas formas. En algunas realizaciones, basta un calentador de solo un enfriador. Por ejemplo, si el capilar siempre se usa a temperaturas superiores a la temperatura ambiente, usar

solo un calentador puede estar bien. En esos casos, si el caudal del flujo a través del capilar tiene que disminuirse, el calentador 5 simplemente calienta el capilar un poco menos. Por ejemplo, si el capilar funciona a 80 °C y el caudal es demasiado alto, el dispositivo de control de temperatura ajusta el calentador 5 a una temperatura de 79,5 °C. Si el capilar 4 siempre se enfría, se usa el mismo principio y solo puede aplicarse un enfriador para obtener el efecto deseado. Entonces, el calentador/enfriador 5 puede ser un calentador o un enfriador o una combinación de un calentador y un enfriador.

El calentador/enfriador 5 puede tomar muchas formas. Puede ser un cable de resistencia eléctrica, que produce calor cuando fluye una corriente eléctrica. Tal cable puede enrollarse, por ejemplo, alrededor del capilar. La carcasa 6 puede estar provista de un canal calentador/enfriador, a través del cual fluye un medio calentado o enfriado. Además, es posible que el capilar 4 se enrolle alrededor de un núcleo, cuyo núcleo se calienta y/o enfría, y ese núcleo a su vez calienta y/o enfría al capilar 4. Esto se muestra en la figura 2.

La Figura 2 muestra otra posible realización de una unidad capilar 1. Una línea de suministro 10 suministra flujo de fluido F a la entrada de la unidad 2, y después el fluido fluye a través del capilar 4 a la salida de la unidad 3, donde ingresa a la línea de descarga 11. El capilar 4 está dispuesto en la carcasa 6 aislada térmicamente. En esta realización, el capilar 4 se enrolla alrededor de un núcleo 9. En el ejemplo de la figura 2, el núcleo es cilíndrico, pero esto no es necesario. El núcleo 9 se proporciona con medios de calentamiento y/o medios de enfriamiento. Por ejemplo, el núcleo 9 puede proporcionarse con un canal que está o puede ponerse en comunicación de fluido con una fuente externa de un medio de enfriamiento y/o calentamiento, tal como el agua. En otra realización, el núcleo puede proporcionarse con un cable de resistencia eléctrica o cualquier otra forma de trazado de calor.

El principio de la unidad capilar como se usa en el sistema de reacción puede usarse de muchas maneras cuando se realizan reacciones químicas.

La Figura 3 muestra una primera realización de un sistema de reacción de acuerdo con la invención. Este sistema de reacción comprende una unidad de suministro de fluido 31 para suministrar un flujo de fluido primario P. El sistema de reacción comprende además en este ejemplo dos colectores 20, que tienen cada uno cuatro unidades capilares 1 conectadas a ellos. El experto comprenderá que también es posible cualquier otro número de colectores y/o unidades capilares. Las líneas de conexión 12 conectan la unidad de suministro de fluido 31 a los colectores 20. El flujo de fluido primario P se divide primero en flujos SA y SB. El primer divisor de flujo divide el flujo SA en los flujos de fluido secundarios SA1, SA2, SA3 y SA4. El segundo divisor de flujo divide el flujo SB en los flujos de fluido secundarios SB1, SB2, SB3 y SB4.

En la realización de la figura 3, las carcasas 6 de las unidades capilares 1 conectadas al mismo colector 20 están dispuestos juntos en un casete 33. Esto permite un fácil montaje en la configuración de un sistema de reacción, por ejemplo en un bastidor. También permite un intercambio rápido de conjuntos de unidades capilares y una conexión fácil a otras partes del sistema de reacción, por ejemplo si se usan acoplamientos de captura rápida para conectar diferentes líneas de flujo entre sí, por ejemplo la línea de conexión 12 a las entradas del colector 21. Preferentemente, el casete también se proporciona con conectores eléctricos para conectar líneas de alimentación eléctrica y/o líneas de transporte de datos. El casete en sí puede estar aislado térmicamente, pero esto no es necesario. En esta realización, es ventajoso si los recipientes de reacción 32 están dispuestos en un bloque de reacción que también puede disponerse en el bastidor.

Es posible, aunque no se muestra en el dibujo, que el colector 20 esté dispuesto también dentro del casete.

Preferentemente, las unidades capilares de un casete son fácilmente intercambiables, por ejemplo porque las unidades capilares de diferentes velocidades de resistencia al flujo tienen las mismas dimensiones y las disposiciones para montarlas en el casete (por ejemplo, agujeros para recibir pernos, o conexiones de captura rápida o repentina) están en la misma ubicación.

En el sistema de reacción de la figura 3, están presente una pluralidad de recipientes de reacción 32. A cada salida de la unidad capilar 3, se conecta un recipiente de reacción 32. Los divisores de flujo 30 proporcionan la distribución del flujo de fluido primario sobre los reactores individuales con los flujos de fluido secundarios que tienen las proporciones relativas deseadas con respecto a los caudales. Por ejemplo, una distribución del caudal podría ser que el caudal de los flujos SA1, SA2, SA3 y SA4 es dos veces el caudal de los flujos SB1, SB2, SB3 y SB4, mientras que los caudales de los flujos SA1, SA2, SA3 y SA4 son iguales entre sí y los caudales de los flujos SB1, SB2, SB3 y SB4 también son iguales entre sí.

El control de los caudales de los flujos de fluido secundarios individuales SA1, SA2, SA3, SA4, SB1, SB2, SB3 y SB4 tiene lugar de la misma manera que la descrita anteriormente en relación con el divisor de flujo de acuerdo con la invención.

En general, si el flujo de fluido primario tiene un caudal constante y el caudal de uno de los flujos de fluido secundarios cambia, entonces los caudales de los otros flujos de fluido secundarios también cambiarán un poco. Esto significa que en general, la obtención de las proporciones relativas deseadas de los caudales de los flujos de fluido secundarios, es decir: la distribución deseada del flujo de fluido primario sobre los flujos de fluido secundarios, requerirá algunas iteraciones. Sin embargo también es posible que se permita que varíe el caudal del fluido primario.

En ese caso por ejemplo, generalmente será más fácil obtener las proporciones relativas deseadas de los caudales de los flujos de fluido secundarios. En tal caso, la presión en la unidad de suministro de fluido puede mantenerse constante mientras se permite que varíe el caudal del flujo de fluido primario.

5 Las unidades capilares en el sistema de reacción de acuerdo con la invención también pueden usarse para mantener una distribución de caudal controlada sobre los recipientes de reacción en caso de un aumento de presión o una caída de presión en el transcurso de un experimento. Esto se puede ilustrar con el siguiente ejemplo:

10 En un sistema de reacción de acuerdo con la invención, hay ocho recipientes de reacción, que son alimentados por una unidad de suministro de fluido con isopropanol en forma líquida a una presión de 45 barg. La presión para cada uno de los ocho recipientes de reacción se establece a 20 barg, por lo que para cada ruta de fluido desde la unidad de suministro de fluido a la salida del reactor, la caída de presión es de 25 barg. Todas las unidades capilares están sintonizadas para suministrar un flujo de isopropanol líquido de 10 microlitros por minuto a su recipiente de reacción asociado.

15 Durante el transcurso del experimento, por una razón u otra, la presión en uno de los reactores cae a 15 barg, de modo que la caída de presión desde la unidad de suministro de fluido a la salida de ese reactor aumenta de 25 barg a 30 barg. Si no se hiciera nada, esto provocaría que el caudal a ese recipiente de reacción aumentara en un 20 % a 12 microlitros por minuto. Sin embargo, si se hiciera descender la temperatura del capilar en la unidad capilar conectada a ese recipiente de reacción particular, la viscosidad del isopropanol aumentaría y el caudal disminuiría. En este ejemplo, el solicitante en sus experimentos encontró que una caída de temperatura de aproximadamente 6 °C devuelve el caudal a los 10 microlitros por minuto deseados.

20 Por otro lado, si la presión en uno de los recipientes de reacción aumentara a 30 barg, la caída de presión se reduciría a 15 barg. Si no se hiciera nada, esto provocaría que el caudal a través de ese reactor caiga a 6 microlitros por minuto. Sin embargo, al calentar el capilar de la unidad capilar asociada con este recipiente de reacción, la viscosidad del fluido disminuiría y el caudal aumentaría. En este ejemplo, el solicitante en sus experimentos encontró que un aumento de temperatura de aproximadamente 17 °C devuelve el caudal a los 10 microlitros por minuto deseados.

25 La Figura 4 muestra una segunda realización de un sistema de reacción de acuerdo con la invención. En esta realización, el sistema de reacción comprende una primera unidad de suministro de fluido 41 y una segunda unidad de suministro de fluido 42. La primera unidad de suministro de fluido 41 suministra un primer flujo de fluido primario F1 a una primera presión p1. La segunda unidad de suministro de fluido 42 suministra un segundo flujo de fluido primario F2 a una segunda presión p2. Es posible que p1 sea igual a p2, pero el sistema es especialmente adecuado para situaciones en las que p1 y p2 son diferentes. También es adecuado para un sistema en el que se llevan a cabo reacciones paralelas usando diferentes fluidos.

30 Aguas abajo de la primera unidad de suministro de fluido 41, se dispone la primera unidad capilar 40\*. La primera unidad capilar 40\* es una unidad capilar de acuerdo con la invención, por ejemplo una primera unidad capilar de acuerdo con la figura 1. La primera unidad de suministro de fluido 41 está conectada a la primera unidad capilar 40\* por la línea de suministro 10\*. Aguas abajo de la primera unidad capilar 40\*, la línea de descarga 11\* está dispuesta para suministrar el primer flujo de fluido F1 al primer reactor 32\*. En este ejemplo, el reactor 32\* es un reactor de flujo continuo.

35 Aguas abajo de la segunda unidad de suministro de fluido 42, se dispone la segunda unidad capilar 40'. La segunda unidad capilar 40' es una unidad capilar de acuerdo con la invención, por ejemplo una unidad capilar de acuerdo con la figura 1. La segunda unidad de suministro de fluido 42 está conectada a la segunda unidad capilar 40' por la línea de suministro 10'. Aguas abajo de la segunda unidad capilar 40', la línea de descarga 11' está dispuesta para suministrar el segundo flujo de fluido F1 al segundo reactor 32'. En este ejemplo, el reactor 32' es un reactor de flujo continuo.

40 El sistema de reacción de la figura 4 comprende además un controlador de distribución de flujo 43 para garantizar que los caudales del primer flujo de fluido primario F1 y el segundo flujo de fluido primario F2 estén en una proporción deseada entre sí, por ejemplo, que el caudal sea el mismo para ambos flujos de fluido primarios.

45 La función del controlador de distribución de flujo es asegurarse de que los caudales del primer y segundo flujos de fluido primario F1, F2 estén en la proporción deseada entre sí (por ejemplo, caudal F1: caudal F2 = 1:1 o 1:2). Para ese fin, el controlador de la distribución de flujo recibe los caudales medidos de ambos sensores de flujo 7. Compara los caudales de los flujos de fluido primarios individuales entre sí y determina si los caudales están en la proporción deseada entre sí. Si este no es el caso, entonces el controlador de la distribución de flujo activa uno o más de los dispositivos individuales de control de temperatura 8 para ajustar el caudal del flujo de fluido primario asociado.

50 Con esta realización de la invención, es posible por ejemplo llevar a cabo reacciones paralelas a diferentes presiones o con diferentes fluidos, pero al mismo caudal.

La Figura 5 muestra una tercera realización de un sistema de reacción de acuerdo con la invención. En esta realización, las unidades capilares de acuerdo con la invención se usan como parte de un sistema de control de contrapresión.

5 En el sistema de reacción de acuerdo con la figura 5, se proporciona una pluralidad de recipientes de reacción 32. Cada recipiente de reacción 32 se proporciona con al menos una entrada al recipiente de reacción 34 y al menos una salida del recipiente de reacción 35. Se suministra un flujo de fluido primario P al sistema, que después se divide en este ejemplo en flujos de fluido secundarios S1, S2 y S3. Para esta división de flujo, un divisor de flujo de acuerdo con la invención, por ejemplo un divisor de flujo de acuerdo con la figura 7, puede usarse, pero esto no es necesario. En el sistema de reacción de la figura 5, cada uno de los recipientes de reacción 32 se proporciona con una línea de efluente de recipiente de reacción 50 para descargar el efluente de reacción de ese recipiente de reacción particular 32. La línea de efluente del recipiente de reacción 50 está conectada a la salida del recipiente de reacción 35 del recipiente de reacción asociado 32.

15 En el sistema de reacción de acuerdo con la figura 5 el principio de la unidad capilar de acuerdo con la invención se usa en un sistema de control de contrapresión para controlar la presión en los recipientes de reacción 32. Se sabe que la presión dentro de un recipiente de reacción puede controlarse controlando la presión aguas abajo de ese recipiente de reacción, ventajosamente cerca de la salida del recipiente de reacción.

20 Para ese fin, cada una de las líneas de efluente del recipiente de reacción 50 se proporciona con una abertura, a través de la cual puede escapar una porción del efluente del recipiente de reacción. La porción del efluente del recipiente de reacción que escapa se llama flujo de control de presión. Al controlar el caudal del flujo de control de presión, puede controlarse la presión justo aguas abajo del recipiente de reacción, y con ello la presión en el recipiente. Si por ejemplo se debe reducir la presión para obtener la presión deseada en el recipiente de reacción, se debe aumentar el caudal del flujo de control de presión. En el sistema de reacción de la figura 5, se usa una unidad capilar de acuerdo con la invención para controlar el caudal del flujo de control de presión, y con ello la presión en el reactor asociado 32.

25 En la figura 5, se proporciona una pluralidad de recipientes de reacción 32. Sin embargo, un sistema de control de contrapresión como el de la figura 5 también puede usarse en combinación con un único recipiente de reacción.

30 La Figura 6 muestra una variante de la realización de un sistema de reacción de acuerdo con la figura 3. En esta variante, se proporciona el canal auxiliar 23, a través del cual puede pasar un flujo de fluido terciario TF. La resistencia al flujo de fluido del canal auxiliar es mucho menor que la resistencia al flujo de fluido en los capilares de las unidades capilares 1. Como resultado de eso, la mayor parte del flujo de fluido primario P sale del sistema de reacción a través del canal auxiliar 23.

Debido a esto, un cambio en la resistencia al flujo de fluido en uno de los capilares 4 de las unidades capilares 1 tiene mucho menos efecto en el caudal del flujo de fluido a través de los otros capilares en el sistema de reacción.

35 Como un ejemplo, digamos que en el sistema de reacción de la figura 3 el flujo de fluido primario es de 10 microlitros por minuto, el flujo de fluido secundario a través de la primera unidad capilar es de 6 microlitros por minuto y el flujo de fluido secundario a través de la segunda unidad capilar es de 4 microlitros por minuto. A continuación, el capilar de la segunda unidad capilar se calienta, y el caudal a través de la segunda unidad capilar cambia a 4,5 microlitros por minuto. Si el caudal del flujo de fluido primario se mantiene constante, el flujo de fluido a través de la primera unidad capilar como consecuencia cambia a 5,5 microlitros por minuto.

40 A modo de comparación, si en el sistema de reacción de la figura 6 el flujo de fluido primario es de 10 microlitros por minuto, el flujo de fluido terciario a través del canal auxiliar 23 es de 8 microlitros por minuto, el flujo de fluido secundario a través de la primera unidad capilar es de 1 microlitro por minuto y el flujo de fluido secundario a través de la segunda unidad capilar también es 1 microlitro por minuto. A continuación, el capilar de la segunda unidad capilar se calienta, y el caudal a través de la segunda unidad capilar cambia a 1,5 microlitros por minuto. Si el caudal del flujo de fluido primario se mantiene constante, el flujo de fluido a través del canal auxiliar como consecuencia cambia a 7,56 microlitros por minuto y el flujo de fluido a través de la primera unidad capilar como consecuencia cambia a 0,94 microlitros por minuto.

45 Los valores y las relaciones de los caudales como se mencionó anteriormente son simplemente un ejemplo para ilustrar el efecto del canal auxiliar. En general, el caudal a través del canal auxiliar puede ser por ejemplo de 10 a 50 a 100 veces, o incluso más, que el caudal a través de cada uno de los capilares.

50 En una realización típica, podría ser que el 90 % del fluido del fluido primario fluye a través del canal auxiliar, mientras que solo el 10 % se distribuye sobre las unidades capilares. Si hay 16 unidades capilares en el sistema de reacción, y los caudales deseados se establecen de manera que haya una distribución igual del flujo de fluido sobre las unidades capilares, cada unidad capilar solo recibe el 0,625 % del fluido del flujo de fluido primario.

55 El canal auxiliar puede llevar el fluido de regreso a la fuente de donde vino antes de ingresar a la entrada del colector, para desperdiciarlo o descargarlo por separado.

Un canal auxiliar del tipo que se muestra en la figura 6 puede usarse en combinación con cualquiera de los sistemas de reacción de acuerdo con la invención.

El experto comprenderá que las características de las realizaciones de los sistemas de reacción de acuerdo con la invención como se describe anteriormente pueden intercambiarse y/o combinarse entre sí.

5 La Figura 7 muestra una realización de un divisor de flujo de acuerdo la invención. En este divisor de flujo, se usa el mismo principio que en la unidad capilar de acuerdo con la figura 1.

En el divisor de flujo de la figura 7, se suministra un flujo de fluido primario P a una entrada del colector 21 de un colector 20. En el colector 20, el flujo de fluido primario P se divide en dos flujos de fluido secundarios S1, S2. Después de pasar a través del divisor de flujo, cada flujo de fluido secundario S1, S2 se dirigirá a un dispositivo en el que se usa, tal como un recipiente de reacción. En el ejemplo de la figura 7, los flujos de fluido secundarios S1, S2 se pueden suministrar a dos recipientes de reacción paralelos para realizar pruebas químicas paralelas. Por supuesto es posible que el colector tenga más de dos salidas de colector, de modo que se creen más de dos flujos secundarios. Sin embargo esto no altera el principio técnico del divisor de flujo.

10 Cuando se llevan a cabo pruebas paralelas, frecuentemente se desea que los flujos de fluido secundarios tengan caudales que estén en una proporción predeterminada entre sí. Por ejemplo, se desea que los caudales de todos los flujos de fluido sean iguales, o el caudal de S1 tiene que ser dos veces el caudal de S2. Esto puede lograrse con el divisor de flujo de acuerdo con la invención.

El divisor de flujo de la figura 7 comprende dos unidades capilares 1, que son similares a la unidad capilar de acuerdo con la figura 1. Cada unidad capilar 1 del divisor de flujo recibe un flujo de fluido secundario desde una salida del colector asociado 22 en la entrada de la unidad capilar 2. En la unidad capilar 1, los flujos de fluido secundarios se ajustan de la misma manera que el fluido fluye a través del capilar en la figura 1. Entonces, el caudal de cada flujo de fluido secundario se mide mediante un sensor de flujo 7, y en base al caudal medido, la unidad de control de temperatura 8 hace que el calentador y/o el enfriador 5 en la carcasa 6 de la unidad capilar 1 a la cual el caudal medido pertenece caliente o enfríe el capilar 4 en esa carcasa 6. Al cambiar la temperatura del capilar, se ajusta el caudal del flujo de fluido a través del capilar.

La carcasa 6 aislada térmicamente del capilar 4 de cada unidad capilar 1 evita que la temperatura de un capilar 4 influya en la temperatura de otro capilar 4 que está dispuesto cerca. Además, se reducen otras influencias térmicas del medio ambiente, así como la pérdida de calor al medio ambiente del calentador/enfriador 5. Esto permite un control preciso de la temperatura de cada capilar individual 4, y con ello un control preciso del caudal de cada flujo de fluido secundario individual.

El sensor de flujo 7 y el dispositivo de control de temperatura 8 relacionados con cada unidad capilar 1 forman parte de la unidad de ajuste de flujo para el flujo de fluido secundario asociado. Con esta unidad de ajuste de caudal, cada una de los caudales de cada flujo de fluido secundario puede controlarse individualmente. En una realización ventajosa, el divisor de flujo comprende además un controlador de distribución de flujo, que se comunica con las unidades de ajuste de flujo individuales (Preferentemente directamente con los dispositivos de control de temperatura de los dispositivos de ajuste de flujo individuales) del divisor de flujo.

La función del controlador de distribución de flujo es asegurarse de que los caudales de los flujos de fluido secundarios estén en la proporción deseada entre sí (por ejemplo: primer caudal secundario: segundo caudal secundario: tercer caudal secundario: cuarto caudal secundario = 1:1:1:1 o 1:2:3:4). Para ese fin, el controlador de distribución de flujo recibe los caudales medidos de todos los sensores de flujo 7 del divisor de flujo. Compara los caudales de los flujos de fluido secundarios individuales entre sí, y determina si los caudales están en las proporciones deseadas entre sí. Si este no es el caso, entonces el controlador de distribución de flujo activa una o más de las unidades de ajuste de flujo individuales, Preferentemente directamente los dispositivos de control de temperatura, para ajustar el caudal del flujo de fluido secundario asociado.

45 En general, si el flujo de fluido primario tiene un caudal constante y el caudal de uno de los flujos de fluido secundarios cambia, entonces los caudales de los otros flujos de fluido secundarios también cambiarán un poco. Esto significa que en general, la obtención de las proporciones relativas deseadas de los caudales de los flujos de fluido secundarios, es decir: la distribución deseada del flujo de fluido primario sobre los flujos de fluido secundarios, requerirá algunas iteraciones. Sin embargo también es posible que se permita que varíe el caudal del fluido primario. En ese caso, generalmente será más fácil obtener las proporciones relativas deseadas de los caudales de los flujos de fluido secundarios. En tal caso por ejemplo, la presión en la unidad de suministro de fluido puede mantenerse constante mientras se permite que varíe el caudal del flujo de fluido primario.

Preferentemente, los componentes del divisor de flujo están dispuestos en un casete, de modo que el divisor de flujo se puede unir a otros componentes del sistema en el que se usa de una manera fácil.

55 Preferentemente, las unidades capilares están dispuestas de forma liberable en el casete de modo que puedan cambiarse fácilmente por otras unidades capilares, por ejemplo unidades capilares con un intervalo diferente de resistencia al flujo de fluido.

El experto comprenderá que las características de las realizaciones de los sistemas de reacción de acuerdo con la invención y las características de las realizaciones del divisor de flujo de acuerdo con la invención como se describió anteriormente se pueden intercambiar y/o combinar entre sí, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Divisor de flujo para dividir un flujo de fluido primario en una pluralidad de flujos de fluido secundarios para realizar experimentos,  
cuyo divisor de flujo comprende:
- 5
- un colector, cuyo colector tiene una entrada de colector para recibir el flujo de fluido primario, y una pluralidad de salidas de colector para liberar la pluralidad de flujos de fluido secundarios,
  - una pluralidad de unidades capilares, comprendiendo cada una de las unidades capilares:
  - una entrada de la unidad para recibir un flujo de fluido secundario desde una salida del colector,
  - una salida de la unidad para liberar dicho flujo de fluido secundario,
- 10
- un capilar, cuyo capilar está dispuesto entre la entrada de la unidad y la salida de la unidad de manera que dicho flujo de fluido secundario pasa a través del capilar,
  - un calentador y/o un enfriador para ajustar la temperatura del capilar e influir con ello en el caudal del flujo de fluido secundario que pasa a través de dicho capilar,
- 15
- una carcasa para acomodar al menos el capilar y el calentador y/o el enfriador de dicha unidad capilar, cuya carcasa proporciona un aislamiento térmico del capilar,
  - un sensor de flujo para medir el caudal del flujo de fluido secundario a través de la unidad capilar, cuyo sensor de flujo puede estar dispuesto dentro o fuera de la carcasa,
  - una unidad de ajuste de flujo para ajustar los caudales de los flujos de fluido secundarios, cuya unidad de ajuste de flujo comprende un dispositivo de control de temperatura para controlar individualmente el calentador y/o enfriador de cada unidad capilar en respuesta al caudal que es medido por el sensor de flujo de esa unidad capilar,
- 20
- en el que el capilar en la carcasa de cada unidad capilar se ha preparado de antemano y se ha medido la resistencia al flujo de fluido del capilar a una temperatura de referencia y con un fluido de una viscosidad conocida y se conoce; y
- 25
- en el que las unidades capilares son intercambiables.
2. Divisor de flujo de acuerdo con la reivindicación 1,
- en el que el divisor de flujo comprende un casete para acomodar los componentes del divisor de flujo, en cuyo casete las unidades capilares están dispuestas de forma liberable de modo que puedan intercambiarse.
3. Sistema de reacción para realizar experimentos paralelos,
- 30
- cuyo sistema de reacción comprende:
- una unidad de suministro de fluido para suministrar un flujo de fluido primario,
  - un divisor de flujo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la entrada del colector está conectada a la unidad de suministro de fluido para recibir el flujo de fluido primario desde la unidad de suministro de fluido,
  - una pluralidad de recipientes de reacción, en la que cada recipiente de reacción comprende al menos una entrada al recipiente de reacción, en el que la entrada al recipiente de reacción de cada recipiente de reacción está conectada a una salida de la unidad capilar asociada para recibir un flujo de fluido secundario desde el divisor de flujo.
- 35
4. El sistema de reacción de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el sistema de reacción
- 40
- comprende un bloque de reacción para acomodar los recipientes de reacción y/o uno o más casetes, cada casete acomoda al menos una de la pluralidad de unidades capilares del divisor de flujo, y un recinto o un marco para recibir al menos el bloque de reacción y el o más casetes.
5. El sistema de reacción de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el sistema de reacción
- comprende un controlador de distribución de flujo para asegurar que los caudales del primer flujo de fluido primario y el segundo flujo de fluido primario estén en una proporción deseada entre sí.
- 45
6. El sistema de reacción de acuerdo con la reivindicación 3,

en el que el calentador y/o enfriador es un calentador que comprende un cable de resistencia eléctrica, cuyo cable produce calor cuando fluye una corriente eléctrica, y dicho cable es enrollado alrededor del capilar.

7. El sistema de reacción de acuerdo con la reivindicación 3,

5 en el que el capilar es enrollado alrededor de un núcleo, cuyo núcleo es proporcionado con medios de calentamiento y/o enfriamiento.

8. El sistema de reacción de acuerdo con la reivindicación 3,

en el que el sistema de reacción comprende un canal auxiliar que está conectado al colector, cuyo canal auxiliar tiene una resistencia al flujo de fluido que es menor que la resistencia al flujo de fluido de los capilares de las unidades capilares.

10 9. Sistema de reacción para realizar experimentos,

cuyo sistema de reacción comprende:

- un recipiente de reacción, en el que dicho recipiente de reacción comprende al menos una entrada del recipiente de reacción, cuya entrada al recipiente de reacción es conectable a una unidad de suministro de fluido para recibir un flujo de fluido,

15 en el que cada recipiente de reacción comprende además al menos una salida del recipiente de reacción para liberar un flujo de efluente,

20 - una línea de efluente del recipiente de reacción para recibir el flujo de efluente del recipiente de reacción, cuya línea de efluente está en comunicación de fluido con al menos una salida del recipiente de reacción, cuya línea de efluente del recipiente de reacción es proporcionado con una abertura para liberar un flujo de control de presión,

- un sistema de control de contrapresión que comprende una unidad capilar, cuya unidad capilar comprende

- una entrada de la unidad para recibir el flujo de control de presión desde la abertura en la línea de efluente del recipiente de reacción,

- una salida de la unidad para liberar dicho flujo de control de presión desde la unidad capilar,

25 - un capilar, cuyo capilar está dispuesto entre la entrada de la unidad y la salida de la unidad, de modo que dicho flujo de control de presión pase a través del capilar,

- un calentador y/o un enfriador para ajustar la temperatura del capilar e influir con ello en el caudal del flujo de control de presión que pasa a través de dicho capilar,

30 - una carcasa para acomodar al menos el capilar y el calentador y/o el enfriador de dicha unidad capilar, cuya carcasa proporciona un aislamiento térmico del capilar,

- un sensor de flujo que está adaptado para medir el caudal del flujo de control de presión a través de la unidad capilar,

en el que el sistema de control de contrapresión comprende además una unidad de ajuste de flujo para ajustar los caudales del flujo de control de presión,

35 cuya unidad de ajuste de flujo comprende un dispositivo de control de temperatura para controlar el calentador y/o el enfriador de la unidad capilar

en el que el capilar en la carcasa de cada unidad capilar ha sido preparado de antemano y la resistencia al flujo de fluido del capilar a una temperatura de referencia y con un fluido de una viscosidad conocida ha sido medida y es conocida; y

40 en el que la unidad capilar es intercambiable.

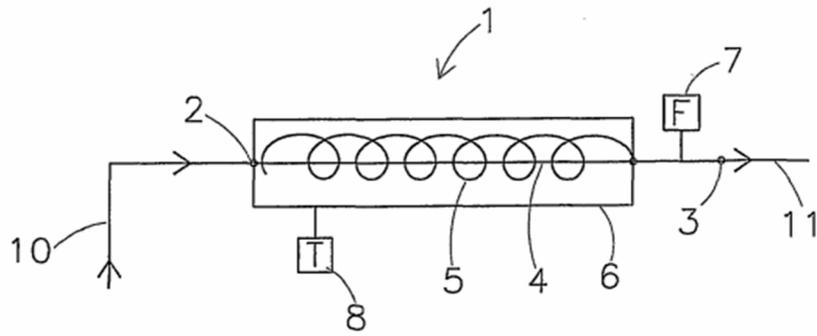


Figura 1

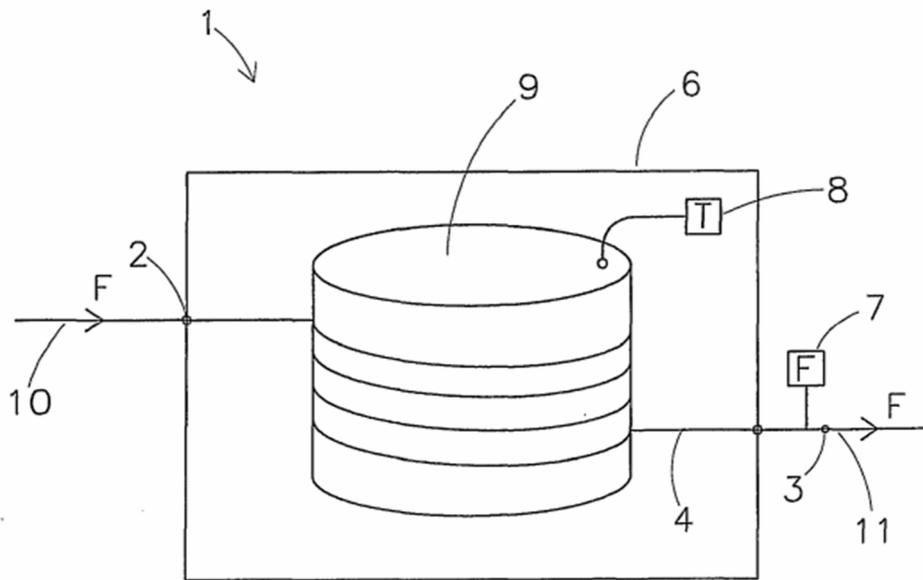


Figura 2

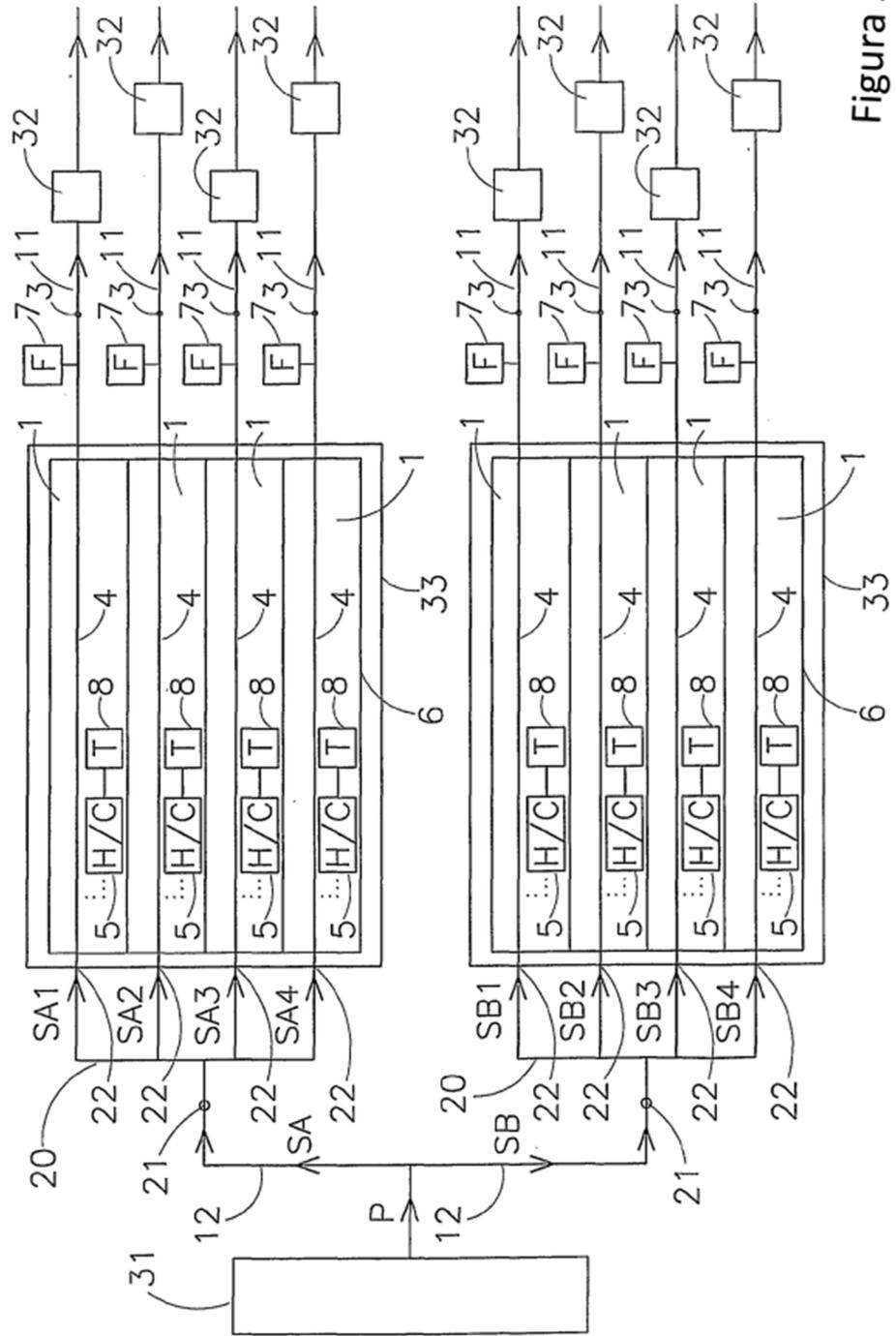


Figura 3

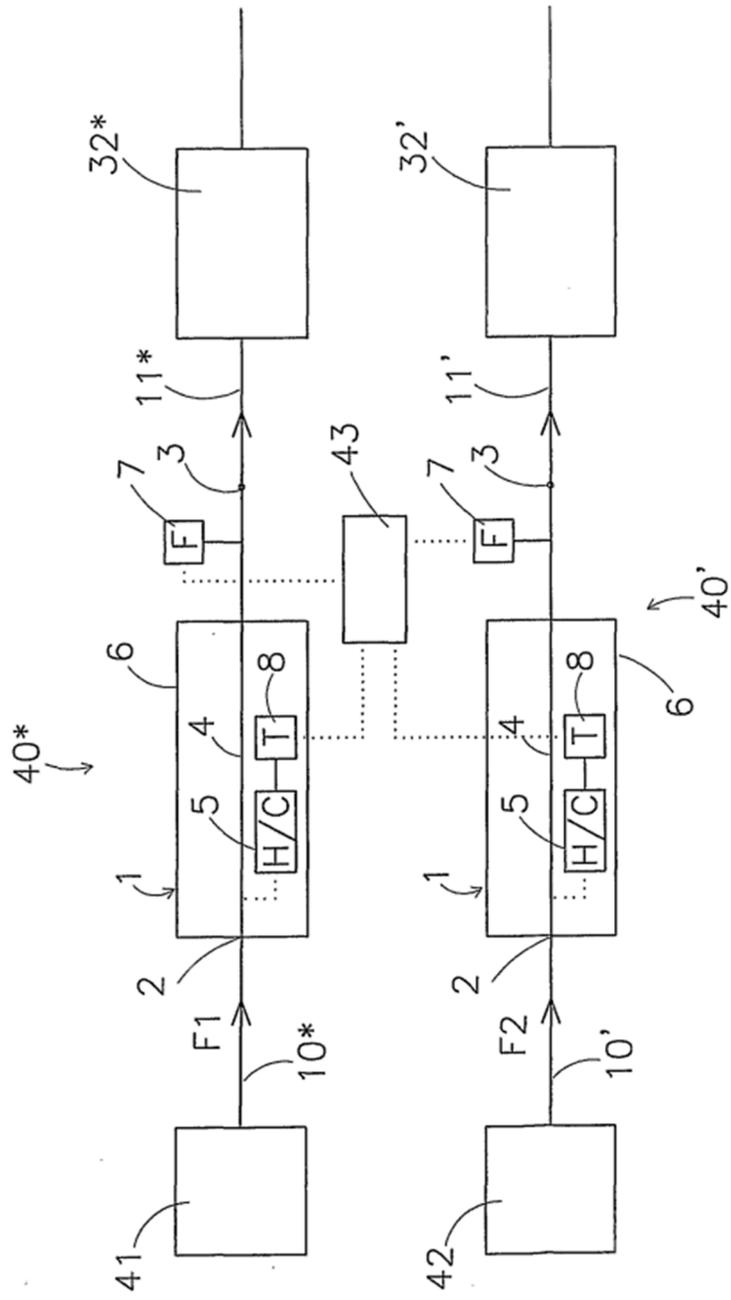


Figura 4

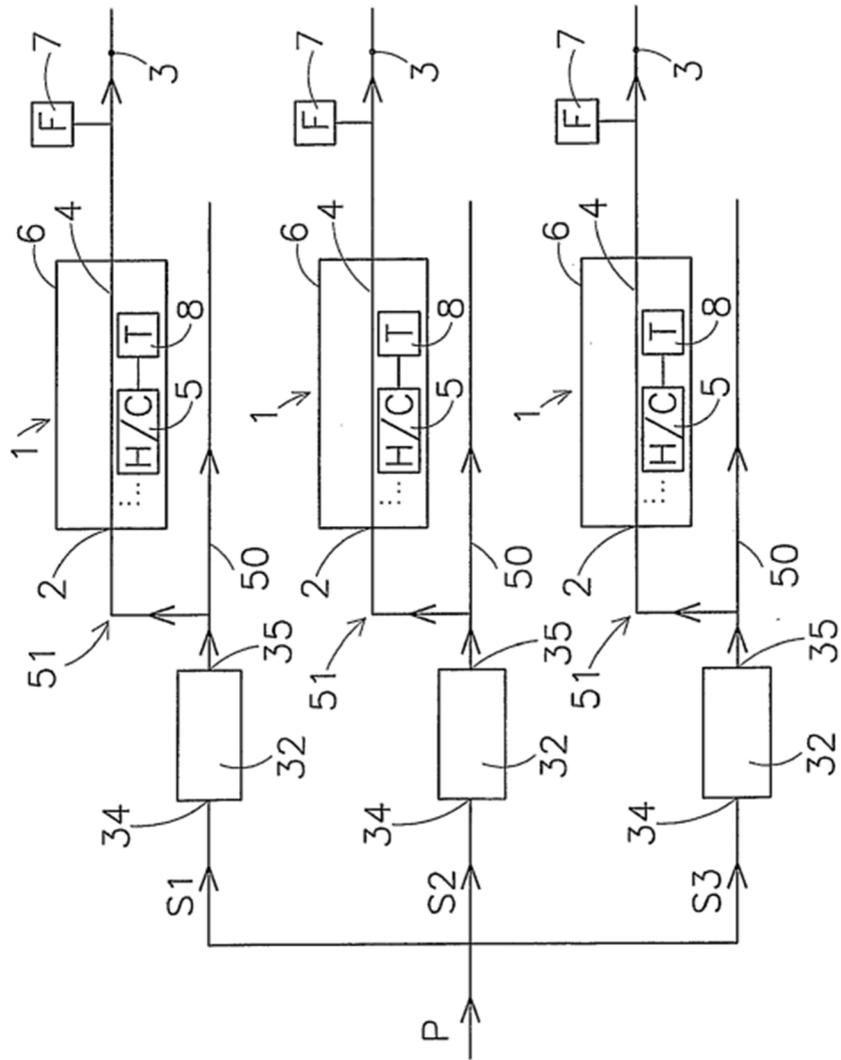


Figura 5

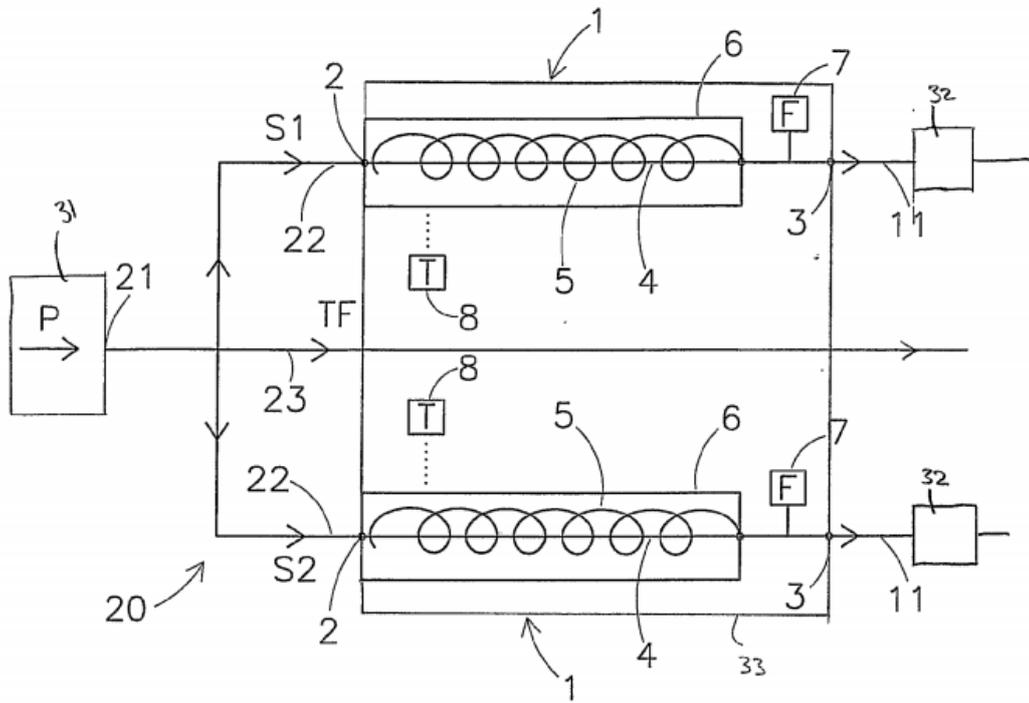


Figura 6

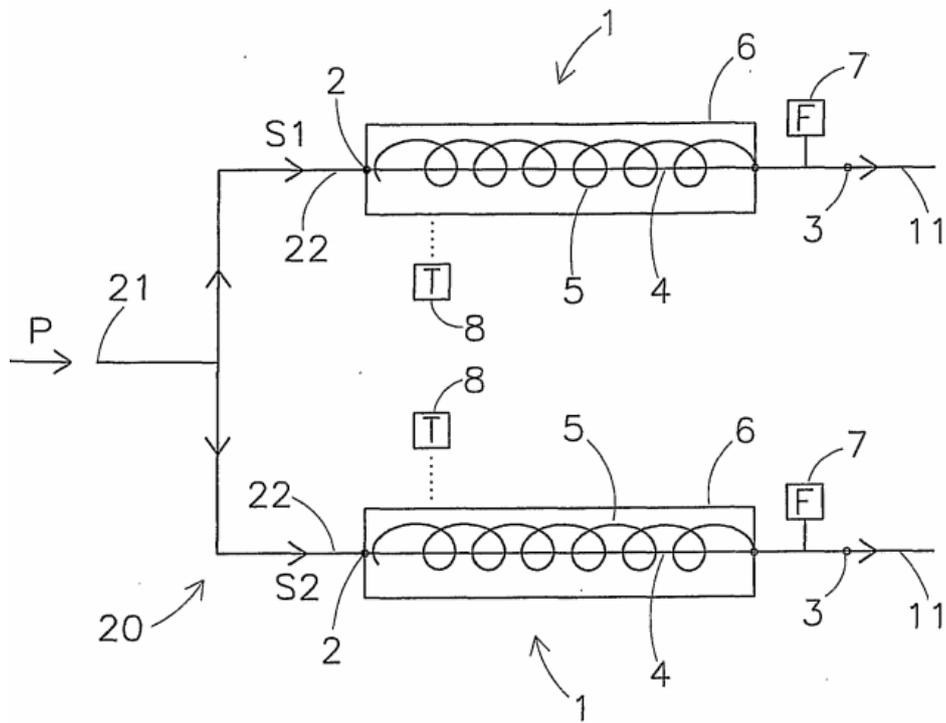


Figura 7