

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 924 244**

51 Int. Cl.:

F24S 20/20 (2008.01)

F28D 20/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.04.2016** **PCT/IB2016/052000**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2016** **WO16162839**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2016** **E 16719522 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2022** **EP 3280957**

54 Título: **Sistema de proceso para la recuperación de calor y procedimiento para su funcionamiento**

30 Prioridad:

08.04.2015 CH 4872015

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

05.10.2022

73 Titular/es:

SYNHELION SA (100.0%)

Via Bagutti 5
6900 Lugano, CH

72 Inventor/es:

PEDRETTI - RODI, ANDREA

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 924 244 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

Sistema de proceso para la recuperación de calor y procedimiento para su funcionamiento

5 La presente invención se refiere a un sistema de proceso con una unidad de proceso que puede hacerse funcionar entre una temperatura superior y una inferior de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un procedimiento para el calentamiento y enfriamiento cíclicos de una unidad de proceso que puede hacerse funcionar entre una temperatura superior y una inferior de acuerdo con la reivindicación 1.

10 Los procesos, que se desarrollan a distintos niveles de temperatura, están muy extendidos en la técnica. A este respecto tiene lugar una etapa de proceso a una temperatura superior y otra etapa de proceso a una temperatura inferior, o también tiene lugar una etapa de proceso durante la variación de temperatura. Muchas aplicaciones se refieren al caso en el que una reacción química se desarrolla con ayuda de un catalizador. Con frecuencia es útil calentar una unidad de proceso a un intervalo de temperatura superior y después enfriarlo a un intervalo de temperatura inferior y repetir este cambio de temperatura cíclicamente para la producción continua.

15 Uno de los numerosos casos de aplicación se encuentra en el sector de la fabricación de combustibles solares (*solar fuels*), cuyas sustancias de partida H_2 (hidrógeno) y CO (monóxido de carbono) se forman mediante la alimentación de energía- en concreto calor a altas temperaturas- de H_2O (agua) y CO_2 (dióxido de carbono). A una mezcla de gases, que contiene principalmente H_2 y CO además de otros gases, se le llama gas de síntesis o simplemente sintegás. Dices sintegás sirve para la fabricación de carburantes hidrocarburos líquidos o gaseosos.

20 En el documento DE 10 2010 053 902 se desvela, cómo utilizar un receptor-reactor, que está dispuesto entre un acumulador de calor y uno de frío calor, de modo que el receptor-reactor es apto para utilizar para la reacción química prevista también en el funcionamiento nocturno.

25 En un documento ETH Dissertation No. 21864 "SOLAR THERMOCHEMICAL CO_2 AND H_2O SPLITTING VIA CERIA REDOX REACTIONS" de Philipp Furler se describe un reactor de cero solar, experimental, con el que mediante la radiación incidente de luz solar concentrada (2865 soles, es decir, una radiación térmica de hasta 2865 kW/m^2) puede fabricarse gas de síntesis.

30 La luz solar en la concentración anteriormente mencionada puede generarse a nivel industrial por ejemplo con un concentrador de disco del solicitante de acuerdo con el documento WO 2011/072410, de modo que la producción comercial de gas de síntesis se ha hecho realidad empleando energía renovable o regenerable.

35 De acuerdo con la disertación ETH anteriormente mencionada en una primera etapa de proceso, endotérmica hasta una temperatura superior de 1800 K el cerio se reduce formando oxígeno; a continuación el cerio después del final de la reducción se enfría a una temperatura inferior de 1100 K , y en una etapa de proceso subsiguiente el gas de síntesis se produce mediante reoxidación exotérmica; a este respecto el calor necesario de forma endotérmica es mucho mayor que el calor que se produce de forma exotérmica. Este proceso puede repetirse cíclicamente para una producción continua de gas de síntesis; para ello el cerio debe calentarse de forma consecuente periódicamente a 1800 K y enfriarse a 1100 K . Para una recuperación de calor extraído mediante el enfriamiento se propone una construcción de anillo doble de un vehículo de cerio. Dos anillos de cerio que giran en sentido opuesto, en contacto el uno con el otro con eje de rotación común entre la zona caliente (1800 K) y la zona fría (1100 K) están situados de tal modo que una sección de uno de cada anillo en la zona caliente se encuentra en una posición de las 12 y una sección enfrentada en la zona fría en una posición de las 6. Mediante un giro opuesto de anillos de cerio directamente contiguos, la sección fría de un primer anillo de cerio en el sentido de las agujas del reloj se desplaza en la dirección de la zona caliente y la sección caliente en la dirección de la zona fría, y en un segundo, anillo de cerio que gira en contra del sentido de las agujas del reloj igualmente la sección fría se desplaza en la dirección de la zona caliente y la sección caliente en la dirección de la zona fría, en donde ambos anillos de cerio se tocan ligeramente y por ello intercambian continuamente energía calorífica. De manera correspondiente se enfrían secciones calientes y se calientan secciones frías recíprocamente, lo que permite una recuperación de una cantidad de calor. Sin embargo, el rendimiento de la recuperación es reducido debido a la construcción y se sitúa aproximadamente en 25% . Las exigencias en la construcción y la estabilidad de anillos de cerio que rotan recíprocamente, en contacto entre sí, de transferencia de calor, radiación de calor y esfuerzo mecánico son grandes.

60 Problemas similares, tal como se han descrito anteriormente, se producen también en otros ámbitos del estado de la técnica, cuando una unidad de proceso debe hacerse funcionar a distintas temperaturas, y debe recuperarse calor extraído en el enfriamiento.

65 Por este motivo, la invención por tanto se basa en el objetivo, de perfeccionar un sistema de proceso con una unidad de proceso que puede hacerse funcionar entre una temperatura superior y una inferior en el sentido de que puede recuperarse mejor el calor. El sistema de proceso debe poder emplearse, entre otros, también para temperaturas por encima de 1000 K , de modo que la unidad de proceso está configurada como reactor, por ejemplo como reactor para gas de síntesis.

El objetivo en el que se basa la invención para el sistema de proceso se consigue mediante las características de la reivindicación 1. Al estar previstos dos acumuladores de calor, entre los cuales se sitúa la unidad de proceso, un acumulador de calor puede descargarse para el calentamiento de la unidad de proceso y puede emplearse calor no absorbido por la unidad de proceso para la carga del segundo acumulador de calor -de manera análoga en el enfriamiento de la unidad de proceso. Esto permite bajar las pérdidas y con ello el rendimiento.

El objetivo en el que se basa la invención se consigue también mediante el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11. Al cambiar cíclicamente la dirección de flujo entre los acumuladores de calor, y con ello a través de la unidad de proceso, el calor presente en el sistema puede desplazarse de un lado a otro alternativamente, a través de la unidad de proceso, calentándola y enfriándola a este respecto alternativamente, lo que permite además de un rendimiento mejorado también un modo de construcción simplificado del sistema de proceso.

El objetivo en el que se basa la invención para el procedimiento se consigue mediante las características de la reivindicación 11. Al cambiar cíclicamente la dirección de flujo entre los acumuladores de calor, y con ello a través de la unidad de proceso, el calor presente en el sistema puede desplazarse de un lado a otro alternativamente, a través de la unidad de proceso, calentándola y enfriándola a este respecto alternativamente, lo que además de una mejora del rendimiento también permite un modo de construcción simplificado.

En lo sucesivo la invención se explica a modo de ejemplo mediante figuras. Los mismos objetos están designados en las figuras fundamentalmente con las mismas referencias. Muestra:

Fig. 1 una representación esquemática del sistema de proceso de acuerdo con la invención con un circuito en serie de un acumulador de calor, una unidad de proceso y un acumulador de calor adicional,

Fig. 2 un curso de temperatura de la unidad de proceso,

Fig. 3 una forma de realización preferida de un acumulador de calor estratificado con diagramas sobre la distribución de temperatura en el funcionamiento que predomina en este,

Fig. 4 una forma de realización preferida de un sistema de proceso de acuerdo con la invención con acumuladores de calor estratificados con diagramas sobre la distribución de temperatura en el funcionamiento que predomina en el sistema de proceso,

Fig. 5 la forma de realización del sistema de proceso de la figura 4 con diagramas sobre la distribución de temperatura que predomina en el sistema de proceso en una forma de funcionamiento alternativa,

Fig. 6 una representación esquemática de una forma de realización adicional del sistema de proceso de acuerdo con la invención con un tercer acumulador de calor para calor externo,

Fig. 7a a 7d el sistema de proceso de la figura 6 en cuatro estados de funcionamiento distintos, y

Fig. 8 una vista del lado caliente de un sistema de proceso realizado de acuerdo con la figura 6.

La figura 1 muestra un sistema de proceso 1 de acuerdo con la invención, con una unidad de proceso 2 que puede hacerse funcionar entre una temperatura superior y una temperatura inferior, en donde un primer 3 y un segundo acumulador de calor 4 están conectados entre sí en condiciones de funcionamiento mediante una disposición de conductos L para un medio que transporta calor, y en donde la unidad de proceso 2 está dispuesta en una primera sección I de la disposición de conductos entre el primer 3 y el segundo acumulador de calor 4. Por ello cada uno de los acumuladores de calor 3, 4 posee un extremo 3a, 4a dirigido a la unidad de proceso 2 y un extremo 3b, 4b opuesto a este, así como la primera sección I de la disposición de conductos posee las secciones de conducto 5a, 5b, que conectan los acumuladores de calor 3, 4 con la unidad de proceso 2.

En la forma de realización de la invención la unidad de proceso 2 está configurada como reactor de cerio, que es adecuado para las reacciones descritas en la tesis núm. 21864 del ETH. Para ello, en el lado de la entrada a través de un conducto 16a a través de una válvula 11 está conectada con un depósito de CO₂ 8 y a través de una válvula 12 con un depósito de H₂O 9, y en el lado de salida a través de un conducto 16b a través de una válvula 13 y una bomba 14 con un depósito de sintegás 10, en el que se acumula una mezcla de gases principalmente compuesta de CO y H₂ como productos finales.

Adicionalmente puede verse que el primer 3 y el segundo acumulador de calor 4 están conectados en el lado 3b, 4b respectivo, opuesto a la unidad de proceso 2 mediante una segunda sección II de la disposición de conductos L a través de su conducto 6. Mediante las dos secciones I y II de la disposición de conductos L se produce un circuito del medio que transporta calor que fluye en esta, que puede ser por ejemplo argón, que también es adecuado para el transporte de calor a altas temperaturas.

Una disposición de bomba 15 permite mantener la dirección de flujo del medio que transporta el calor en ambas

direcciones del circuito e invertirla si fuera necesario. La disposición de bomba 15 en este caso para mayor claridad está representada con dos bombas 15a y 15b, que pueden conectarse a través de válvulas 15c y 15c al circuito o desacoplarse de este. Naturalmente el experto en el caso concreto puede diseñar la disposición de bomba 15 de acuerdo con las necesidades.

En este punto cabe señalar que en una forma de realización adicional, no representada, la sección de conducto II también puede omitirse. Por ejemplo los acumuladores de calor 3, 4 están abiertos en sus lados 3b, 4b opuestos a la unidad de proceso 2, es decir, están conectados con el entorno, de modo que el medio que transporta el calor puede ser aire ambiente, que fluye a través de los acumuladores de calor 3, 4, la unidad de proceso 2 y con ello a través de la sección de conducto I. El experto en este caso asimismo según el caso concreto (configuración de la unidad de proceso para un proceso industrial discrecional con la temperatura superior y temperatura inferior correspondiente) seleccionará el circuito cerrado representado o una disposición abierta. Finalmente es posible, prever en los lados opuestos de la unidad de proceso 2 en lugar de la sección de conducto II por depósitos para el medio que transporta el calor, de modo que entonces puede utilizarse otro medio como aire ambiente.

Tal como se ha mencionado anteriormente la unidad de proceso 2 está configurada en la forma de realización mostrada en la figura como reactor de cerio, que en este caso se hace funcionar cíclicamente con una temperatura inferior en el intervalo de por ejemplo 1300 °K y una temperatura superior en el intervalo de por ejemplo 1800 °K (también en este caso el experto en el caso concreto puede determinar fácilmente todos los parámetros correspondientes al proceso seleccionado). En correspondencia, el reactor debe calentarse de manera continua y enfriarse de nuevo después. De acuerdo con la invención en el enfriamiento del reactor el calor eliminado de este calor se almacena de manera predeterminada en uno de los acumuladores de calor 3, 4 y se utiliza para el (re)calentamiento siguiente, por consiguiente se recupera. Un rendimiento de 100 % no es posible, con la consecuencia de que al reactor en el calentamiento en un intervalo de temperatura superior hasta la temperatura superior (en este caso 1800 °K) debe alimentarse calor desde el exterior, por ejemplo mediante el sol 7, que ilumina la unidad de proceso 2 (en este caso el reactor de cerio), o también indirectamente a través de un acumulador de calor adicional, para la descarga de los acumuladores de calor no representados en este caso en la figura, que se carga a su vez mediante energía solar (o mediante calor obtenido de otra forma) (véase para ello más adelante, figura 6). Por consiguiente en este caso en la forma de realización mostrada la unidad de proceso 2 está configurada como un reactor solar iluminado por el sol 7, lleno de óxido de cerio (CeO_2).

La figura 2 muestra cualitativamente un diagrama con una curva de temperatura en la unidad de proceso 2 configurada como reactor de cerio (figura 1), cuya temperatura de servicio cambia entre la temperatura inferior T_U (en este caso 1300 °K) y la temperatura superior T_O (en este caso 1800 °K).

En el tiempo t_U , aparte de un proceso inicial, comienza el calentamiento del reactor que se encuentra en la temperatura inferior T_U mediante calor recuperado desde los acumuladores de calor 3, 4 (figura 1). Esto aumenta la temperatura de reactor a T_R (la temperatura que puede alcanzarse mediante la recuperación), que se ha alcanzado en el tiempo t_R . Para el calentamiento adicional a T_O (alcanzado en el tiempo t_O) se necesita calor adicional, que debe alimentarse externamente, como se ha mencionado anteriormente por ejemplo mediante la iluminación del reactor mediante el sol. La curva de temperatura discurre con ello a través de los puntos P_U , P_R y P_O , en donde el rendimiento de la recuperación se da mediante la relación de las superficies por debajo de las secciones de curva P_U a P_R y P_R a P_O .

Durante el calentamiento del reactor de T_U a T_O el cerio se reduce, El O_2 se libera y continuamente se evacua a través de un conducto no representada para la descarga de la figura 1 desde el reactor. Después de alcanzar T_O en todo caso están presentes todavía trazas de O_2 en el reactor, que durante el tiempo de permanencia breve en el intervalo de temperatura superior mediante pérdidas de calor se enfría ligeramente a la temperatura T_K , el comienzo del enfriamiento del reactor. El calor extraído del reactor hasta el final del enfriamiento a la temperatura T_{KE} en el tiempo t_{KE} se acumula en los acumuladores de calor 3, 4. Tan pronto como el reactor haya alcanzado la temperatura T_{KE} , a través del conducto 16 (figura 1) se alimenta O_2 y H_2O (preferentemente) al reactor, en donde mediante reoxidación del cerio se forma el gas de síntesis y a través del conducto 16b (figura 1) se guía hacia el depósito de sintegás. Durante la reoxidación el reactor se sigue enfriando ligeramente a la temperatura T_U , que se ha alcanzado en el tiempo t_{UE} .

Después puede comenzar el ciclo de nuevo. Para los acumuladores de calor 3,4 se cumple a este respecto que su temperatura de servicio T_B , es decir, de la temperatura máxima el calor almacenado en ellos, ascienda entre T_K y T_R , dado que entre el medio que intercambia calor y el reactor o los acumuladores de calor es inevitable una cierta diferencia de temperatura.

De acuerdo con la figura 1 el enfriamiento del reactor se realiza al guiarse medio que transporta calor más frío, por ejemplo, desde el primer acumulador de calor 3 a través de la sección de conducto 5a hacia el reactor (unidad de proceso 2), al calentarse allí y continuar guiándose a través de la sección de conducto 5b hacia el segundo acumulador de calor 4, que se carga por ello, y en una dirección de flujo inversa puede emitirse calor para el calentamiento del reactor, lo que puede desarrollarse de nuevo cíclicamente una y otra vez.

Un rendimiento especialmente favorable de la recuperación puede alcanzarse, cuando de acuerdo con la invención el primer 3 y el segundo acumulador de calor 4 están configurados como acumuladores de calor estratificados, es decir, acumuladores de calor, que pueden hacerse funcionar con una distribución de temperatura definida, para realizar de acuerdo con la invención de manera sencilla un rendimiento especialmente alto y una forma de construcción sencilla, también económica. La figura 3 muestra esquemáticamente una forma de realización preferida de un acumulador de calor 30 estratificado, es decir un acumulador de calor, que en el funcionamiento puede configurar una estratificación térmica con un perfil de temperatura predeterminado, tal como se describe a continuación. El acumulador de calor 30 mostrado en este caso presenta esencialmente un revestimiento extendido longitudinalmente 31, aislante y una carga 32 de producto a granel que almacena calor como, por ejemplo, grava o por ejemplo piedras más finas o más gruesas (o también otros materiales adecuados). En sus extremos desembocan conductos 30a y 30b para un medio que transporta calor, en este caso un gas como aire ambiente o por ejemplo también, en el caso de temperaturas de servicio elevadas, argón. El gas o argón fluye a través de los espacios intermedios existentes en el producto a granel a lo largo a travessando el acumulador de calor 30 y emite así calor al producto a granel o absorbe calor de este, en función de si el acumulador de calor 30 debe cargarse o descargarse con calor.

Adicionalmente la figura 3 muestra diagramas 34, 40, 45 y 50 con según el estado operativo actual distintas distribuciones de temperatura por la longitud del acumulador de calor 30, en donde el intervalo de temperatura va desde una temperatura ambiente T_{UG} hasta una temperatura de servicio T_B . Se representan los estados de funcionamiento en el caso de una dirección de flujo del gas o argón distinta, una vez del conducto 30a al conducto 30b, es decir, hacia la derecha, y después a la inversa del conducto 30b al conducto 30a, es decir, hacia la izquierda, correspondiendo a la dirección de la flecha indicada en los diagramas.

El diagrama 34 muestra la distribución de temperatura del acumulador de calor 30 que se encuentra en primer lugar en la temperatura ambiente T_{UG} durante la carga con calor, para lo que por este circula un gas con una temperatura de servicio T_B hacia la derecha, en la dirección de la flecha.

Pueden verse cuatro curvas de distribución de temperatura 35 a 38 en correspondencia con los tiempos de carga t_1 a t_4 en progresión. Al comienzo de la carga se calienta el producto a granel 32 situado en la entrada del acumulador de calor 30, por lo que el gas pierde temperatura, de modo que las partes siguientes del producto a granel 32 se calientan en menor medida de manera correspondencia y las partes del producto a granel 32 que siguen más tarde debido a la pérdida de temperatura del gas continua en medida aún menor. Con respecto al tiempo t_1 se produce una distribución de temperatura descendente a modo de escalones en la dirección de flujo de acuerdo con la curva 35. Al seguir realizándose la carga de forma continua, surge la distribución de temperatura a modo de escalón de acuerdo con la curva 36 (tiempo t_2), es decir, el escalón gana altura con la el aumento de temperatura del producto a granel 32 en la entrada del acumulador de calor 30, en donde el escalón solo se desplaza poco en la dirección de flujo. Finalmente el producto a granel ha alcanzado en el tiempo t_3 en el lado de la entrada la temperatura de servicio T_B del gas, de modo que en la carga adicional el escalón discurre en la dirección de flujo a través del producto a granel 32, véase la curva 37 respecto al tiempo t_4 . En otras palabras, durante la carga se forma un escalón o rampa de temperatura en el acumulador, que se establece al comienzo de la carga (curvas 35 y 36) y se desplaza después durante la carga adicional en la dirección de flujo (curva 37), hasta que alcanza el otro extremo del acumulador de calor 30 y en cierta manera se desplaza a través de este, de modo que el acumulador de calor 30 totalmente cargado en el tiempo t_4 presenta una distribución de temperatura de acuerdo con la curva 38 al nivel de la temperatura de servicio T_B . Cabe señalar que el gas que entra con la temperatura de servicio T_B abandona el acumulador de calor en la temperatura ambiente T_{UG} inferior hasta que el escalón alcance su salida (en este caso en el conducto 30b).

La figura 3 muestra en el diagrama 40 la distribución de temperatura, cuando en el tiempo t_3 la carga se ha detenido y después el acumulador de calor 30 se descarga, al atravesar en la dirección de flujo inversa un gas a la temperatura ambiente T_{UG} desde el conducto 30b a través del acumulador de calor 30. La carga, como se ha mencionado, se detiene en el tiempo t_3 , la distribución de calor corresponde con ello a la curva 37. En el tiempo t_4 el escalón de temperatura se ha desplazado hacia la izquierda, la distribución de calor corresponde a la curva 41. Cabe señalar que el gas que entra con la temperatura ambiente T_{UG} abandona el acumulador de calor a la temperatura de servicio T_B , hasta que el escalón alcanza su salida (en este caso en el conducto 30a).

La figura 3 muestra en el diagrama 45 la distribución de temperatura en el acumulador de calor 30, cuando en la carga solo parcial (pero todavía en la dirección de flujo hacia la derecha, es decir, del conducto 30a al conducto 30b, véase la dirección de la flecha) la temperatura del gas entrante cae desde T_B , por ejemplo a T_{UG} , en este caso en el tiempo t_2 del diagrama 34, es decir, una vez que se presenta la distribución de temperatura de acuerdo con la curva 37 de diagrama 40.

El producto a granel en el lado de entrada calienta con ello el gas que entra con T_{UG} a la temperatura de servicio T_B y se enfría algo a este respecto, en donde sin embargo el gas calentado ahora en T_B sigue fluyendo hacia la derecha y calienta la zona del producto a granel 32 situada directamente detrás en correspondencia en T_B , pero a este respecto pierde calor, de modo que una zona del producto a granel 32 situada aún más atrás, se calienta sin embargo a una temperatura más baja, etcétera, lo que con respecto al tiempo t_3^* produce una distribución de

temperatura de acuerdo con la curva 46. El gas que sigue entrando con la temperatura T_{UG} enfría adicionalmente el producto a granel 32 en el lado de la entrada, pero absorbe su calor y lo sigue transportando en la dirección de flujo - en el tiempo t_4^* surge la distribución de temperatura de acuerdo con la curva 47 y con el gas que entra continuamente a la temperatura T_{UG} en el tiempo t_5^* surge la distribución de temperatura de acuerdo con la curva 48.

En otras palabras, la distribución de temperatura ya no está configurada como escalón, sino como onda, que discurre en la dirección de flujo a través del acumulador de calor 30. Cabe señalar que en este estado de funcionamiento el gas que entra y sale con la temperatura inferior T_{UG} , mientras que se configura la onda y discurre en la dirección de flujo a través del acumulador de calor 30, con el avance del tiempo, hasta que la onda alcanza la salida en el conducto 30b, en donde solo entonces comienza una descarga del acumulador de calor 30, que dura hasta que la onda ha "atravesado" por completo el conducto 30b.

Cabe destacar que pueden configurarse ondas de la forma más diversa, por ejemplo en función de, cómo varía la temperatura que entra en el acumulador de calor. A continuación para todas las formas de onda posibles se emplea simplemente el término "onda".

La figura 3 muestra en el diagrama 50 la distribución de temperatura en el acumulador de calor 30, cuando en el momento de la distribución de temperatura de acuerdo con la curva 48 (diagrama 40) en el tiempo t_5^* la dirección de flujo se invierte, de modo que el gas después (todavía a la temperatura inferior T_{UG}) fluye ahora del conducto 30b al conducto 30a hacia la izquierda, véase la dirección de la flecha.

Como posición inicial en el momento de la inversión de la dirección de flujo existe, como se ha mencionado, la distribución de temperatura de acuerdo con la curva 48 en el tiempo t_5^* , en donde sin embargo ahora la onda de la dirección de flujo invertida se desplaza en correspondencia hacia la izquierda, hacia el conducto 30a. Sigue un periodo después de la inversión de la dirección de flujo, la distribución de temperatura de acuerdo con la curva 51 en el tiempo t_6^* y después aquella de acuerdo con la curva 52 en el tiempo t_7^* . Cabe señalar que durante la descarga del acumulador de calor 30 mostrada en el diagrama 50 el gas entra a la temperatura ambiente T_{UG} y en primer lugar sale asimismo a la temperatura ambiente T_{UG} , hasta que el flanco de temperatura anterior de la onda haya alcanzado el conducto 30a, en donde entonces, en correspondencia con el flanco ascendente de la onda, la temperatura aumenta hasta la temperatura de servicio T_B y después en correspondencia con el flanco descendente siguiente, disminuye de nuevo, hasta que el acumulador de calor 30 esté completamente descargado.

El acumulador de calor 30 posee en el funcionamiento adecuado, es decir, en el funcionamiento con solo carga parcial también en el caso de un paso continuo a través del gas que transporta calor un lado caliente y un lado frío, véase los diagramas 34 y 40 de la figura 3, en donde el lado frío en este caso permanece esencialmente a la temperatura ambiente T_{UG} , aunque el lado caliente alcance la temperatura de servicio T_B . Esto se cumple asimismo para el funcionamiento con una onda de acuerdo con los diagramas 45 y 50, cuando la onda solo se desplaza hacia el interior del acumulador de calor 30 en tanto que el lado caliente del acumulador de calor todavía no ha descendido a la temperatura inferior (por ejemplo hasta la distribución de calor después de la curva 47 en el diagrama 45).

La figura 4 muestra un sistema de proceso 60 de acuerdo con la invención con dos acumuladores de calor 61, 62 estratificados que están configurados de acuerdo con la figura 3, que contienen un producto a granel 66 que almacena calor. Entre el primer acumulador de calor 61 y el segundo acumulador de calor 62 está dispuesta una unidad de proceso indicada solo con conductos discontinuas, configurada en este caso solo reactor de cerio 63, en donde pueden verse las secciones de conducto 64a y 64b de una primera sección I de la disposición de conductos L (figura 1), que conecta en condiciones de funcionamiento el reactor de cerio 63 con los acumuladores de calor 61, 62. Se representan adicionalmente las aberturas 65a y 65b del conducto 6 de la segunda sección II de la disposición de conductos L no representada para descongestionar la figura (figura 1), que permiten la circulación del medio que transporta el calor (en este caso de nuevo argón), en ambas direcciones de flujo, concretamente hacia la derecha de la abertura 65a hacia la abertura 65b y a la inversa hacia la izquierda desde la abertura 65b a la abertura 65a.

Mediante el funcionamiento del sistema de proceso 60 ahora el reactor de cerio 63 de acuerdo con la figura 2 se lleva a alternancia tanto superior entre una temperatura superior T_O y una temperatura inferior T_U , en donde en los diagramas 70 a 74 se muestra el intercambiador de calor entre el primer 61 y segundo acumulador de calor 62 y el reactor 63, pero para aclarar la interacción entre los acumuladores de calor por el momento sin la alimentación de calor (solar) externa entre la temperatura de recuperación T_R y la temperatura superior T_O (véase el diagrama 20, figura 2) sino partiendo del T_R entre T_O y temperatura de servicio T_B presente de los acumuladores de calor 61, 62. En cuanto a la alimentación de calor externa, véase más adelante, con respecto a las figuras 6 y 7a a 7d.

Los diagramas 70 a 74 muestran curvas de distribución de temperatura 76 a 80 de distintos estados de funcionamiento de la desde el reactor de cerio 63 con el primer 61 y el segundo acumulador de calor 62, en donde las secciones A, B y C indican en cada caso la zona o la longitud en la dirección de flujo del medio que transporta el calor del primer acumulador de calor 61, del reactor de cerio 63 y del segundo acumulador de calor 62.

El diagrama 70 muestra la curva de distribución de temperatura 76 según una primera parte de un proceso inicial del sistema de proceso 60 en el tiempo t_0 . El primer acumulador de calor 61 está cargado con calor de modo que una onda de temperatura W se presenta con una temperatura pico T_B , en donde los flancos de la onda W descienden a

la temperatura ambiente T_{UG} , en este caso por ejemplo 300 °K. El reactor de cerio 63 y el segundo acumulador de calor 62 se encuentran todavía a la temperatura ambiente T_{UG} . Para la segunda parte del proceso inicial el argón a la temperatura ambiente T_{UG} fluye de la abertura 65a hacia la derecha a través del primer acumulador de calor 61, el reactor de cerio 63 y el acumulador de calor 62 hacia la abertura 65b, véase la dirección de la flecha en el diagrama 70, con la consecuencia de que la onda W se mueve en la dirección de flujo hacia la derecha, como se describe con respecto al diagrama 45, figura 3.

El diagrama 71 muestra la curva de distribución de temperatura 77 respecto al tiempo t_{10} , en donde la onda de temperatura W en la dirección de flujo se ha desplazado hacia la derecha en tanto que choca con el flanco precedente con el reactor de cerio 63 y lo atraviesa parcialmente, es decir, el argón ha recorrido el reactor de cerio 63 con una temperatura T_F del flanco ascendente, situada entre T_{UG} y T_B y lo calienta correspondientemente.

Al penetrar la onda de temperatura W desde T_{UG} con temperatura de flanco ascendente T_F en el reactor de cerio 63, lo calienta continuamente, de modo que la diferencia de temperatura de T_F y la del reactor 63 siempre es pequeña. Naturalmente por ello el argón pierde algo de calor, véase el descenso de temperatura de la curva de distribución de temperatura 71 en la sección B, según lo cual el argón sale del reactor de cerio 63 con una temperatura situada por debajo de T_F . El segundo acumulador de calor 62 se calienta finalmente mediante la entrada de argón, de modo que la curva de distribución de temperatura 77 en la sección C presenta un flanco, véase para ello la descripción respecto a la figura 3, en particular diagrama 34, curva 35. Resulta que el calor almacenado en el acumulador de calor 61 se utiliza para el calentamiento del reactor 63, pero también sirve para la carga del acumulador de calor 62.

Resulta adicionalmente que la onda W que recorre el reactor de cerio 63 en cierta manera "no lo ve" (a excepción del descenso de temperatura debido al intercambiador de calor del argón con el reactor 63), pero se parte naturalmente por la longitud del reactor 63 (sección B), tal como muestra la curva de distribución de temperatura 77.

En resumen, el proceso inicial ha finalizado, tan pronto como la distribución de temperatura se corresponde con la curva de distribución de temperatura 77: el reactor 63 se encuentra a T_U , en donde el primer acumulador de calor 61 se ha cargado con una onda W de tal modo que el reactor 63 mediante diese puede llevarse a T_B y enfriarse a continuación de nuevo a T_U . Con otras palabras, el reactor 63 se encuentra en el punto P_U del diagrama 20 de la figura 2.

El diagrama 72 muestra la curva de distribución de temperatura 78 más tarde, con respecto al tiempo t_{11} , en donde la onda W se ha adentrado en el reactor de cerio 63 de tal modo que el argón lo atraviesa con la temperatura superior T_B . El reactor de cerio se ha llevado con ello a una temperatura T_R (figura 2) cerca de la temperatura superior T_O y se encuentra en el punto P_R del diagrama 20, figura 2. De acuerdo con la descripción con respecto a las figuras 1 y 2 el reactor de cerio 63 se lleva después preferentemente mediante el calor de la radiación solar a T_O (es decir, al punto P_O en el diagrama 20), véase para ello la descripción más adelante con respecto a las figuras 6 y 7.

El diagrama 73 muestra la curva de distribución de temperatura 79 respecto al tiempo t_{12} , en donde la onda W entre el tiempo t_{11} y t_{12} se ha seguido desplazándose a través del reactor de cerio 63, de modo que ahora recorre su flanco siguiente, descendente y la cresta de la onda W se ha adentrado en el segundo acumulador de calor 62. Mientras el flanco siguiente atraviesa la onda W, el reactor de cerio 63 emite continuamente calor al argón, dado que este, de acuerdo con el flanco en descenso, a pesar de la pérdida de calor continua del reactor 63 siempre es más fresco que el reactor de cerio que pierde calor con retardo con respecto a este.

De nuevo la diferencia de la temperatura actual del argón y del reactor 63 es pequeña. En el tiempo t_{12} el reactor 63 se encuentra en el punto P_{KE} del diagrama 20, figura 2. Para la reoxidación del cerio, y el enfriamiento del reactor 63 a T_U (punto P_U asociado a esta en el diagrama 20, figura 2) el flujo del argón puede detenerse.

Después la conmutación de la dirección de flujo se realiza hacia la izquierda en la dirección de la flecha inferior, es decir, del conducto 65b al conducto 65a, por lo que la onda W se mueve hacia la izquierda y calienta de nuevo el reactor 63 en el paso a través del flanco previo, ascendente y a continuación lo enfría a través del flanco subsiguiente, descendente.

El diagrama 74 muestra la curva de distribución de temperatura 80 respecto al tiempo t_{14} , en donde la onda W se ha desplazado a través del reactor de cerio 63 en tanto que este después del calentamiento a T_R (y mediante calor externo a T_O , véase diagrama 20, figura 2) se enfría de nuevo a T_{KE} y el calor correspondiente está almacenado en el acumulador de calor 61.

En resumen, después de un proceso inicial de acuerdo con diagrama 70 el sistema de proceso 60 presenta una distribución de temperatura según el diagrama 71, la onda W se envía entonces en una dirección de flujo (en este caso: hacia la derecha) a través del reactor 63, de modo que se presenta la distribución de temperatura de acuerdo con el diagrama 73, y desde allí la onda W se envía de vuelta en la otra dirección de flujo (en este caso: hacia la izquierda) a través del reactor de cerio 63, hasta que se presenta la distribución de temperatura de acuerdo con diagrama 74, que forma el punto de inicio para un nuevo ciclo, es decir, de nuevo en una dirección de flujo hacia el

estado según el diagrama 73 y después de vuelta en la otra dirección de flujo hacia el estado según el diagrama 74, etcétera, hasta que el proceso funciona. Partiendo del centro del reactor 73 la onda W se mueve en posiciones finales situadas simétricamente en los acumuladores de calor 61 y 62. Después del proceso inicial, la onda W se extiende por la longitud L_{SYM} desde el reactor de cerio 63 hacia el interior de ambos acumuladores de calor 61,62 o secciones A y C, véase diagrama 74 en conexión con diagrama 73. Esto significa que durante el funcionamiento ambos acumuladores de calor en sus secciones externas, situadas en las aberturas 65a y 65b siempre permanecen a la temperatura ambiente T_{UG} y con ello fríos, mientras que en el interior del sistema de proceso tiene lugar un intercambiador de calor cíclico entre el reactor 63 y los acumuladores de calor 61,62 mediante la onda W que oscila en alternancia continuamente de acuerdo con los diagramas 73,74.

La figura 5 muestra una forma de realización adicional de la invención, en el que el proceso no se realiza simétricamente (figura 4), sino asimétricamente, al detenerse la onda W que recorre el reactor 63 hacia la derecha ya en la distribución de temperatura de acuerdo con el diagrama 72 (figura 4). Para la explicación la figura 5 muestra tal secuencia con los diagramas 85 a 87 que se corresponden con los diagramas 71, 72 y 74 de la figura 4, es decir, sus curvas de distribución de temperatura 88 a 90 (en los tiempos t_{20} a t_{23}) son iguales a las curvas de distribución de temperatura 77,78 y 80. Sin embargo, como se ha mencionado, ha variado el momento de la conmutación de la dirección de flujo, que realiza si de acuerdo con diagrama 86 la distribución de temperatura se presenta después de la curva 89.

Con ello el calentamiento del reactor 63 se realiza partiendo del estado de acuerdo con el diagrama 85 hasta el del diagrama 86 y el enfriamiento después de la conmutación del flujo partiendo del estado de acuerdo con diagrama 86 hasta el del diagrama 87, por lo que el ciclo comienza de nuevo. En correspondencia la onda W que oscila en alternancia penetra con menos distancia en el segundo acumulador de calor 62, de lo que es el caso en el primer acumulador de calor 61, con lo que sus posiciones finales ya no se sitúan simétricamente, sino asimétricamente. Las longitudes correspondientes L_{ASYM} están trazadas en el diagrama 87 en conexión con el diagrama 86. La consecuencia es que el segundo acumulador de calor 62 puede configurarse ventajosamente más corto, de lo que es el caso en la forma de realización de acuerdo con figura 4, mientras que naturalmente los dos extremos exteriores de los acumuladores de calor 61,62 en las aberturas 65a y 65b siempre permanecen en la temperatura ambiente T_{UG} y con ello permanecen fríos.

Las pérdidas de calor en el intercambio de calor descrito mediante las figuras 4 y 5 son pequeñas, el rendimiento de la recuperación de calor alcanzada de este modo es alto. Adicionalmente el experto en conexión con la descripción con respecto a la figura 2 puede fijar sin problema los tiempos de conexión del flujo para el caso concreto en cuanto a un proceso discrecional con temperatura que cambia por ciclos. En particular el experto puede determinar mediante la pendiente de los flancos de la onda W y su velocidad a través del reactor 63 la diferencia de temperatura, a la que el reactor está sometido en el calentamiento o enfriamiento, lo que a la inversa también permite, diseñarlo solo para pequeñas diferencias de temperatura de manera predeterminada.

En la forma de realización descrita en las figuras 4 y 5 del sistema de proceso 60, para resumir el primer 61 y el segundo acumulador de calor 62 poseen una carga de producto a granel 66 que almacena calor, en donde preferentemente el medio que transporta el calor es un gas, de manera especialmente preferente argón. Adicionalmente los acumuladores de calor 61 y 62 en su lado opuesto al reactor 63 (en las aberturas 65a y 65b) en el funcionamiento siempre funcionan a la temperatura ambiente T_{UG} , mientras que sus lados dirigidos al reactor 63 en las secciones de conducto 64a y 64b (después del proceso inicial) siempre a temperaturas elevadas entre T_U y T_B , de la temperatura pico de la onda W (que oscila en alternancia).

En correspondencia el primer acumulador de calor (61) y el segundo acumulador de calor (62) en el funcionamiento presentan en cada caso un lado frío, en donde preferentemente está prevista una segunda sección (II) de la disposición de conductos (L), que conecta estos lados fríos entre sí. Los lados fríos pueden estar conectados también omitiendo la segunda sección II con el entorno o también con otros sistemas, tal como es el caso en una forma de realización descrita con respecto a la figura 1. En este punto cabe añadir que en el funcionamiento real los lados fríos pueden calentarse ligeramente a lo largo del tiempo. El experto puede prever entonces para el caso concreto una unidad de enfriamiento para el medio que transporta el calor en la segunda sección II de la disposición de conductos L, si esto fuera necesario, o también diseñar el sistema de proceso de modo que puede enfriarlo en las interrupciones (por la noche) que aparecen en el funcionamiento solar.

En las figuras 4 y 5 puede verse además que los acumuladores de calor 61,62 están conectados entre sí a través de los conductos 64a y 64b (sección I de la disposición de conductos L), mientras que de acuerdo con la figura 1 pueden preverse todos los elementos de conmutación necesarios para el funcionamiento del sistema de proceso como por ejemplo la disposición de bomba 15 en la segunda sección II de la disposición de conductos L - con la ventaja de que los elementos de conmutación están dispuestos en el lado frío, para que puedan diseñarse libremente de temperaturas elevadas, y de manera constructivamente sencilla en correspondencia. En el lado caliente, que en función de la aplicación puede situarse a temperaturas por encima de 1300 °K o 2300 °K o más, son suficientes tuberías sencillas como p.ej. tubos de cerámica. La consecuencia es que preferentemente en la segunda sección de la disposición de conductos están dispuestos elementos de conmutación para el funcionamiento de la primera y de la segunda sección de la disposición de conductos. De manera especialmente preferente, a este

respecto la primera sección de conducto está libre de elementos de conmutación para el funcionamiento del sistema de proceso. Los acumuladores de calor 60, 61 deben configurarse con una longitud mínima, para que su lado frío en el funcionamiento no sobrepase la temperatura ambiente T_{UG} . Esta longitud mínima está representada gráficamente en las figuras 4 y 5 a través de cada acumulador de calor 60,61 a través de una longitud L_{SYM} o L_{ASYM} asociada a este - se trata de aquellos tramos en las secciones A y C, que necesita la onda W, para desplazarse de un lado a otro. Las longitudes L_{SYM} y L_{ASYM} del acumulador de calor 61 en las formas de realización de acuerdo con las figuras 4 y 5 son de la misma magnitud, mientras que las longitudes L_{ASYM} del acumulador de calor 62 en la figura 5 debido a la onda W que penetra a menos distancia en el acumulador de calor 62 es menor que L_{SYM} del acumulador de calor 62 en la figura 4.

Resulta que el experto puede medir la longitud de los acumuladores de calor en la forma de realización de acuerdo con la figura 4 al mínimo L_{SYM} , y en una forma de realización de acuerdo con la figura 5 la longitud de uno de los acumuladores de calor (en este caso del segundo acumulador de calor 62) puede acortarse de nuevo a L_{ASYM} , lo que permite una fabricación más favorable.

En este punto cabe destacar también que el lado frío de los acumuladores de calor para la mayoría de las aplicaciones se sitúa a temperatura ambiente T_{UG} . Según el caso concreto puede indicarse sin embargo que los lados fríos, es decir, los lados de los acumuladores de calor opuestos a la unidad de proceso en el funcionamiento están situados a una temperatura más alta, por ejemplo a 400 °K o incluso más - cuando, por ejemplo el fluido que transporta calor todavía circula en otros sistemas conectados al sistema de proceso, o a su vez intercambia calor con otros sistemas otros sistemas. Sin embargo, en el presente caso se emplea la expresión "lado frío" para diferenciarlo del lado caliente de los acumuladores de calor. El experto puede prever para el funcionamiento con un lado frío, situado por encima de la temperatura ambiente T_{UG} , un proceso inicial concebido específicamente - el principio de trabajo descrito en las figuras 3 a 5, de acuerdo con la invención no varía.

De la descripción anterior relativa a las 1 a 5 y también según las formas de realización descritas en las figuras 6 a 8 resulta adicionalmente un procedimiento para el calentamiento y enfriamiento cíclicos de una unidad de proceso 2, que puede hacerse funcionar entre una temperatura superior y una inferior, caracterizado por que la unidad de proceso está conectada en condiciones de funcionamiento entre un primer 3 y un segundo acumulador de calor 4,

- en donde el primer 3 y el segundo acumulador de calor 4 en un estado cargado emiten calor en el intervalo de la temperatura superior y la temperatura durante una descarga tiende a la temperatura inferior,
- en donde el primer 3 y el segundo 4 acumulador de calor durante una carga pueden cargarse primero con calor en el intervalo de la temperatura inferior y después en el intervalo de la temperatura superior, y
- en donde mediante un cambio cíclico de la dirección de flujo de un medio que transporta calor que fluye a través del primer 3 y el segundo acumulador de calor 3 - y con ello mediante la unidad de proceso 2 - esta unidad de proceso 2 en el cambio alterna entre la temperatura superior y la temperatura inferior.

A este respecto preferentemente se conserva una dirección de flujo antes de la inversión cíclica, hasta que la unidad de proceso 2 se calienta desde la temperatura inferior a una temperatura de recuperación y a continuación se enfría de nuevo a la temperatura inferior (véase la forma de realización de acuerdo con figura 4).

De manera adicionalmente preferente los acumuladores de calor se hacen funcionar con una estratificación térmica ondulada, que configura una onda W. De manera especialmente preferente el cambio de la dirección de flujo se sincroniza de tal modo que la onda, continuamente en el funcionamiento simétrico entra y sale de nuevo oscilando de un lado a otro hacia ambos acumuladores de calor a la misma distancia. Alternativamente también el cambio de la dirección de flujo puede sincronizarse de tal modo que la onda entra y sale de nuevo continuamente en el funcionamiento asimétrico oscilando de un lado a otro hacia uno de los acumuladores de calor a menos distancia que en los otros acumuladores de calor, preferentemente hasta su pico de temperatura.

Las ventajas que pueden alcanzarse de acuerdo con la invención con un lado frío (y caliente) de los acumuladores de calor se realizan en particular, cuando preferentemente en el funcionamiento la onda W alcanza solo parcialmente los lados de los acumuladores de calor opuestos a la unidad de proceso, de tal modo que estos lados permanecen por debajo de una temperatura predeterminada, aunque preferentemente no se alcanza, de tal modo que estos lados permanecen fríos.

Finalmente el experto puede adaptar también el flujo a la unidad de proceso de tal modo que una diferencia de temperatura actual entre el medio que transporta calor que la atraviesa y la unidad de proceso no supere un valor predeterminado.

En todas las formas de realización mostradas la unidad de proceso puede estar configurada como reactor solar iluminado directa o indirectamente.

La figura 6 muestra un esquema de un sistema de proceso 100, en el que el calor externo, en este caso energía solar, se introduce entre los puntos P_R y P_O en el diagrama 20 de la figura 2 indirectamente, es decir, sin iluminación directa de la unidad de proceso 2 (figura 1) mediante el sol.

Se representa de nuevo una unidad de proceso configurada de nuevo como reactor de cerio 63, en la que los conductos necesarias para el transporte del medio que transporta calor y todos los reactantes desembocan en condiciones de funcionamiento. Puede verse conductos 101a y 101b de una primera sección I de una disposición de conductos L, así como una segunda sección II de la disposición de conductos L con una disposición de bomba 103 con bombas 103a y 103b, que están provistas respectivamente con una válvula antirretorno, así como un depósito 104 para el medio que transporta el calor, en este caso de nuevo argón. Asimismo pueden verse el depósito de CO₂ 8, el depósito H₂O 9 y el depósito de sintegás 10 (véase para ello la descripción con respecto a la figura 1). Un primer acumulador de calor 61 y un segundo acumulador de calor 62 están configurados en correspondencia con la forma de realización mostrada en la figura 4. En tanto que y aparte de la iluminación directa del reactor 63 mediante el sol 7 (figura 1) el sistema de proceso 100 se corresponde con el de la figura 1.

A esto se añaden ahora sin embargo también un tercer acumulador de calor 110 y un receptor solar 111 para rayos de sol 111a, que pueden conectarse ambos en el circuito para el medio que transporta el calor, en donde el receptor 111 y el acumulador de calor 110 están configurados, generar o almacenar calor con al menos la temperatura superior T_O . Preferentemente el tercer acumulador de calor 110 está configurado como acumulador de calor estratificado de acuerdo con la figura 3 y se carga y descarga en correspondencia con el diagrama 40 de la figura 3. En la segunda sección de la disposición de conductos L está conectado a través de los conductos 115a y 115b (allí a través de la bomba 103c) con el depósito de argón 104, y a través del conducto 115c con una afluencia configurada como conducto 116 al reactor 63. El receptor solar 111 puede conectarse a su vez a través del conducto 117a (a través de la bomba 103d) con el depósito de argón 104 y a través del conducto 117b opcionalmente con por un lado el conducto 116 y por otro lado con el conducto 115c, de modo que el medio que transporta calor calentado por él (en este caso: argón) puede transportarse o directamente al reactor 63 o al tercer acumulador de calor 110, accionado mediante la bomba 103d en el conducto 117a. Las válvulas 118a a 118c con los conductos 101c a 101 f y junto con las válvulas antirretorno asociadas a las bombas 103a a 103d determinan el flujo y el recorrido del medio que transporta el calor en el sistema de proceso 100.

Cabe destacar que el conducto dibujada en la figura, con conducto discontinua en el sistema de proceso 100 forma el límite entre su lado caliente, que incluye el reactor 63, y su lado frío, en el que todos los elementos de conmutación están dispuestos como válvulas y la disposición de bomba 103. A este respecto se aclara de nuevo la disposición ventajosa de acuerdo con la invención, que permite disponer todos los elementos de conmutación de manera sencilla y económica en la zona fría (preferentemente temperatura ambiente T_{UG}), mientras que en la zona caliente, a temperaturas entre T_R y T_O , que pueden superar 1300 °K o 2300 °K, solo deben preverse tuberías para el medio que transporta el calor y sustancias generadas o que reaccionan en el reactor, que asimismo de manera sencilla y económica pueden componerse por ejemplo de cerámica.

el conducto 117b forma una tercera sección III y el conducto 115c una cuarta sección IV de la disposición de conductos L.

Con ello resulta que, de acuerdo con la forma de realización mostrada en la primera sección I de la disposición de conductos L en la dirección de flujo, delante de la unidad de proceso está dispuesta una afluencia 116 para el medio que transporta el calor en el intervalo de la temperatura superior, adicionalmente está previsto preferentemente un receptor solar para el calentamiento del medio que transporta el calor, en donde una tercera sección de la disposición de conductos conecta el receptor solar con la afluencia, y finalmente de manera especialmente preferente está previsto un tercer acumulador de calor, al que conecta una cuarta sección de la disposición de conductos con la afluencia, en donde puede almacenarse calor desde el receptor solar en este tercer acumulador de calor.

La forma de realización de acuerdo con la figura 6 muestra que para un sistema de proceso discrecional, con funcionamiento solar el receptor puede disponerse alejado de la unidad de proceso (por ejemplo un reactor para reacciones químicas u otra unidad para el uso de calor), o en conexión directa a una unidad de proceso del sistema de proceso o indirectamente a través de un acumulador de calor asociado al receptor.

Las figuras 7a a 7d muestran, cómo el sistema de proceso 100 puede conmutarse para las distintas fases de funcionamiento, mostradas en la figura 2 del reactor 63 (y también para las etapas de procedimiento anteriormente descritas), en donde entonces los acumuladores de calor 61 y 62 preferentemente se hacen funcionar de acuerdo con las figuras 4 y 5.

La figura 7a muestra un estado de conmutación del sistema de proceso 100 en el periodo t_O a t_K o en el periodo t_{KE} a t_{UE} (véase figura 2, diagrama 20, con los puntos P_O a P_K y P_{KE} a P_{UE}), en los que la reducción del cerio ha finalizado o tiene lugar la reoxidación y con ello en este caso no se presenta ningún flujo del medio que transporta el calor mediante el reactor 63. En estos periodos t_R a t_O o en el periodo t_{KE} a t_{UE} puede almacenarse calor desde el receptor solar 111 mediante el medio que transporta el calor (en este caso: argón) en el tercer acumulador de calor 110. Para ello la bomba 103d impulsa el argón procedente del depósito 104 a través del receptor 111, donde se carga con calor, después a través de los conductos 117b y 115c en el acumulador de calor 110, que se carga por ello con calor, y finalmente, se enfría a temperatura ambiente t_{UG} , de nuevo hacia el depósito 104. Los conductos activas así

están destacadas en negrita en la figura.

La figura 7b muestra un estado de conmutación del sistema de proceso 100 para un flujo que en las formas de realización de las figuras 4 y 5 discurre hacia la derecha, es decir, por ejemplo en el periodo t_U a t_R o entre los puntos P_U a P_R (véase Fig. 2), en el que el reactor 63 se calienta mediante calor recuperado, es decir, almacenado en el primer acumulador de calor 61. Al comienzo en los acumuladores de calor 61,62 la distribución de temperatura se presenta de acuerdo con diagrama 71 de la figura 4 o también diagrama 85 de la figura 5, en función de la forma de realización, de acuerdo con la cual se hace funcionar el sistema de proceso. Para ello la bomba 103b impulsa argón procedente del depósito 104 mediante el receptor a través del primer acumulador de calor 61, donde se carga con calor, después a través del conducto 101b hacia el reactor 63 y desde este a través del conducto 101a hacia el segundo acumulador de calor 62, que se carga por ello con calor, y finalmente, se enfría a temperatura ambiente t_{UG} , de nuevo hacia el depósito 104. Los conductos activos así están destacadas en negrita en la figura.

Sin embargo este estado de conmutación se presenta también, cuando en el periodo t_K a t_{KE} o entre los puntos P_K a P_{KE} (véase Fig. 2) el reactor 63 que va a enfriarse se extrae calor y se almacena para la recuperación en el acumulador de calor 62, tal como se representa en el diagrama 73 de la figura 4. Después fluye el argón que cae desde el acumulador de calor 61 a su temperatura a través del reactor 63, donde absorbe su calor y lo almacena en el acumulador de calor 62.

La figura 7c muestra un estado de conmutación del sistema de proceso 100 en el periodo t_R a t_O o entre los puntos P_R a P_O (véase Fig. 2), en el que el reactor 63 mediante el calor almacenado en el tercer acumulador de calor 110, (en este caso desde el receptor 111) se lleva a la temperatura superior T_O . Como ya se ha mencionado antes, el acumulador de calor 110 puede cargarse también mediante otras formas de energía como energía solar - también en lugar del receptor 111 otra fuente de energía diferente al sol podría introducir calor en el sistema de proceso 100.

Para ello la bomba 103c impulsa el argón procedente del depósito 104 a través del acumulador de calor 110, donde se carga con calor, después a través de los conductos 115c y 116 en el reactor 63 y desde este a través del conducto 101a hacia el acumulador de calor 62, que se carga por ello con calor por encima de T_R , y finalmente, se enfría a temperatura ambiente t_{UG} , de nuevo hacia el depósito 104. Los conductos activos así están destacadas en negrita en la figura.

Como alternativa también la bomba 103d puede conectarse adicionalmente, de modo que el fluido que transporta calor calentado al mismo tiempo mediante el receptor 111 y el tercer acumulador de calor 110 fluye a través del conducto 116 in el reactor. Asimismo puede activarse también solo la bomba 103d, pero no la bomba 103c, de modo que el estado de conmutación del sistema de proceso 100 se corresponde con el de la figura 1 con la iluminación directa del reactor mediante el sol.

Cabe destacar que en el diagrama 73 de la figura 4 o en el diagrama 86 de la figura 5 está representada la temperatura pico de la onda durante esta carga con calor por encima de T_R , dado que en estos diagramas el desplazamiento de la onda W se trata como resultado del establecimiento del sistema de proceso 60 allí mostrado. En un estado de conmutación de acuerdo con la figura 7c de un sistema de proceso de acuerdo con la invención se aumenta sin embargo el rendimiento de nuevo mediante el calor externo recuperado de este modo. Cabe señalar también que esto puede evitar la caída reducida, constante de la temperatura pico de la onda móvil en los diagramas 45 y 50 de la figura 3, de modo que las temperaturas T_R y T_O pueden permanecer constantes a lo largo de un periodo de funcionamiento de duración discrecional. El experto puede diseñar en el caso concreto el sistema de proceso 100 de manera sencilla en correspondencia.

La figura 7d muestra un estado de conmutación del sistema de proceso 100 para un flujo que en las formas de realización de las figuras 4 y 5 discurre hacia la izquierda, es decir, por ejemplo para una onda W de retorno de acuerdo con el diagrama 73 de la figura 4 en el periodo de t_U a t_R o entre los puntos P_U a P_R (véase la figura 2), en el que el reactor 63 se calienta mediante calor recuperado, es decir, a diferencia de la figura 7b almacenado no en el primer acumulador de calor 61, sino en el segundo acumulador de calor 62. La onda W de retorno provoca sin embargo también el enfriamiento del reactor 63 en el periodo t_K a t_{KE} o entre los puntos P_K a P_{KE} (véase figura 2), en donde se extrae calor del reactor 63 que va a enfriarse y para la recuperación ahora se almacena en el acumulador de calor 61.

Para ello la bomba 103a impulsa el argón procedente del depósito 104 a través del acumulador de calor 62, después a través del conducto 101a en el reactor 63 y desde este a través del conducto 101b hacia el segundo acumulador de calor 61, y finalmente, se enfría a temperatura ambiente t_{UG} , de nuevo hacia el depósito 104. Los conductos activos así están destacadas en negrita en la figura.

La figura 8a muestra una vista del lado caliente de un sistema de proceso 100 realizado de acuerdo con el esquema de la figura 6. Se representa una envoltura 120 para los elementos del lado caliente, así como una brida de unión 121 para la fijación de la envoltura 120 en el lugar de empleo del reactor 63.

En la figura se han omitido la segunda sección II de la disposición de conductos L así como los depósitos 8 a 10

5 para CO₂, H₂O y el depósito de sintegás 10, en el que se acumula la mezcla de gases principalmente compuesta de CO y H₂ como productos finales. Todos estos componentes pueden concebirse fácilmente y posicionarse por el experto en el caso concreto, dado que estos deben diseñarse solo para el intervalo de la temperatura ambiente T_{UG} (o de acuerdo con el caso concreto también otra temperatura, comparativamente baja), y, como se ha mencionado, se puede prescindir de elementos de conmutación de alta temperatura comparativamente costosos o bombas de alta temperatura en la zona caliente de la disposición de conductos L.

10 En la envoltura 2 pueden verse del primer al tercer acumulador de calor 61, 62 y 110, el reactor 63 y el receptor 111, que está dispuesto detrás de una sección 122 prevista en la envoltura 120 transparente para los rayos del sol. Puede verse además el conducto que conduce al receptor 111 para medio frío que transporta calor 117a, los conductos 117b y 116 que conducen desde el receptor 111 hacia el reactor 63, así como los conductos 101a y 101b de la primera sección I de la disposición de conductos L. Algo oculta detrás del acumulador de calor 110 se encuentra el conducto 119 desde el reactor 63 hacia el depósito 10 para sintegás no visible en este caso (figura 6).

REIVINDICACIONES

1. Sistema de proceso con una unidad de proceso (1, 60, 100) que puede hacerse funcionar entre una temperatura superior (T_o) y una inferior (T_u), que presenta un reactor, que está configurada para un proceso con una etapa de proceso a una temperatura superior y para otra etapa de proceso a una temperatura inferior, y con un primer acumulador de calor (3,61) y con un segundo acumulador de calor (4,62), en donde al reactor durante el calentamiento en un intervalo de temperatura superior hasta la temperatura superior se le suministra calor desde el exterior, en donde el primer acumulador de calor (3,61) y el segundo acumulador de calor (4,62) están conectados entre sí en condiciones de funcionamiento mediante una disposición de conductos (L) para un medio que transporta calor, en donde la unidad de proceso (1,60,100) está dispuesta en una primera sección (I) de la disposición de conductos (L) entre el primer (3,61) y el segundo acumulador de calor (4,62), **caracterizado por que** el primer acumulador de calor (61) y el segundo acumulador de calor (62) están configurados como acumuladores de calor estratificados, en donde el primer acumulador de calor (61) y el segundo acumulador de calor (62) están conectados en el lado respectivo, orientado en sentido contrario a la unidad de proceso (60,100), mediante una segunda sección (II) de la disposición de conductos (L).
2. Sistema de proceso según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el primer acumulador de calor (61) y el segundo acumulador de calor (62) presentan una carga de producto a granel (66) que almacena calor y preferentemente el medio que transporta calor es un gas, de manera especialmente preferente argón.
3. Sistema de proceso según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el primer acumulador de calor (61) y el segundo acumulador de calor (62) en el funcionamiento presentan cada uno de ellos un lado frío y por que preferentemente está prevista una segunda sección (II) de la disposición de conductos (L), que conecta estos lados fríos entre sí.
4. Sistema de proceso según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** en la segunda sección (II) de la disposición de conductos (L) está dispuesta una unidad de enfriamiento para el medio que transporta calor.
5. Sistema de proceso según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** en la segunda sección (II) de la disposición de conductos (L) están dispuestos elementos de conmutación para el funcionamiento de la primera (I) y de la segunda sección (II) de la disposición de conductos (L), preferentemente para toda la unidad de proceso (1, 60, 100).
6. Sistema de proceso según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la primera sección de conducto (I) está libre de elementos de conmutación para el funcionamiento del sistema de proceso.
7. Sistema de proceso según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** la unidad de proceso (2) está configurada como un reactor solar iluminado por el sol.
8. Sistema de proceso según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** en la primera sección I de la disposición de conductos (L) en dirección de flujo delante de la unidad de proceso (60, 100) está dispuesta una afluencia para el medio que transporta el calor en el intervalo de la temperatura superior (T_o).
9. Sistema de proceso según la reivindicación 8, **caracterizado por que** está previsto un receptor solar (111) para el calentamiento del medio que transporta el calor, en donde una tercera sección (III) de la disposición de conductos (L) une el receptor solar (111) a la afluencia.
10. Sistema de proceso según la reivindicación 9, **caracterizado por que** está previsto un tercer acumulador de calor (110), en el que una cuarta sección (IV) de la disposición de conductos (L) se une a la afluencia, de tal modo que puede almacenarse calor desde el receptor solar (111) en este tercer acumulador de calor (110).
11. Procedimiento para el calentamiento y el enfriamiento cíclicos de una unidad de proceso (2,63) según la reivindicación 1, que puede hacerse funcionar entre una temperatura superior y una inferior, **caracterizado por que** la unidad de proceso (2,63) está conectada en condiciones de funcionamiento entre un primer (3) y un segundo acumulador de calor (4),
 - en donde el primer acumulador de calor (3) y el segundo acumulador de calor (4) en un estado cargado emiten calor en el intervalo de la temperatura superior y la temperatura durante una descarga tiende hacia la temperatura inferior,
 - en donde el primer acumulador de calor (3) y el segundo acumulador de calor (4) pueden cargarse durante una carga en primer lugar con calor en el intervalo de la temperatura inferior y después en el intervalo de la temperatura superior, y
 - en donde mediante un cambio cíclico de la dirección de flujo de un medio que transporta calor que fluye a través del primer acumulador de calor (3) y el segundo acumulador de calor (4) - y con ello a través de la unidad de proceso (2) - esta unidad de proceso (2) puede alternarse en el cambio entre la temperatura superior y la temperatura inferior.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en donde se mantiene una dirección de flujo antes de la inversión cíclica, hasta que la unidad de proceso (2) se calienta desde la temperatura inferior a una temperatura de recuperación y a continuación se enfría de nuevo a la temperatura inferior.
- 5 13. Procedimiento según la reivindicación 11, en donde los acumuladores de calor (3,61,4,62) se hacen funcionar con una estratificación térmica ondulada, que configura una onda W.
- 10 14. Procedimiento según la reivindicación 13, en donde el cambio de la dirección de flujo se sincroniza de tal modo que la onda entra y sale continuamente en el funcionamiento simétrico oscilando de un lado a otro hacia ambos acumuladores de calor (3,61,4,62) a la misma distancia.
- 15 15. Procedimiento según la reivindicación 13, en donde el cambio de la dirección de flujo se sincroniza de tal modo que la onda entra y sale continuamente en el funcionamiento asimétrico oscilando de un lado a otro hacia uno de los acumuladores de calor a menos distancia que en los otros acumuladores de calor, preferentemente hasta su pico de temperatura.
- 20 16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 15, en donde en el funcionamiento la onda W no alcanza los lados de los acumuladores de calor orientados en sentido contrario a la unidad de proceso, de tal modo que estos lados permanecen fríos.
- 25 17. Procedimiento según la reivindicación 12, en donde el flujo se adapta a la unidad de proceso de tal modo que una diferencia de temperatura actual entre el medio que transporta calor que la recorre y la unidad de proceso no supera un valor predeterminado.
18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado por que** la unidad de proceso está configurada como reactor solar iluminado directamente.

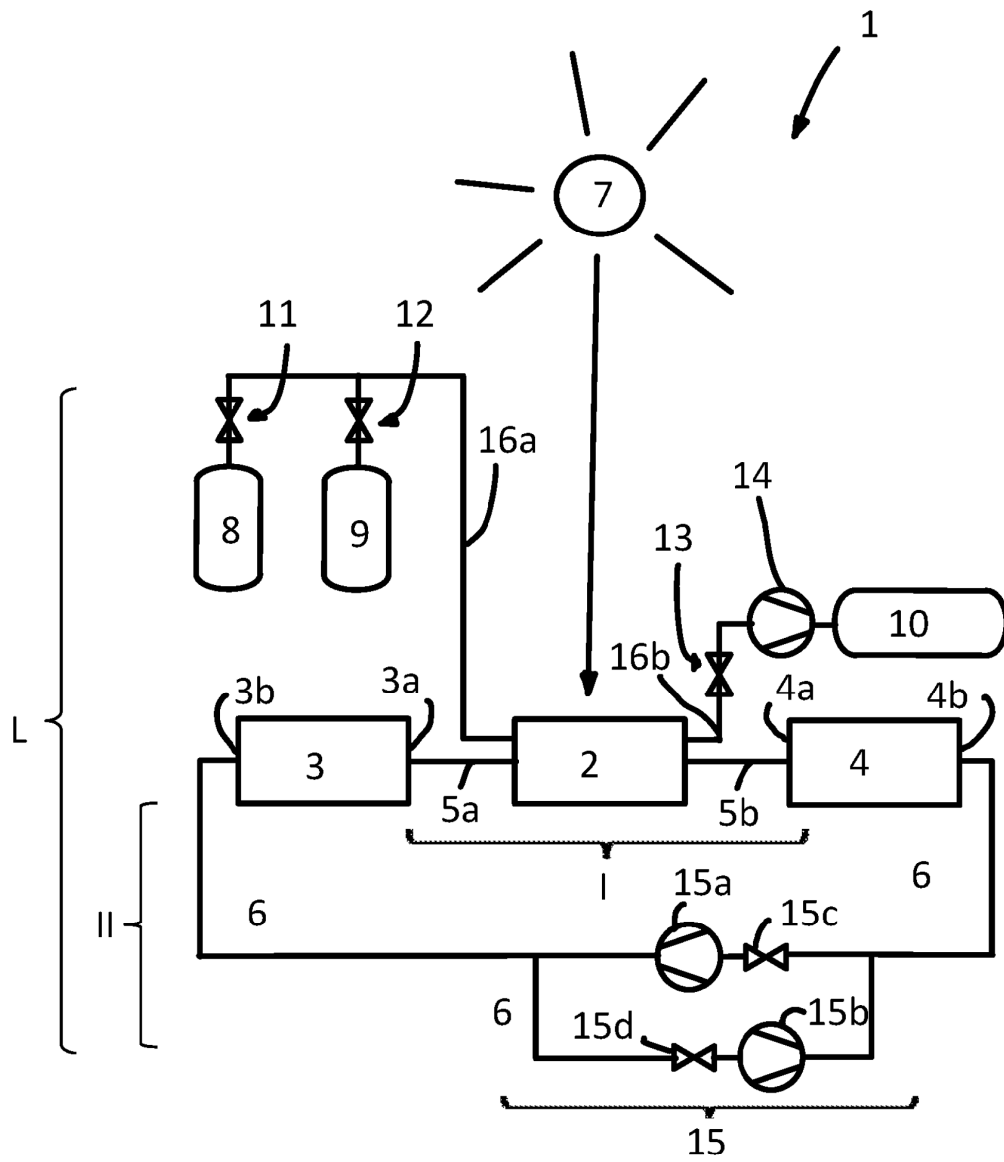


Fig. 1

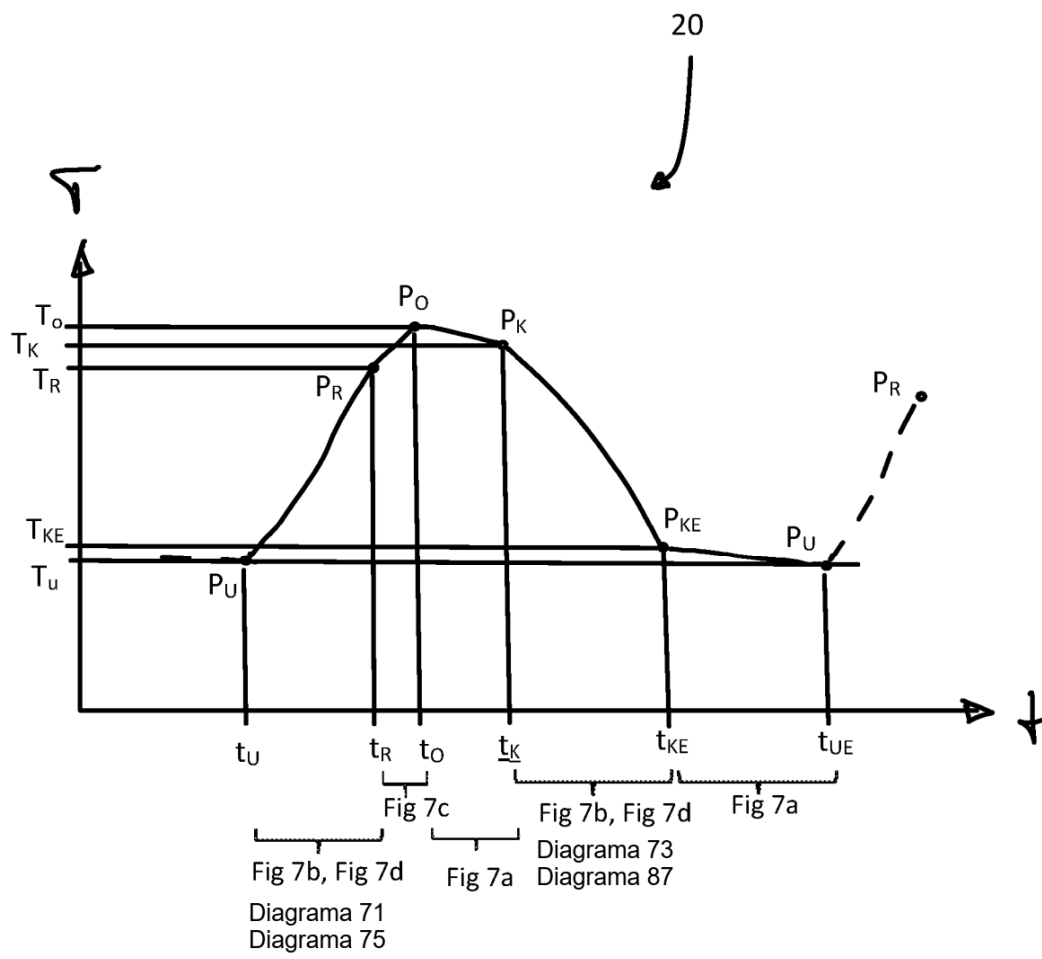


Fig. 2

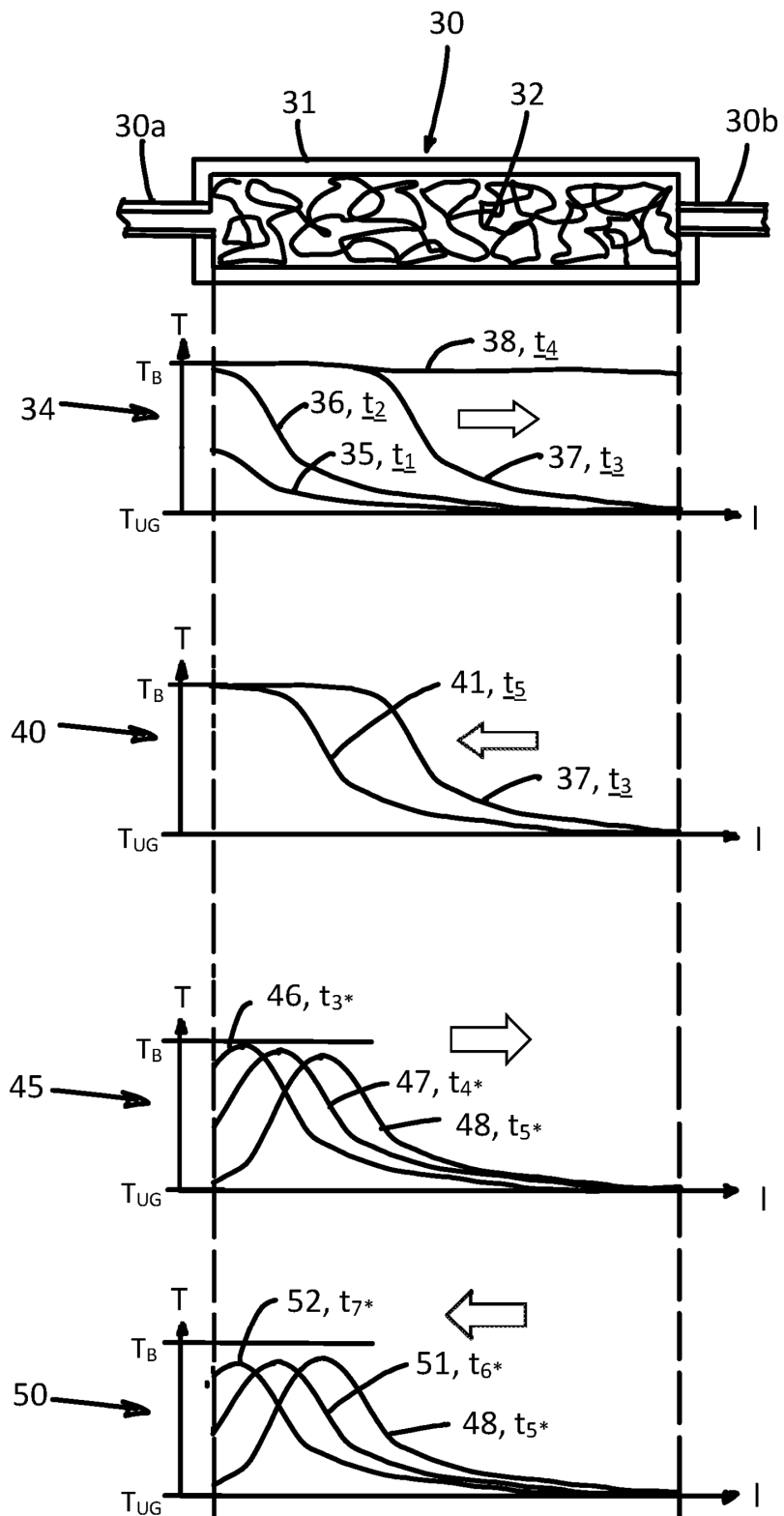


Fig. 3

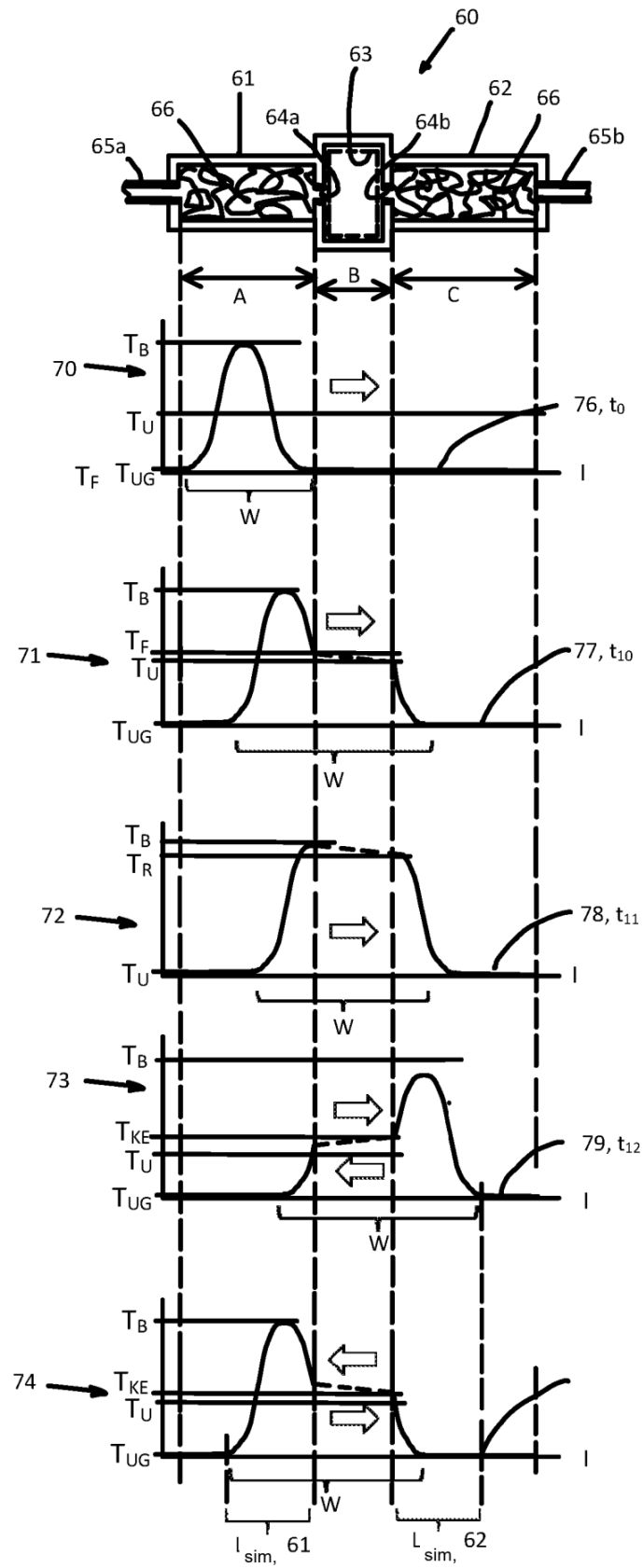


Fig. 4

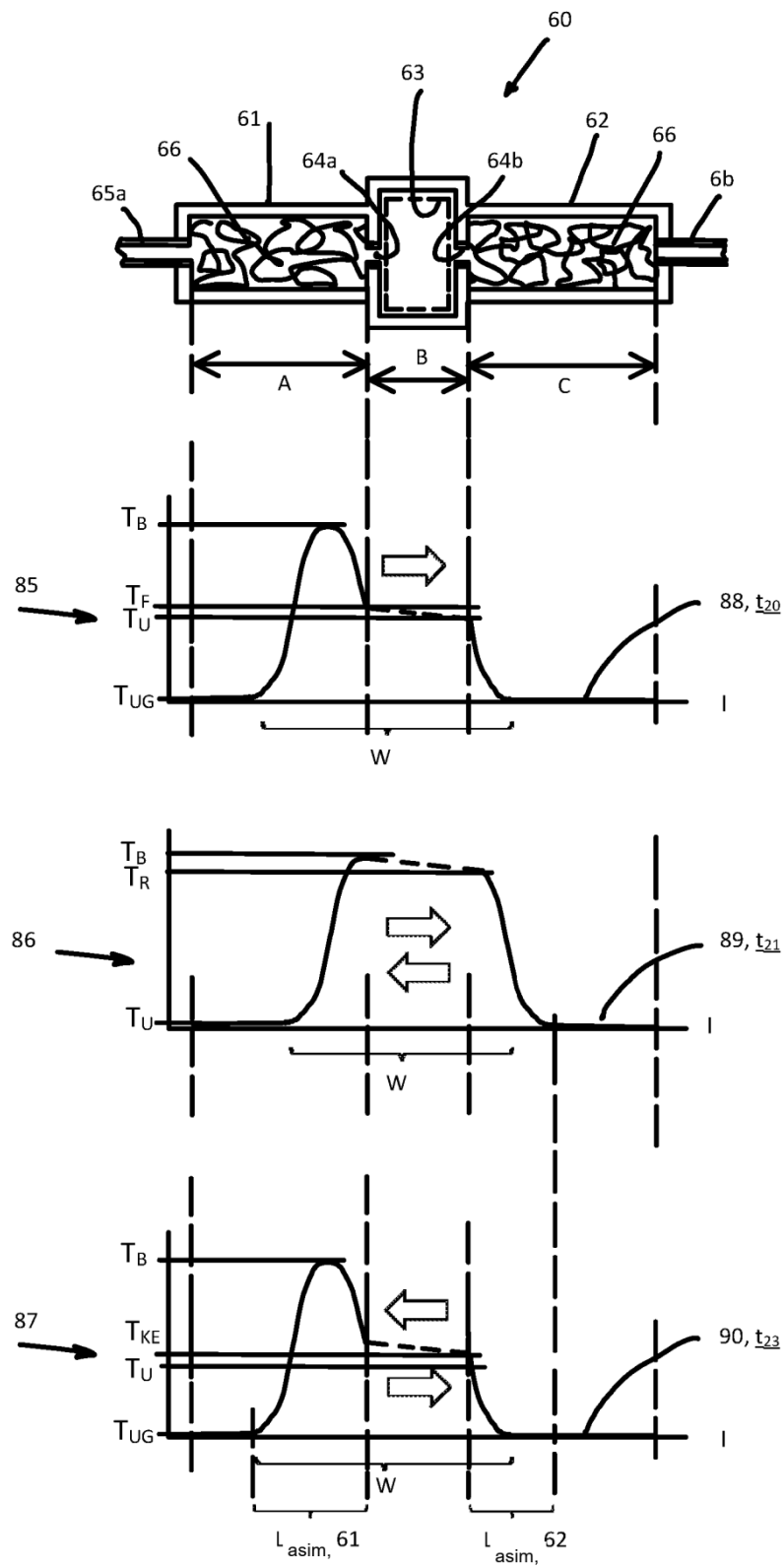


Fig. 5

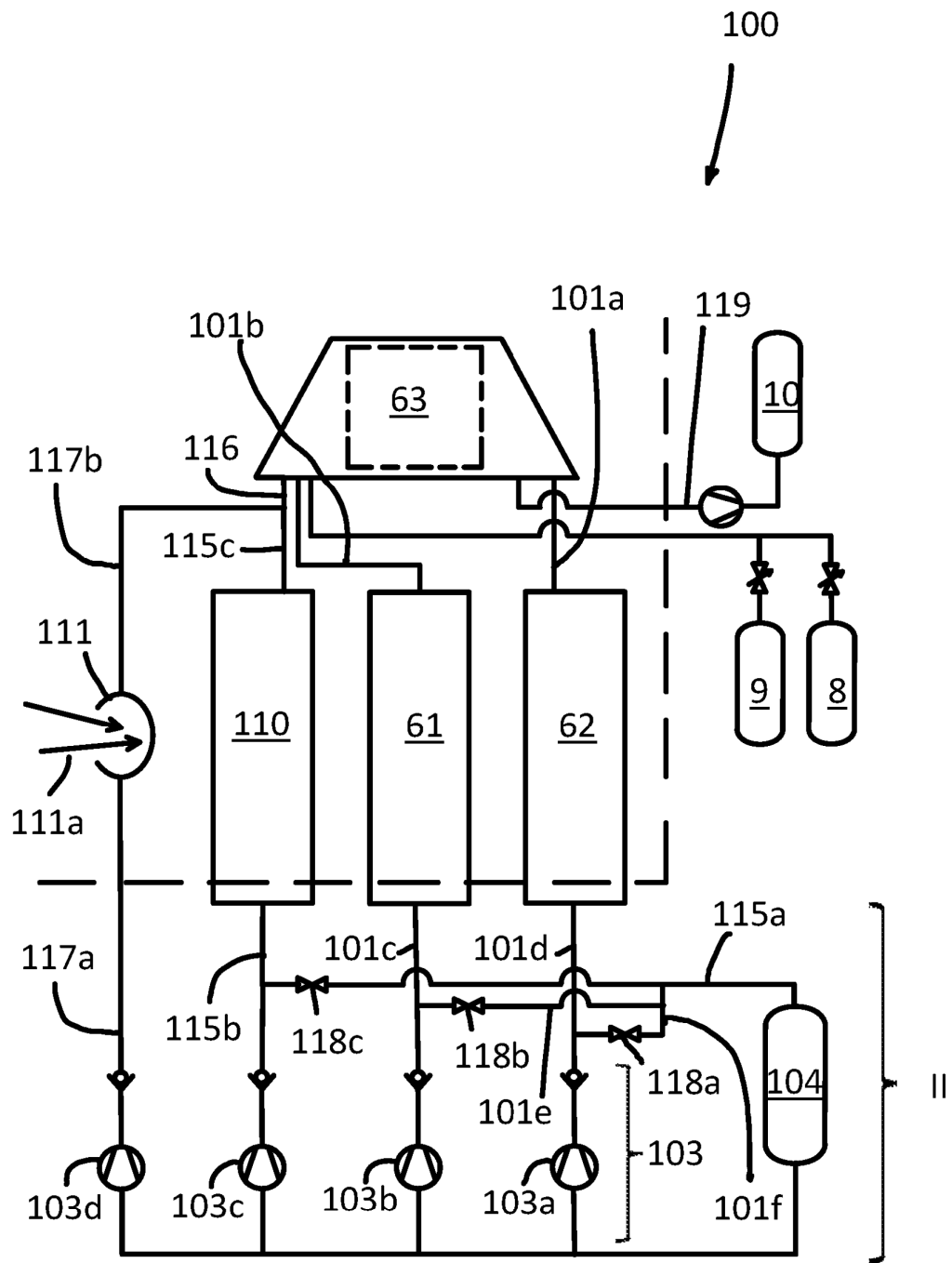


Fig. 6

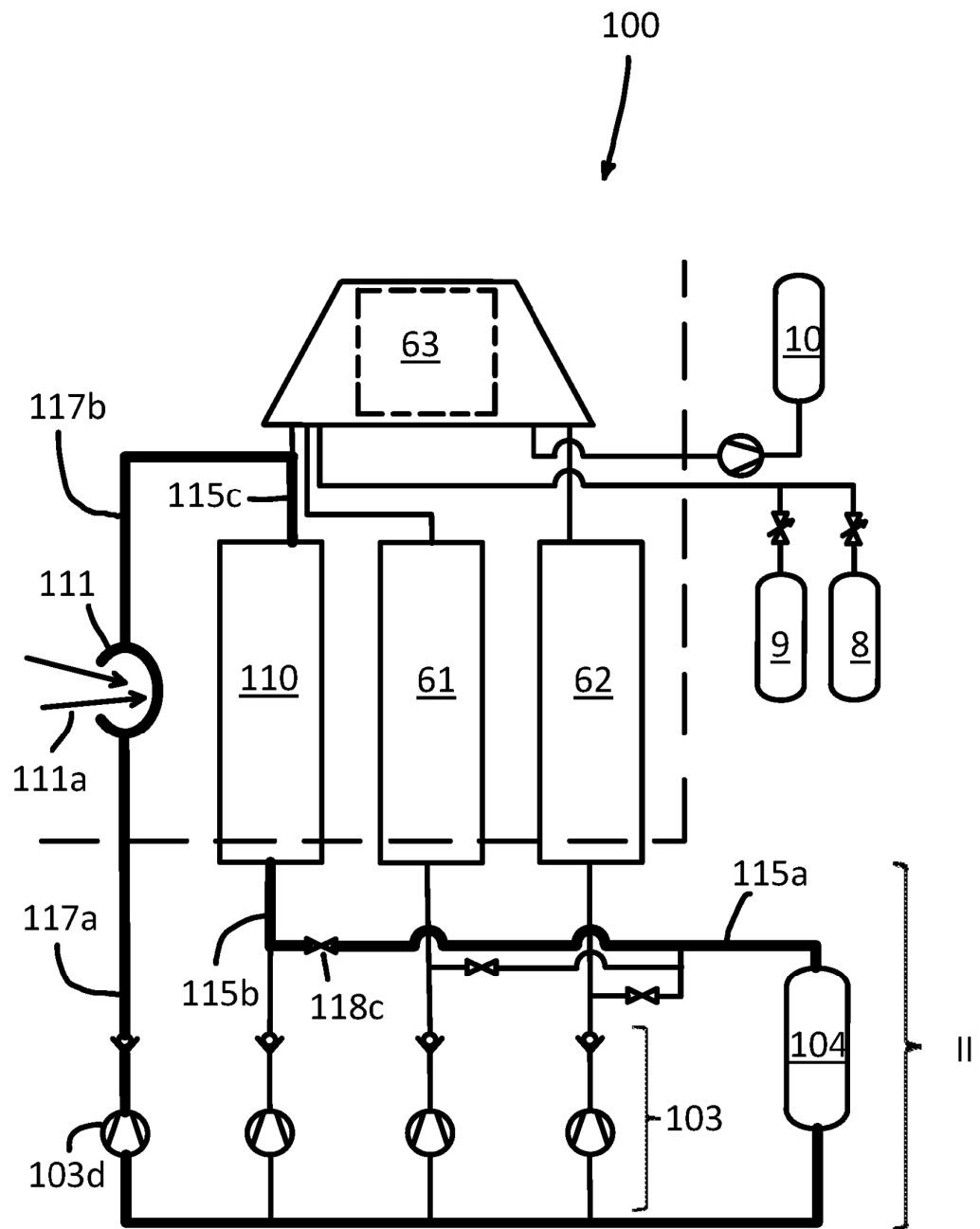


Fig. 7a

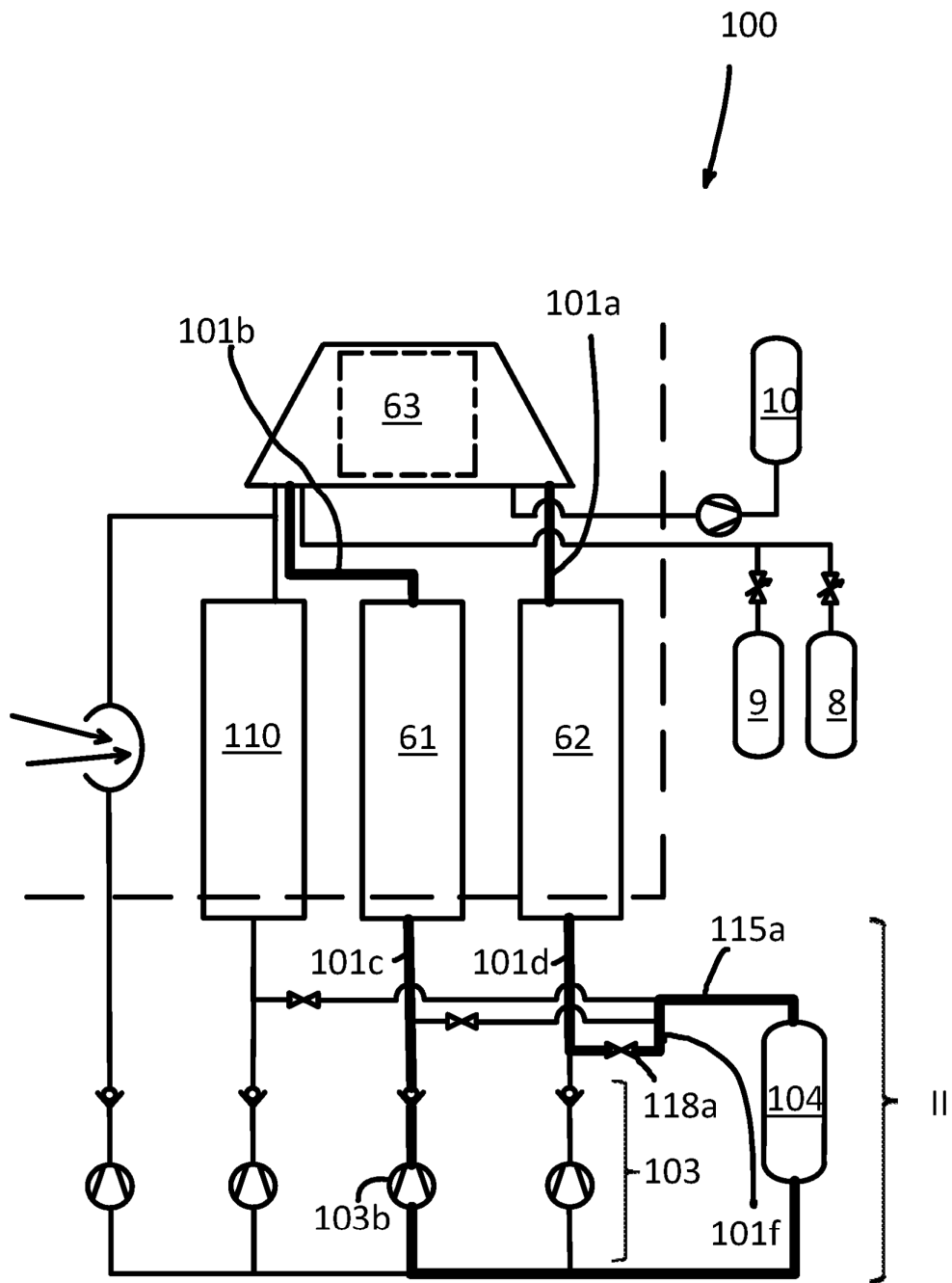


Fig. 7b

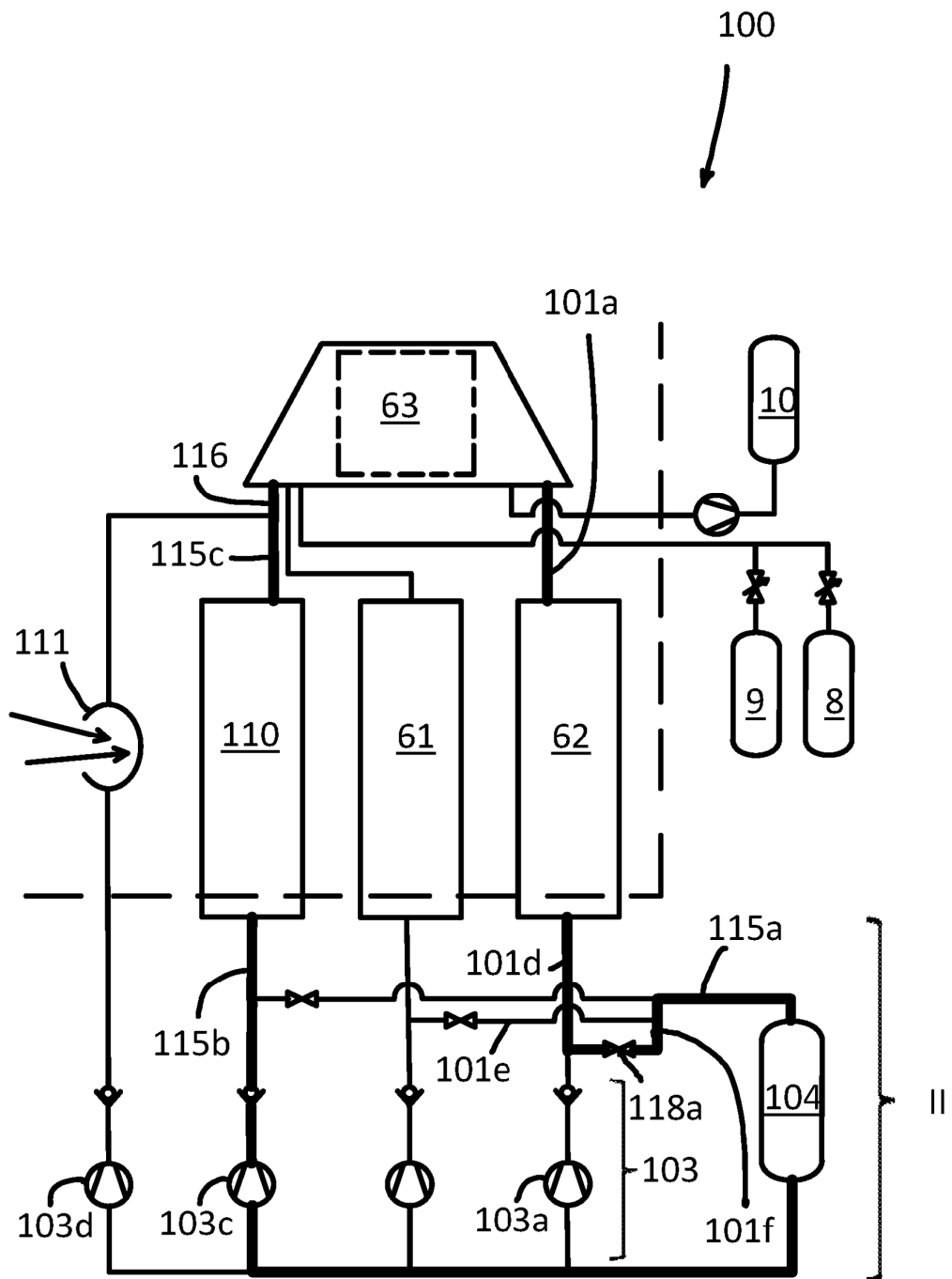


Fig. 7c

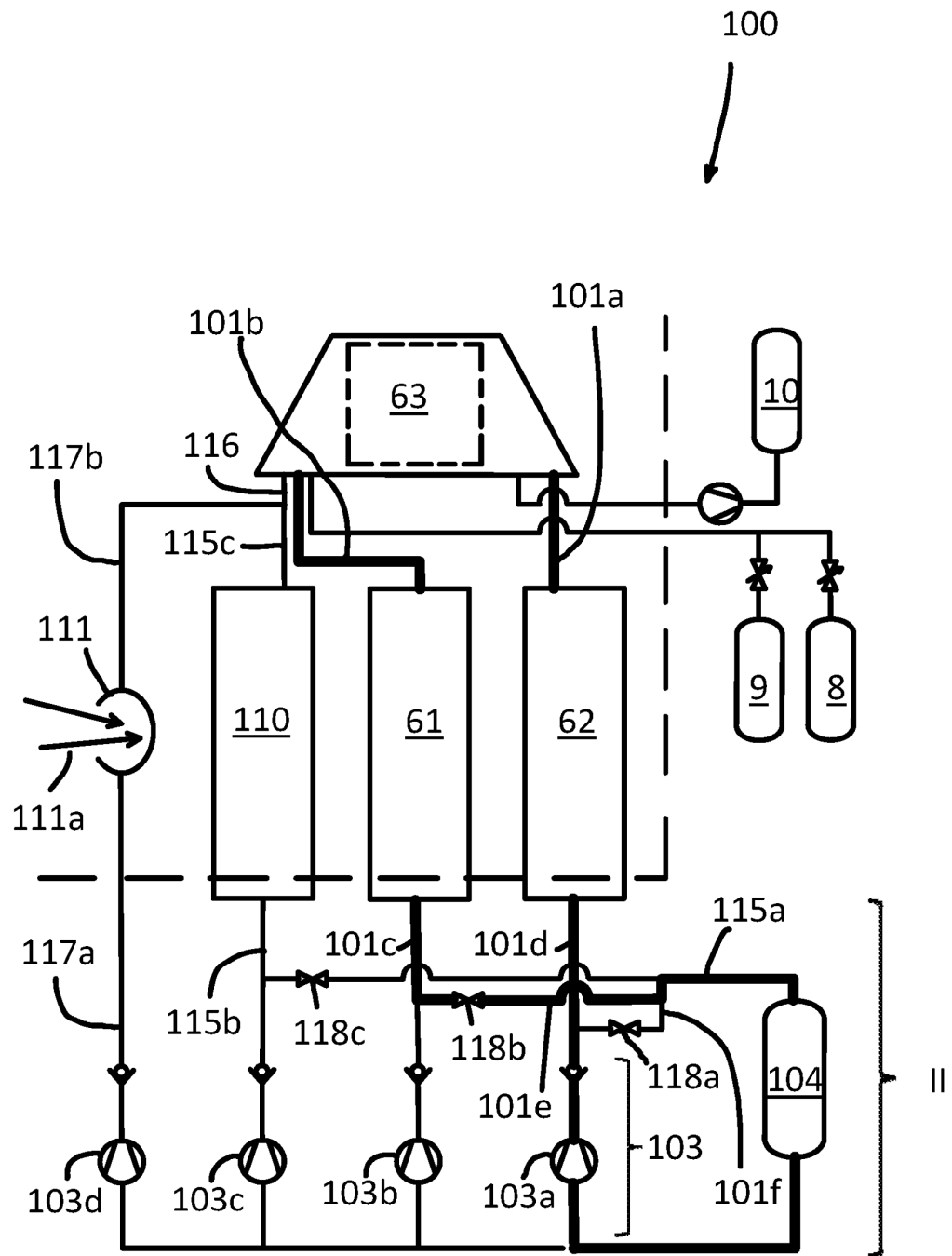


Fig. 7d

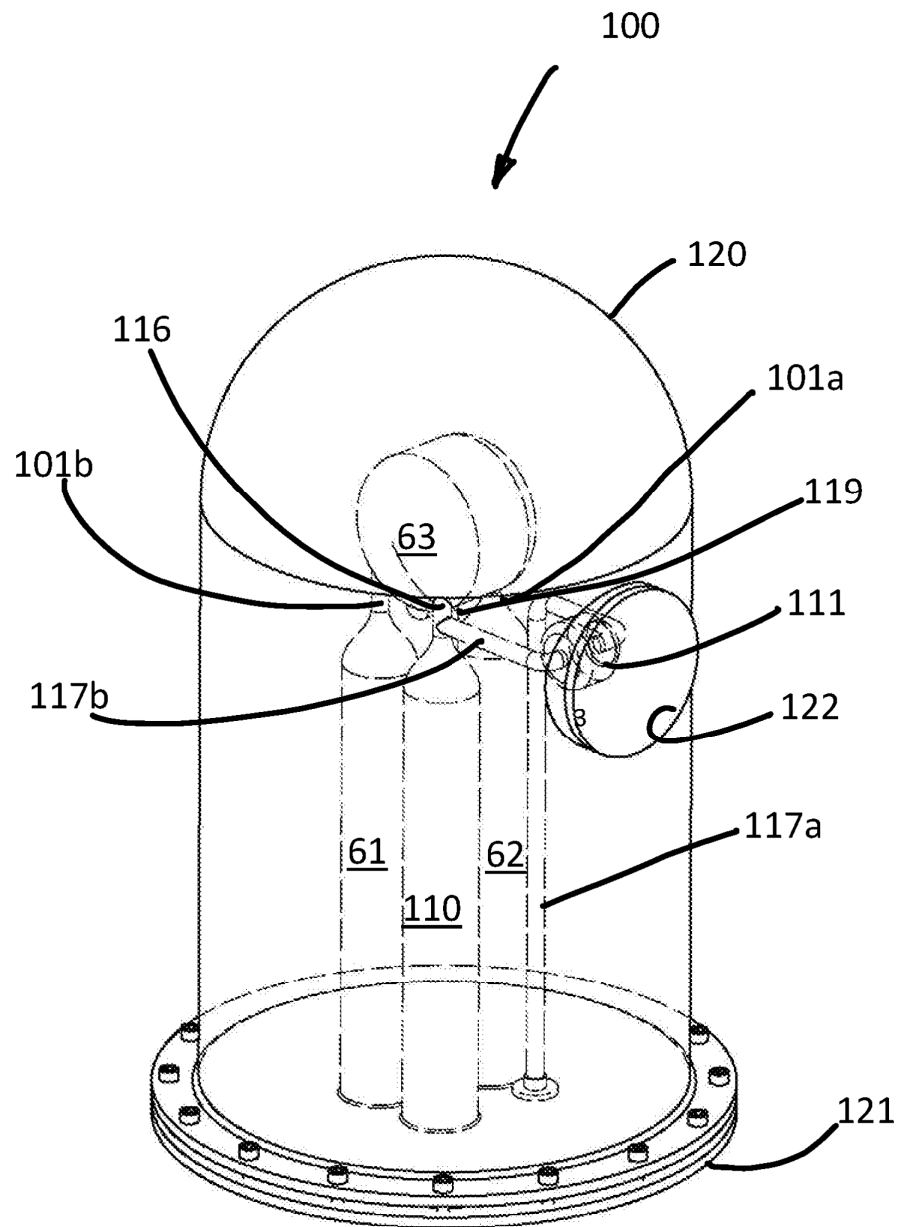


Fig. 8