

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 942 755**

51 Int. Cl.:

F01K 13/00 (2008.01)

F01K 21/00 (2008.01)

F01K 27/00 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.11.2018** **PCT/FI2018/050870**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.06.2019** **WO19115863**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2018** **E 18816172 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2023** **EP 3724460**

54 Título: **Procedimiento y sistema de recuperación de energía térmica en un sistema que comprende una caldera de recuperación química y un horno de cal**

30 Prioridad:

13.12.2017 FI 20176111

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.06.2023

73 Titular/es:

VALMET TECHNOLOGIES OY (100.0%)
Keilasatama 5
02150 Espoo, FI

72 Inventor/es:

MANSIKKASALO, JARMO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 942 755 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema de recuperación de energía térmica en un sistema que comprende una caldera de recuperación química y un horno de cal

Campo

- 5 La solución se refiere a los sistemas de generación de electricidad que comprenden una caldera de recuperación química y un horno de cal, y en particular a la recuperación de energía térmica en dichos sistemas.

Antecedentes

- 10 En la fabricación de pulpa, las calderas de recuperación química se emplean para recuperar productos químicos del proceso de fabricación para reutilizarlos en el proceso de fabricación de pulpa. El proceso genera calor en la caldera de recuperación química que normalmente se usa para producir vapor sobrecalentado que se convierte en electricidad con turbina(s) de vapor. Además, a partir de un proceso de este tipo que comprende una caldera de recuperación química y una turbina de vapor, se puede recuperar energía térmica para usarla con fines útiles dentro y fuera del proceso.

- 15 A veces se hace funcionar un horno de cal en las inmediaciones del proceso mencionado anteriormente. Un horno de cal se usa normalmente para calcinar piedra caliza en cal viva. En otras palabras, normalmente se emplea un horno de cal para convertir el carbonato de calcio a una temperatura alta, tal como 900-1.000 °C, en óxido de calcio. Con tal uso, se puede emplear un horno de cal para la regeneración química en el proceso de fabricación de pulpa, ya que el fundido producido por una caldera de recuperación química se puede tratar en un proceso de disolución con óxido de calcio, proceso que produce carbonato de calcio.

- 20 Del Documento de Patente de Número EP 1 146 021 A1 se conoce un proceso que involucra la fabricación de pulpa y la calcinación de cal. Este documento describe un método para producir una materia prima calcinada y para producir vapor adicional en un generador de vapor existente. En el método, los gases de escape del calcinador se dirigen a la ruta del gas de paso inverso del generador de vapor con una ventana de temperatura adecuada, y se usan para la producción de vapor. El Documento de Patente de Número WO 2011/084212 A1 se refiere a un método y a un sistema para reprocesar cenizas volantes de carbón con alto contenido de carbono para producir material cementoso. En el Documento se describe un proceso de conversión de cenizas en energía y cemento, que convierte eficazmente los residuos de cenizas volantes de carbón con alto contenido de carbono en energía y material cementoso complementario de valor añadido. El Documento de Patente de los EE.UU. de Número US 5.765.365 se refiere a un generador de energía de un proceso de gasificación de carbón. En particular, el carbón se gasifica en un horno de desulfuración con piedra caliza. El Documento de Patente de Japón de Número JP 2010089980 se refiere a una planta de generación de energía para la recuperación de calor de los gases de escape en una planta de calcinación cal. La planta está provista de una parrilla con tuberías de transferencia de calor de tipo espiral instaladas en las partes inferiores de la parrilla, cámaras colectoras de los gases de escape conectadas a las partes superiores y conductos colectores conectados a las partes inferiores. El Documento de Patente de los EE.UU. de Número US 5.469.699 se refiere a un aparato y a un método para generar energía eléctrica usando una caldera y una turbina de gas accionada por un carbonizador. El combustible se carboniza en presencia de piedra caliza. Un propósito de la piedra caliza es absorber el azufre generado en el proceso de gasificación. Así, en la carbonización se producen gas combustible y un residuo carbonoso que incluye la piedra caliza que contiene el azufre generado durante dicha carbonización. En el método, dicho residuo carbonoso se hace pasar a un reactor para eliminar dicho azufre de dicha piedra caliza.

- 40 La energía térmica recuperada procedente de la circulación de vapor/agua de una caldera de recuperación química se puede usar en procesos que consumen calor en un sistema que comprende la caldera de recuperación química.

- 45 Como un ejemplo de esto, el agua alimentada a la caldera de recuperación de productos químicos para la evaporación y el sobrecalentamiento se puede precalentar antes de alimentarla a la caldera. Por lo general, esto se logra mediante el uso de vapor a baja presión, tal como el vapor purgado procedente de la turbina de vapor para precalentar el agua de alimentación con una disposición de intercambio de calor.

- 50 Para proporcionar otro ejemplo, puede haber un proceso de carbonización hidrotermal (HTC, por sus siglas en inglés) dispuesto junto con el proceso de fabricación de pulpa. En un proceso de HTC de este tipo, la lignina producida por el proceso de fabricación de pulpa se puede usar como materia prima para producir biocarbono que se puede usar, por ejemplo, como sustituto de materias primas a base de aceite. La suspensión de lignina alimentada a dicho proceso HTC se puede precalentar con energía térmica recuperada procedente de la circulación de vapor/agua de una caldera de recuperación química. Dado que la suspensión de lignina normalmente se debe precalentar a 220-230 °C, el precalentamiento final de la suspensión normalmente se logra mediante el uso de vapor a baja presión, tal como el vapor purgado procedente de la turbina de vapor para precalentar el agua de alimentación con una disposición de intercambio de calor.

- 55 En ambas aplicaciones de ejemplo y en las aplicaciones comparables, existe la desventaja de que el vapor a baja presión, tal como el vapor purgado procedente de la turbina de vapor, reduce la producción de electricidad en la turbina de vapor. Esto se debe a que una parte de la energía térmica que se podría usar en la generación de electricidad con

la turbina de vapor se extrae del vapor y se usa en otras partes del proceso, tales como en el precalentamiento del agua de alimentación y/o en el precalentamiento de la suspensión de lignina. En la presente invención y posteriormente, vapor a baja presión se refiere al vapor de purga extraído de una turbina de vapor, siendo la presión de dicho vapor de purga menor que la presión del vapor alimentado a la turbina de vapor. El propósito de la presente solución es paliar dichas desventajas y, por lo tanto, aumentar la producción de electricidad en la turbina de vapor mientras se mejora simultáneamente la eficiencia térmica del sistema.

Resumen de la solución descrita

El sistema según la solución descrita y la reivindicación independiente 1 comprende como elementos principales del sistema una caldera de recuperación química, un horno de cal y una turbina de vapor. El método según la solución descrita y la reivindicación independiente 8 es aplicable a dicho sistema.

En un sistema según la solución descrita, puede haber dos canales de descarga de gases de combustión: un primer canal de descarga de gases de combustión junto con la caldera de recuperación química y un segundo canal de descarga de gases de combustión junto con el horno de cal.

Según la solución descrita, ambos canales de descarga de gases de combustión pueden comprender una disposición de intercambio de calor adaptada para recuperar la energía térmica de los gases de combustión.

Según la solución descrita, puede haber una circulación de un medio de transferencia de calor dispuesta de tal manera que al menos parte del medio de transferencia de calor transportado a través de la disposición de intercambio de calor en el primer canal de descarga de gases de combustión se pueda transportar a la disposición de intercambio de calor en el segundo canal de descarga de gases de combustión, en donde el calor se puede transferir desde los gases de combustión en el segundo canal de descarga de gases de combustión al medio de transferencia de calor. Según la solución descrita, el medio de transferencia de calor se puede emplear después de la disposición de intercambio de calor en el segundo canal de descarga de gases de combustión mediante la liberación de la energía térmica a un proceso que consume calor.

Como ejemplo, dicho proceso que consume calor puede ser calentar el agua de alimentación de la caldera de recuperación química. Con tal calentamiento del agua de alimentación, no hay necesidad o hay una necesidad reducida de usar vapor de baja presión más valioso procedente de la turbina de vapor para calentar el agua de alimentación. Así, se puede incrementar la eficiencia de la producción de electricidad con la turbina de vapor y/o se puede emplear dicho vapor de baja presión más valioso para otros fines más pertinentes que calentar el agua de alimentación. Además, se puede incrementar la eficiencia energética del proceso que comprende el horno de cal porque se puede recuperar la energía térmica de los gases de combustión del horno de cal y usarse con fines productivos. Con la solución descrita, se puede aumentar la producción de electricidad de la turbina de vapor proporcionando al agua de alimentación de la caldera de recuperación química la energía térmica adicional procedente de los gases de combustión del horno de cal.

Como otro ejemplo, dicho proceso que consume calor puede ser un proceso externo al funcionamiento de la caldera de recuperación química. Tal proceso que consume calor externo al funcionamiento de la caldera de recuperación química puede ser, por ejemplo, el calentamiento de la suspensión de lignina para alimentar un proceso de carbonización hidrotermal (HTC), que se puede disponer junto con el proceso de fabricación de pulpa. Con tal liberación de energía térmica al proceso de consumo de calor, no hay necesidad o hay una necesidad reducida de usar vapor de baja presión más valioso procedente de la turbina de vapor para los fines del proceso que consume calor. Por lo tanto, se puede incrementar la eficiencia de la producción de electricidad con la turbina de vapor y/o se puede emplear dicho vapor de baja presión más valioso para otros propósitos más pertinentes que el proceso que consume calor. Además, se puede incrementar la eficiencia energética del proceso que comprende el horno de cal porque se puede recuperar la energía térmica de los gases de combustión del horno de cal y usarse con fines productivos.

Un sistema según la solución descrita puede comprender una caldera de recuperación química adaptada para suministrar vapor sobrecalentado a una turbina de vapor que acciona un generador, dicho generador puede ser un generador eléctrico adaptado para producir electricidad. En tal sistema, la caldera de recuperación química puede comprender un primer canal de descarga de gases de combustión adaptado para descargar los gases de combustión de la caldera de recuperación química, y una primera disposición de intercambio de calor dispuesta en el primer canal de descarga de gases de combustión y adaptada para recuperar la energía térmica de los gases de combustión de la caldera de recuperación química. Dicho sistema puede comprender además un horno de cal adaptado para oxidar el carbonato de calcio (CaCO_3) del lodo de cal para producir cal (CaO), comprendiendo el horno de cal un segundo canal de descarga de gases de combustión adaptado para descargar los gases de combustión del horno de cal, y una segunda disposición de intercambio de calor dispuesta en el segundo canal de gases de combustión y adaptada para recuperar la energía térmica de los gases de combustión del horno de cal. Dicho sistema puede comprender además una circulación para el medio de transferencia de calor, comprendiendo la circulación la primera disposición de intercambio de calor, la segunda disposición de intercambio de calor y una tubería adaptada para transportar al menos parte del medio de transferencia de calor entre la primera disposición de intercambio de calor y la segunda disposición de intercambio de calor.

Un método según la solución descrita puede comprender suministrar vapor sobrecalentado con una caldera de recuperación química a una turbina de vapor que acciona un generador, comprendiendo la caldera de recuperación química un primer canal de descarga de gases de combustión adaptado para descargar los gases de combustión de la caldera de recuperación química y una primera disposición de intercambio de calor dispuesta en el primer canal de descarga de gases de combustión y adaptada para recuperar la energía térmica de los gases de combustión de la caldera de recuperación química. Dicho método puede comprender además la oxidación del carbonato de calcio (CaCO_3) del lodo de cal para producir cal (CaO) con un horno de cal, comprendiendo el horno de cal un segundo canal de descarga de gases de combustión adaptado para descargar los gases de combustión del horno de cal, y una segunda disposición de intercambio de calor dispuesta en el segundo canal de gases de combustión y adaptado para recuperar la energía térmica de los gases de combustión del horno de cal. Dicho método puede comprender además la circulación de un medio de transferencia de calor en una circulación de medio de transferencia de calor, comprendiendo la circulación la primera disposición de intercambio de calor, la segunda disposición de intercambio de calor y una tubería adaptada para transportar al menos parte del medio de transferencia de calor entre la primera disposición de intercambio de calor y la segunda disposición de intercambio de calor.

15 Breve descripción de las figuras

- Figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema según la solución descrita según un ejemplo.
- Figura 2 ilustra esquemáticamente un sistema según la solución descrita según un ejemplo.
- Figura 3 ilustra esquemáticamente un sistema según la solución descrita según un ejemplo.
- Figura 4 ilustra esquemáticamente un sistema según la solución descrita según un ejemplo.
- 20 Figura 5 ilustra esquemáticamente un primer canal de descarga de gases de combustión junto con una tubería adaptada para transportar un medio de transferencia de calor a través de una disposición de intercambio de calor en la misma según un ejemplo.
- Figura 6a ilustra esquemáticamente un primer canal de descarga de gases de combustión según un ejemplo.
- Figura 6b ilustra esquemáticamente un segundo canal de descarga de gases de combustión según un ejemplo.
- 25 Las figuras están destinadas a ilustrar la idea de la solución descrita. Por lo tanto, las figuras no están a escala ni sugieren un diseño definido de los componentes del sistema.

Descripción detallada del invento

En el texto se hace referencia a las figuras con los siguientes numerales:

- | | |
|--------------|--|
| 1 | Caldera de recuperación química |
| 30 2 | Horno de cal |
| 3 | Turbina de vapor |
| 4 | Generador |
| 5 | Proceso que consume electricidad |
| 6 | Depósito de agua de alimentación |
| 35 7 | Primer canal de descarga de gases de combustión |
| 8 | Segundo canal de descarga de gases de combustión |
| 10 a 13 | Bomba |
| 20 a 35 | Intercambiador de calor |
| 40 a 93 | Línea |
| 40 100 a 103 | Tanque de expansión |
| 110 a 113 | Bomba eyectora |
| 120 a 123 | Precipitador electrostático |
| 130 a 131 | Disposición de válvulas |
| 140 | Transmisión |

150 a 156 Proceso que consume calor

En el texto y en las figuras, la noción de "línea" se usa para referirse a cualquier conducto de transporte adecuado sin ninguna caracterización definida de las propiedades físicas del conducto. Se debe apreciar que un experto en la técnica es capaz de determinar las propiedades físicas de un conducto según las propiedades y el volumen del material a transportar, así como otros parámetros y requisitos pertinentes de transporte.

A continuación, la noción de "tubería" se usa para referirse a un conjunto de líneas adaptadas para transportar cierto material.

A continuación, la noción de "aguas abajo" se usa para referirse a una posición con respecto a la dirección del movimiento predominante, tal como el flujo de un material en una línea o tubería.

El sistema según la solución descrita comprende como elementos principales del sistema, tal como se ilustra en las Figuras 1 a 4 según los ejemplos, una caldera de recuperación química 1, un horno de cal 2 y una turbina de vapor 3. El método según la solución descrita es aplicable en dicho sistema.

El horno de cal 2 se puede emplear para calcinar piedra caliza en cal viva, es decir, para convertir carbonato de calcio en óxido de calcio. Con tal uso, el horno de cal 2 se puede usar para la regeneración química en el proceso de fabricación de pulpa, ya que el fundido producido por una caldera de recuperación química se puede tratar en un proceso de disolución con óxido de calcio, cuyo proceso produce carbonato de calcio. Tal calcinación en un horno 2 normalmente tiene lugar a una temperatura alta, tal como 900-1.000 °C.

En un sistema según la solución descrita, como se ilustra en las Figuras 1 a 4 según los ejemplos, la caldera de recuperación química 1 suministra vapor sobrecalentado a la turbina de vapor 3, que impulsa un generador eléctrico 4 a través de una transmisión adecuada 140. El generador eléctrico 4 así impulsado suministra electricidad a través de una línea 41 a un proceso que consume electricidad 5 tal como una red eléctrica local, residencial, regional o nacional.

En un sistema donde la solución descrita es aplicable, por ejemplo, como se ilustra en las Figuras 1 a 4 según los ejemplos, la caldera de recuperación química 1 puede generar vapor sobrecalentado al tomar agua a través de una línea 51, y al calentar, vaporizar y sobrecalentar el agua con intercambiadores de calor adecuados, tal como un intercambiador de calor 29 y un intercambiador de calor 30 conectado a través de una línea 52. En el lenguaje de la industria, el intercambiador de calor 29 se puede denominar economizador o un conjunto de dispositivos economizadores individuales, y el intercambiador de calor 30 se puede denominar supercalentador o un conjunto de dispositivos supercalentadores individuales. El vapor sobrecalentado se puede transportar a la turbina de vapor 3 a través de una línea 40. Se debe apreciar que dicha agua de calentamiento, vaporización y sobrecalentamiento con una caldera de recuperación 1 es bien conocido en la industria.

Se apreciará que un experto en la técnica conozca varias implementaciones factibles para la línea de agua de alimentación 51, por lo que tal línea 51 se indica esquemáticamente en las Figuras 1 a 4 con una línea discontinua.

En un sistema donde la solución descrita es aplicable, por ejemplo, como se ilustra en las Figuras 1 a 4 según los ejemplos, después de la turbina de vapor 3, se pueden devolver el vapor y/o el agua, dependiendo de su presión, para su reutilización. El agua para su eventual reutilización se puede recoger en un depósito colector, tal como un tanque de agua de alimentación 6.

En un sistema donde la solución descrita es aplicable, por ejemplo, como se ilustra en las Figuras 1 a 4 según los ejemplos, se puede recuperar la energía térmica del vapor/agua que regresa de la turbina de vapor 3 antes de llegar a un depósito colector. Por ejemplo, como se ilustra en las Figuras 1 y 2 según los ejemplos, se puede recuperar la energía térmica del vapor de retorno con los intercambiadores de calor 21, 22 y/o 23 seguido de los tanques de expansión 101, 100 y/o 102, respectivamente, tanques de expansión que se pueden conectar a través de las líneas 62, 61 y/o 63, respectivamente, al depósito de agua de alimentación 6. La energía térmica recuperada con los intercambiadores de calor 21, 22 y/o 23 se puede liberar para ser usada en procesos que consumen calor 151, 152 y/o 153, respectivamente. Dicho(s) proceso(s) que consume(n) calor 151, 152 y/o 153 se puede(n) conectar al(a los) intercambiador(es) de calor 21, 22 y/o 23, respectivamente, a través de circulación(es) separada(s) del medio de transferencia de calor a través de líneas 57 y 58, 59 y 60, y/o 92 y 93, respectivamente. Dicho(s) proceso(s) que consume(n) de calor 151, 152 y/o 153 puede(n) ser, por ejemplo, en una planta de pulpa, una línea de fibra, una máquina de secado de pulpa y/o una caldera de evaporación y de energía, y/o en una planta integrada de pulpa y papel, varios procesos de fabricación de papel y/o procesos relacionados con el funcionamiento de la caldera de recuperación química 1 tales como el calentamiento del aire de admisión, el calentamiento del agua de alimentación y/o el soplado de cenizas. Alternativamente, o además, como se ilustra en la Figura 1 según un ejemplo, la energía térmica se puede recuperar con un intercambiador de calor 25 del agua que regresa de la turbina de vapor 3 a través de una línea 42. La energía térmica recuperada con el intercambiador de calor 25 se puede liberar para ser usada en un proceso que consume calor 150 que puede ser un dissipador de calor tal como agua de río, lago o mar, o una torre de refrigeración. Dicho proceso que consume calor 150 se puede conectar al intercambiador de calor 25 a través de una circulación separada del medio de transferencia de calor a través de las líneas 45 y 45. Después del intercambiador de calor 25, el agua de retorno se puede transportar al depósito colector a través de un medio que

comienza con una línea 43 y termina en el depósito colector, tal como el tanque de agua de alimentación 6. En dicho conducto, puede haber un dispositivo inductor de flujo, tal como una bomba 10. Se puede alimentar agua adicional a dicho conducto, tal como a través de una línea 47, que puede estar conectada a dicho conducto, por ejemplo, inmediatamente aguas abajo de dicho dispositivo inductor de flujo.

5 En un sistema según la solución descrita, como se ilustra en las Figuras 1 a 4 según los ejemplos, puede haber dos canales de descarga de gases de combustión: un primer canal de descarga de gases de combustión 7 junto con la caldera de recuperación química 1 y un segundo canal de descarga de gases de combustión 8 junto con el horno de cal 2. Es decir, la caldera de recuperación química 1 puede comprender el primer canal de descarga de gases de combustión 7, y el horno de cal 2 puede comprender el segundo canal de descarga de gases de combustión 8.

10 Según la solución descrita, ambos canales de descarga de gases de combustión 7, 8 pueden comprender una disposición de intercambio de calor adaptada para recuperar la energía térmica de los gases de combustión.

Para mayor claridad ilustrativa, el primer canal de descarga de gases de combustión 7 se ilustra en la Figura 6a según un ejemplo, y el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 se ilustra en la Figura 6b según un ejemplo.

15 Según la solución descrita, puede haber una circulación del medio de transferencia de calor dispuesta de tal manera que al menos parte del medio de transferencia de calor transportado a través de la disposición de intercambio de calor en el primer canal de descarga de gases de combustión 7 se pueda transportar a la disposición de intercambio de calor en el segundo canal de descarga de gases de combustión, 8 en donde el calor se puede transferir desde los gases de combustión en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 al medio de transferencia de calor. Por ejemplo, el 5-10% o 10-20% o 20-30% o 30-40% o 40-50% o 50-60% o 60-70% o 70-80% o 80-90% o 90-100% del flujo volumétrico del medio de transferencia de calor transportado a través de la disposición de intercambio de calor en el primer canal de descarga de gases de combustión 7 se puede transportar a través de la disposición de intercambio de calor en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8.

20 Según la solución descrita, el medio de transferencia de calor se puede emplear después de la disposición de intercambio de calor en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 mediante la liberación de la energía térmica a un proceso que consume calor. Como un ejemplo, dicho proceso que consume calor puede ser calentar el agua de alimentación de la caldera de recuperación química 1, como se ilustra en las Figuras 1 y 2 según los ejemplos. Como otro ejemplo, dicho proceso que consume calor puede ser un proceso externo a la operación de la caldera de recuperación química 1, como se ilustra en las Figuras 3 y 4 como un proceso que consume calor 155. Un proceso que consume tanto calor 155 externo a la operación de la caldera de recuperación química puede ser, por ejemplo, el calentamiento de la suspensión de lignina para alimentar un proceso de carbonización hidrotérmica (HTC) (no representado), que se puede disponer junto con el proceso de fabricación de pulpa.

25 El primer canal de descarga de gases de combustión 7 junto con la caldera de recuperación química 1 se puede configurar para transportar los gases de combustión desde la caldera de recuperación de productos químicos 1 hacia el exterior del proceso focal representado, tal como un acumulador (no representado).

30 El primer canal de descarga de gases de combustión 7 puede comprender una disposición de filtrado para filtrar la materia particulada de los gases de combustión antes de que los gases de combustión se transporten a una disposición de intercambio de calor. Tal disposición de filtrado puede comprender, por ejemplo, uno o más precipitadores electrostáticos 121, 122, 123.

35 El primer canal de descarga de gases de combustión 7 puede comprender una disposición de inducción de flujo para efectuar el viaje de descarga de los gases de combustión después de la disposición de intercambio de calor. Tal disposición de inducción de flujo puede comprender, por ejemplo, una o más bombas eyectoras 111, 112, 113. Tales bombas eyectoras 111, 112, 113 pueden ser, por ejemplo, bombas de vacío. En la industria, tales bombas eyectoras 111, 112, 113 se pueden denominar soplantes de gases de combustión.

40 Para una mayor claridad ilustrativa, en la Figura 5 se ilustran según un ejemplo el primer canal de descarga de gases de combustión 7 junto con una tubería adaptada para transportar el medio de transferencia de calor a través de una disposición de intercambio de calor en la misma. Según este ejemplo, el primer canal de descarga de gases de combustión 7 se puede dividir en varios subcanales, tales como tres subcanales como en el caso del ejemplo específico ilustrado en la Figura 5. En dicho ejemplo, el primer subcanal puede comprender las líneas 65a, 66a, 67a y 68a; el segundo subcanal puede comprender las líneas 65b, 66b, 67b y 68b; y el tercer subcanal puede comprender las líneas 65c, 66c, 67c y 68c. En dicho ejemplo, los gases de combustión de la caldera de recuperación química 1 se pueden transportar a través de las líneas 65a-c a los precipitadores electrostáticos 121, 122, 123, y de allí por las líneas 66a-c a los intercambiadores de calor 28, 27, 26, y de allí por las líneas 67a-c y las bombas eyectoras 111, 112, 113 para ser expulsados a través de las líneas 68a-c, correspondientemente. En este caso, en el primer canal de descarga de gases de combustión 7, se puede transferir la energía térmica con los intercambiadores de calor 28, 27, 26 en el medio de transferencia de calor que viaja a los intercambiadores de calor 28, 27, 26 a través de líneas 69a-c y hacia el exterior de los intercambiadores de calor 28, 27, 26 a través de líneas 64a-c, respectivamente.

El segundo canal de descarga de gases de combustión 8 junto con el horno de cal 2 se puede disponer para transportar los gases de combustión del horno de cal 2 hacia el exterior del proceso focal representado, tal como a un acumulador (no representado).

Como se ilustra en las Figuras 1 a 4 según los ejemplos, el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 puede comprender una disposición de filtrado para filtrar la materia en partículas de los gases de combustión antes de que los gases de combustión se transporten a la disposición de intercambio de calor. Tal disposición de filtrado puede comprender, por ejemplo, uno o más precipitadores electrostáticos 120. El segundo canal de descarga de gases de combustión 8 puede comprender una disposición de inducción de flujo para efectuar el viaje de descarga de los gases de combustión después de la disposición de intercambio de calor. Una disposición de inducción de flujo de este tipo puede comprender, por ejemplo, una o más bombas eyectoras 110. Tal(es) bomba(s) eyectora(s) 110 puede(n) ser, por ejemplo, bomba(s) de vacío.

Como se ilustra en las Figuras 1 a 4 según los ejemplos, el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 se puede disponer de modo que los gases de combustión se transporten desde el horno de cal 2 a través de una línea 70 a un precipitador electrostático 120 y de allí por una línea 71 a un intercambiador de calor 20, y de allí por una línea 72 y una bomba eyectora 110 ser expulsados a través de una línea 73. En el segundo canal de descarga de gases de combustión 8, se puede transferir la energía térmica con el intercambiador de calor 20 al medio de transferencia de calor que viaja a través del intercambiador de calor 20.

Según la solución descrita, puede haber una tubería adaptada para transportar al menos parte del medio de transferencia de calor entre la primera disposición de intercambio de calor 7 y la segunda disposición de intercambio de calor 8, tal como desde la primera disposición de intercambio de calor 7 a la segunda disposición de intercambio de calor 8 o viceversa. Tal tubería puede comprender al menos las líneas 64 y 75, tal como las líneas 64 y 74, o líneas 64, 74 y 85.

Según la solución descrita, la característica de que al menos parte del medio de transferencia de calor transportado a través de la disposición de intercambio de calor en el primer canal de descarga de gases de combustión 7 se pueda transportar a la disposición de intercambio de calor en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 se puede lograr de modo que el medio de transferencia de calor transportado desde la primera disposición de intercambio de calor a través de la línea 64 se pueda repartir en dos corrientes. Estas dos corrientes pueden comprender una primera corriente transportada al intercambiador o intercambiadores de calor 20 en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8, y una segunda corriente transportada a otra parte a través de una línea 76. Es decir, la línea 76 se puede derivar de la circulación del medio de transferencia de calor entre la primera disposición de intercambio de calor y la segunda disposición de intercambio de calor. La primera corriente puede representar, por ejemplo, el 5-10% o 10-20% o 20-30% o 30-40% o 40-50% o 50-60% o 60-70% o 70-80% o 80-90% o 90-100% del flujo volumétrico del medio de transferencia de calor en la línea 64 antes de repartirse entre las corrientes primera y segunda.

Según la solución descrita, la energía térmica transferida al medio de transferencia de calor de la primera corriente en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 junto con el horno de cal 2, tal como con el intercambiador de calor 20, se puede liberar posteriormente para su empleo en un proceso que consume calor. Dicho proceso que consume calor puede ser, por ejemplo, el calentamiento del agua de alimentación de la caldera de recuperación química 1. Como otro ejemplo, dicho proceso que consume calor puede ser el calentamiento de la suspensión de lignina para alimentar un proceso de carbonización hidrotérmica (HTC) (no representado), que se puede disponer junto con el proceso de fabricación de pulpa.

El uso de la energía térmica transferida al medio de transferencia de calor de la primera corriente en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 para calentar el agua de alimentación de la caldera de recuperación química 1 se puede llevar a cabo, por ejemplo, según un ejemplo ilustrado en la Figura 1. En este caso, después del intercambiador o intercambiadores de calor 20 en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8, dicho medio de transferencia de calor se puede transportar a través de una línea 74 a otro intercambiador de calor 24, a continuación denominado también como "intercambiador de calor primario" 24 con fines de distinción referencial. Con el intercambiador de calor 24 se puede liberar la energía térmica de dicho medio de transferencia de calor al agua de alimentación de la caldera de recuperación química 1, calentando así el agua de alimentación. Dicho calentamiento del agua de alimentación se puede producir después de que el agua de alimentación haya salido del tanque de agua de alimentación 6.

Ventajosamente, con tal calentamiento del agua de alimentación, no hay necesidad o hay una necesidad reducida de usar vapor de baja presión más valioso procedente de la turbina de vapor 3 con el fin de calentar el agua de alimentación. Así, se puede incrementar la eficiencia de la producción de electricidad con la turbina de vapor 3 y/o se puede emplear dicho vapor de baja presión más valioso para otros fines más pertinentes que calentar el agua de alimentación. Además, se puede incrementar la eficiencia energética del proceso que comprende el horno de cal 2 porque se puede recuperar la energía térmica de los gases de combustión del horno de cal 2 y usarse con fines productivos.

Continuando con la Figura 1, después de dicho intercambiador de calor 24, dicho medio de transferencia de calor se puede transportar a través de una línea 81 a una línea 76, a través de esa línea 76 se transporta la segunda corriente

de medio de transferencia de calor, repartida a partir de la línea 64 que se origina en el(los) intercambiador(es) de calor 26, 27, 28 del primer canal de descarga de gases de combustión 7. Así, en el punto en que la línea 81 se conecta a la línea 76, se combinan la primera y la segunda corriente del medio de transferencia de calor. Después de tal combinación, el medio de transferencia de calor se puede repartir una vez más, en una tercera corriente en una línea 77 y en una cuarta corriente que continua en la línea 76. Las proporciones mutuas del medio de transferencia de calor en la tercera corriente y en la cuarta corriente se pueden especificar según la transferencia de energía térmica proporcional deseada y de la recuperación en un intercambiador de calor 32 (la tercera corriente) y en un intercambiador de calor 31 (la cuarta corriente), tal como se describe inmediatamente a continuación. Como se ilustra en la Figura 1, la tercera corriente se puede transportar a través del intercambiador de calor 32 para liberar energía térmica a ser empleada en un proceso que consume calor 154 tal como el calentamiento del aire de admisión de la caldera de recuperación química 1. Un proceso que consume tanto calor 154 se puede conectar al intercambiador de calor 32 a través de una circulación separada del medio de transferencia de calor a través de líneas las 79 y 80. La cuarta corriente se puede transportar a otro intercambiador de calor 31 para liberar energía térmica al agua que regresa de la turbina de vapor antes de que dicha agua de retorno llegue a un tanque de agua de alimentación 6. A continuación, el intercambiador de calor 31 y el intercambiador de calor 32 también se conocen como el "intercambiador de calor terciario" 31 y el "intercambiador de calor terciario" 32 con fines de distinción referencial.

Continuando con la Figura 1, después del intercambiador de calor 31, la tercera corriente y la cuarta corriente del medio de transferencia de calor se pueden combinar en un lugar donde una línea 78 procedente del intercambiador de calor 32 se conecta a la línea 63 procedente del intercambiador de calor 31. A partir de entonces, el flujo combinado del medio de transferencia de calor se puede transportar a través de una bomba inductora de circulación 12, seguido de una línea 69, al(a los) intercambiador(es) de calor 26, 27, 28 del primer canal de descarga de gases de combustión 7 para su recalentamiento.

Continuando con la Figura 1, ciertas condiciones obtenidas según un ejemplo específico pueden ser como sigue. Del caudal volumétrico del medio de transferencia de calor en la línea 64, aproximadamente el 10% se puede repartir como la primera corriente en la línea 75 y aproximadamente el 90% se puede repartir como la segunda corriente en la línea 76. En este caso, la presión reinante en dichas líneas puede ser de aproximadamente 25 bar y la temperatura puede ser de aproximadamente 150 °C. La temperatura de los gases de combustión en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 puede ser de aproximadamente 260 °C antes del intercambiador de calor 20 y aproximadamente 170 °C después del intercambiador de calor 20. La temperatura del medio de transferencia de calor en la línea 74 después del intercambiador de calor 20 puede ser de aproximadamente 200 °C. Al calentar el agua de alimentación con el intercambiador de calor 24, la temperatura del agua de alimentación antes del intercambiador de calor 24 puede ser de aproximadamente 143 °C y después de aproximadamente 147 °C. En consecuencia, la temperatura del medio de transferencia de calor en la primera corriente puede ser de aproximadamente 200 °C antes del intercambiador de calor 24 y de aproximadamente 150 °C después.

Para proporcionar otro ejemplo, el uso de la energía térmica transferida al medio de transferencia de calor en la primera corriente en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 para calentar el agua de alimentación de la caldera de recuperación química 1 se puede llevar a cabo, por ejemplo, según un ejemplo ilustrado en la Figura 2. En este caso, dicho medio de transferencia puede ser el agua de alimentación de la caldera de recuperación química 1. En la presente invención, después del tanque del agua de alimentación 6, el agua de alimentación se puede transportar a través de una línea 49 al(a los) intercambiador(es) de calor 26, 27, 28 del primer canal de descarga de gases de combustión 7, en donde se puede transferir la energía térmica al agua de alimentación, calentándola de este modo. Después de esto, el agua de alimentación se puede transportar a través de una línea 64 a un lugar de distribución, en donde el agua de alimentación se distribuye en una primera corriente en una línea 75 y en una segunda corriente en una línea 76. De estos dos flujos, el primero se puede transportar a través de la línea 75 al intercambiador o intercambiadores de calor 20 en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8, en donde la energía térmica se puede transferir desde los gases de combustión que se originan en el horno de cal 2 hacia el agua de alimentación, calentando así el agua de alimentación en la primera corriente. A partir de entonces, el agua de alimentación de la primera corriente se puede transportar a través de una línea 74 a un lugar en el que se combinan la primera corriente en la línea 74 y la segunda corriente en la línea 76. Este flujo combinado de agua de alimentación luego se puede transportar a la caldera de recuperación química 1 a través de una línea 51.

Ventajosamente, con tal calentamiento del agua de alimentación, no hay necesidad o hay una necesidad reducida de usar vapor de baja presión más valioso procedente de la turbina de vapor 3 con el fin de calentar el agua de alimentación. Así, se puede incrementar la eficiencia de la producción de electricidad con la turbina de vapor 3 y/o se puede emplear dicho vapor de baja presión más valioso para otros fines más pertinentes que calentar el agua de alimentación. Además, se puede incrementar la eficiencia energética del proceso que comprende el horno de cal 2 porque se puede recuperar la energía térmica de los gases de combustión del horno de cal 2 y usarse con fines productivos.

Así, en este ejemplo, como se ilustra en la Figura 2, no hay circuitos separados o sustancialmente separados para el agua de alimentación y el medio de transferencia de calor, sino que hay un circuito de este tipo para el medio de transferencia de calor que es el agua de alimentación.

Continuando con la Figura 2, ciertas condiciones obtenidas según un ejemplo específico pueden ser como sigue. Del caudal volumétrico del medio de transferencia de calor en la línea 64, aproximadamente el 10% se puede repartir como la primera corriente en la línea 75 y aproximadamente el 90% se puede repartir como la segunda corriente en la línea 76. En este caso, la presión reinante en dichas líneas puede ser de aproximadamente 120 bar y la temperatura puede ser de aproximadamente 160 °C. La temperatura de los gases de combustión en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 puede ser de aproximadamente 260 °C antes del intercambiador de calor 20 y de aproximadamente 180 °C después del intercambiador de calor 20. La temperatura del medio de transferencia de calor en la línea 74 después del intercambiador de calor 20 puede ser de aproximadamente 175 °C. Una vez que se han combinado la primera corriente del medio de transferencia de calor en la línea 76 y la segunda corriente del medio de transferencia de calor en la línea 74, la temperatura del agua de alimentación combinada en la línea 51 puede ser de aproximadamente 163 °C.

El uso de la energía térmica transferida al medio de transferencia de calor de la primera corriente en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 en un proceso que consume calor 155 se puede llevar a cabo, por ejemplo, según un ejemplo ilustrado en la Figura 3. Un proceso que consume tanto calor 155 puede ser, por ejemplo, el calentamiento de una suspensión de lignina para alimentar un proceso de carbonización hidrotermal (HTC) (no representado).

En tal caso, como se ilustra en la Figura 3, antes de transportar el medio de transferencia de calor de la primera corriente al intercambiador o intercambiadores de calor 20 en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8, se puede transportar a través de una bomba 13 instalada entre las líneas 75 y 85, bomba 13 que se puede usar para aumentar la presión del medio de transferencia de calor a una presión elevada. Tal presión elevada puede ser, por ejemplo, de 30-80 bares, tal como 50 bares. Al elevar la presión del medio de transferencia de calor a una presión elevada, la temperatura del medio de transferencia de calor puede aumentar a una temperatura alta en el intercambiador de calor 20 sin ebullición del medio de transferencia de calor. Una temperatura tan alta puede ser, por ejemplo, 200-290 °C, tal como 240 °C.

Continuando con la Figura 3, después del intercambiador de calor 20 en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8, el medio de transferencia de calor de la primera corriente se puede transportar a través de una línea 74 a otro intercambiador de calor 33. Más adelante, dicho otro intercambiador de calor 33 también se denomina "intercambiador de calor secundario" con fines de distinción referencial. Con el intercambiador de calor 33, se puede liberar la energía térmica de dicho medio de transferencia de calor para su uso en el proceso que consume calor 155. Un proceso que consume tanto calor 155 se puede conectar al intercambiador de calor 33 a través de una circulación separada del medio de transferencia de calor a través de líneas 83 y 84. Alternativamente, tal proceso que consume calor 155 se puede conectar al intercambiador de calor 33 a través de una circulación separada de una sustancia a calentar a través de las líneas 83 y 84. Por ejemplo, si el proceso que consume calor 155 es el calentamiento de la suspensión de lignina para alimentar un proceso HTC, las líneas 83 y 84 pueden transportar la suspensión de lignina a través del intercambiador de calor 33, permitiendo así el calentamiento de la suspensión de lignina.

Ventajosamente, con tal liberación de energía térmica al proceso que consume calor 155, no hay necesidad o hay una necesidad reducida de usar vapor de baja presión más valioso de la turbina de vapor 3 para los propósitos del proceso que consume calor. Así, se puede incrementar la eficiencia de la producción de electricidad con la turbina de vapor 3 y/o se puede emplear dicho vapor de baja presión más valioso para otros fines más pertinentes que el proceso que consume calor 155. Además, se puede incrementar la eficiencia energética del proceso que comprende el horno de cal 2 porque se puede recuperar la energía térmica de los gases de combustión del horno de cal 2 y usarse con fines productivos.

Después del intercambiador de calor 33, el medio de transferencia de calor de la primera corriente se puede transportar a través de una línea 82 a una disposición de válvulas 130 con las cuales se puede reducir la presión del medio de transferencia de calor a un nivel que prevalece en la línea 76, cuyo nivel puede ser, por ejemplo, 10-40 bar, tal como 25 bar. Después de la disposición de la válvula 130, el medio de transferencia de calor en la primera corriente se puede transportar a través de una línea 81 a un lugar en donde se combinen la primera corriente del medio de transferencia de calor y la segunda corriente del medio de transferencia de calor, es decir, en donde la línea 81 se conecta a la línea 76.

Después de tal combinación, el medio de transferencia de calor se puede repartir una vez más, en una tercera corriente en una línea 77 y en una cuarta corriente que continúa en la línea 76. Las proporciones mutuas del medio de transferencia de calor en la tercera corriente y en la cuarta corriente se pueden especificar según la transferencia de energía térmica proporcional deseada y la recuperación en un intercambiador de calor 32 (la tercera corriente) y en un intercambiador de calor 31 (la cuarta corriente), tal como se describe inmediatamente a continuación. Como se ilustra en la Figura 3, la tercera corriente se puede transportar a través de un intercambiador de calor 32 para liberar energía térmica para ser empleada en un proceso que consume calor 154 tal como el calentamiento del aire de admisión de la caldera de recuperación química 1. Un proceso que consume tanto calor 154 se puede conectar al intercambiador de calor 32 a través de una circulación separada del medio de transferencia de calor a través de líneas 79 y 80. La cuarta corriente se puede transportar a otro intercambiador de calor 31 para liberar energía térmica al agua que regresa de la turbina de vapor 3 antes de que dicha agua de retorno llegue a un tanque de agua de alimentación 6.

Continuando con la Figura 3, después de los intercambiadores de calor 31, 32, la tercera corriente y la cuarta corriente del medio de transferencia de calor se pueden combinar en un lugar donde una línea 78 procedente del intercambiador de calor 32 se conecta a la línea 63 procedente del intercambiador de calor 31. A partir de entonces, el flujo combinado del medio de transferencia de calor se puede transportar a través de una bomba inductora de circulación 12 seguida de una línea 69 al(a los) intercambiador(es) de calor 26, 27, 28 del primer canal de descarga de gases de combustión 7 para su recalentamiento.

Continuando con la Figura 3, ciertas condiciones obtenidas según un ejemplo específico pueden ser como sigue. Del caudal volumétrico del medio de transferencia de calor en la línea 64, aproximadamente el 10% se puede repartir como la primera corriente en la línea 75 y aproximadamente el 90% se puede repartir como la segunda corriente en la línea 76. En este caso, la presión reinante en dichas líneas puede ser de aproximadamente 25 bar y la temperatura de aproximadamente 180 °C. Después de la bomba 13, la presión en la línea 85 puede ser de aproximadamente 50 bar. La temperatura de los gases de combustión en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 puede ser de aproximadamente 260 °C antes del intercambiador de calor 20 y de aproximadamente 200 °C después del intercambiador de calor 20. La temperatura del medio de transferencia de calor en la línea 74 después del intercambiador de calor 20 puede ser de aproximadamente 240 °C. En este ejemplo específico, el proceso que consume calor 155 puede ser el calentamiento de la suspensión de lignina para un proceso HTC, y la suspensión de lignina se puede transportar a través del intercambiador de calor 33 a través de las líneas 83 y 84. En consecuencia, la temperatura de dicha suspensión puede ser de aproximadamente 170 °C antes de calentar con la energía térmica captada con el intercambiador de calor 33, y de aproximadamente 213°C después de dicho calentamiento. La presión del medio de transferencia de calor en la línea 81 después de la disposición de la válvula 130 puede ser de 25 bares.

Para proporcionar otro ejemplo, el uso de la energía térmica transferida al medio de transferencia de calor de la primera corriente en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 en un proceso que consume calor 155 se puede llevar a cabo, por ejemplo, según un ejemplo ilustrado en la Figura 4. Otro proceso que consume calor 155 puede ser, por ejemplo, el calentamiento de una suspensión de lignina para alimentar un proceso de carbonización hidrotermal (HTC) (no representado).

En tal caso, como se ilustra en la Figura 4, antes de transportar dicho medio de transferencia de calor al intercambiador o intercambiadores de calor 20 en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8, se puede transportar a través de una bomba 13 instalada entre las líneas 75 y 85, bomba 13 que se puede usar para aumentar la presión del medio de transferencia de calor a una presión elevada. Dicha presión elevada puede ser, por ejemplo, de 30 a 80 bares, tal como 50 bares. Al elevar la presión del medio de transferencia de calor a una presión elevada, la temperatura del medio de transferencia de calor puede aumentar a una temperatura alta en el intercambiador de calor 20 sin ebullición del medio de transferencia de calor. Una temperatura tan alta puede ser, por ejemplo, 200-290 °C, tal como 240 °C.

Continuando con la Figura 4, después del intercambiador de calor 20 en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8, el medio de transferencia de calor de la primera corriente se puede transportar a través de una línea 74 a una disposición de válvulas 131 con las que se puede reducir la presión del medio de transferencia de calor en la primera corriente con el fin de generar vapor de expansión en un tanque de expansión 103 que se puede conectar inmediatamente aguas abajo de la disposición de la válvula 131 con una línea 91. Desde el tanque de expansión 103, el medio de transferencia de calor en estado gaseoso se puede transportar a un intercambiador de calor 34 y el medio de transferencia de calor en estado líquido se puede transportar a otro intercambiador de calor 35. De aquí en adelante, el intercambiador de calor 34 y el intercambiador de calor 35 también se conocen como el "intercambiador de calor secundario" 34 y el "intercambiador de calor secundario" 35 con fines de distinción referencial. Con estos intercambiadores de calor 34, 35, se puede transferir la energía térmica desde el medio de transferencia de calor para su uso en el proceso que consume calor 155. Un proceso que consume tanto calor 155 se puede conectar a los intercambiadores de calor 34, 35 a través de una circulación separada del medio de transferencia de calor a través de las líneas 83 y 84 más una línea 86 para transportar dicho medio de transferencia de calor desde el intercambiador de calor 35 al intercambiador de calor 34. Alternativamente, tal proceso que consume calor 155 se puede conectar a los intercambiadores de calor 34, 35 a través de una circulación separada de una sustancia a calentar a través de las líneas 83 y 84 más una línea 86 para transportar dicha sustancia desde el intercambiador de calor 35 al intercambiador de calor 34. Por ejemplo, si el proceso que consume calor 155 es el calentamiento de la suspensión de lignina para alimentar un proceso HTC, las líneas 83, 84, 86 pueden transportar la suspensión de lignina a través de los intercambiadores de calor 34, 35, permitiendo así el calentamiento de la suspensión de lignina.

Ventajosamente, con tal liberación de la energía térmica del medio de transferencia de calor de la primera corriente al proceso que consume calor 155, no hay necesidad o hay una necesidad reducida de usar vapor de baja presión más valioso procedente de la turbina de vapor 3 a los efectos del proceso que consume calor 155. Así, se puede incrementar la eficiencia de la producción de electricidad con la turbina de vapor 3 y/o se puede emplear dicho vapor de baja presión más valioso para otros fines más pertinentes que el proceso que consume calor 155. Además, se puede incrementar la eficiencia energética del proceso que comprende el horno de cal 2 porque la energía térmica se puede recuperar de los gases de combustión del horno de cal 2 y usarse con fines productivos.

Después de los intercambiadores de calor 34, 35, y como se ilustra en la Figura 4, el medio de transferencia de calor se puede transportar a través de las líneas 87 y 88, respectivamente, a los lugares donde se combinan la primera

corriente del medio de transferencia de calor y la segunda corriente del medio de transferencia de calor, es decir, en los que se conectan las líneas 87 y 88 a la línea 76.

Continuando con la Figura 4, después de tal combinación, el medio de transferencia de calor se puede repartir una vez más, en una tercera corriente en una línea 77 y en una cuarta corriente que continua en la línea 76. Las proporciones mutuas del medio de transferencia de calor en la tercera corriente y en la cuarta corriente se pueden especificar según la transferencia de energía térmica proporcional deseada y la recuperación en un intercambiador de calor 32 (la tercera corriente) y en un intercambiador de calor 31 (la cuarta corriente), tal como se describe inmediatamente a continuación. Como se ilustra en la Figura 4, la tercera corriente se puede transportar a través de un intercambiador de calor 32 para liberar energía térmica para ser empleada en un proceso que consume calor 154 tal como el calentamiento del aire de admisión de la caldera de recuperación química 1. Un proceso que consume tanto calor 154 se puede conectar al intercambiador de calor 32 a través de una circulación separada del medio de transferencia de calor a través de las líneas 79 y 80. La cuarta corriente se puede transportar a otro intercambiador de calor 31 para liberar energía térmica al agua que regresa de la turbina de vapor antes de que dicha agua de retorno llegue a un tanque de agua de alimentación 6.

Continuando la Figura 4, después de los intercambiadores de calor 31 y 32, la tercera corriente y la cuarta corriente del medio de transferencia de calor se pueden combinar en un lugar donde una línea 78 procedente del intercambiador de calor 32 se conecta a la línea 63 procedente del intercambiador de calor 31. A partir de entonces, el flujo combinado del medio de transferencia de calor se puede transportar a través de una bomba inductora de circulación 12 seguida de una línea 69 al(a los) intercambiador(es) de calor 26, 27, 28 del primer canal de descarga de gases de combustión 7 para su recalentamiento.

Continuando con la Figura 4, ciertas condiciones obtenidas según un ejemplo específico pueden ser como sigue. Del caudal volumétrico del medio de transferencia de calor en la línea 64, aproximadamente el 10% se puede repartir como la primera corriente en la línea 75 y aproximadamente el 90% se puede repartir como la segunda corriente en la línea 76. En este caso, la presión reinante en dichas líneas puede ser de aproximadamente 25 bar y la temperatura puede ser de aproximadamente 180 °C. Después de la bomba 13, la presión en la línea 85 puede ser de aproximadamente 50 bar. La temperatura de los gases de combustión en el segundo canal de descarga de gases de combustión 8 puede ser de aproximadamente 260 °C antes del intercambiador de calor 20 y de aproximadamente 200 °C después del intercambiador de calor 20. La temperatura del medio de transferencia de calor en la línea 74 después del intercambiador de calor 20 puede ser de aproximadamente 240 °C. Después de la disposición de la válvula 131, la presión del medio de transferencia de calor puede ser de 25 bar. En este ejemplo específico, el proceso que consume calor 155 puede ser el calentamiento de la suspensión de lignina para un proceso HTC, en donde la temperatura de dicha suspensión puede ser de aproximadamente 170 °C antes del calentamiento con la energía térmica capturada con los intercambiadores de calor 34 y 35, y de aproximadamente 213 °C después de dicho calentamiento.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para producir electricidad, comprendiendo el sistema

- una caldera de recuperación química (1) adaptada para suministrar vapor sobrecalentado a una turbina de vapor (3) que acciona un generador (4), comprendiendo la caldera de recuperación química (1)

- 5 ○ un primer canal de descarga de gases de combustión (7) adaptado para descargar los gases de combustión de la caldera de recuperación química (1) y
- una primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) dispuesta en el primer canal de descarga de gases de combustión (7) y adaptada para recuperar la energía térmica de los gases de combustión de la caldera de recuperación química (1);

10 - un horno de cal (2) adaptado para oxidar el carbonato de calcio (CaCO_3) del lodo de cal para producir cal (CaO), comprendiendo el horno de cal (2)

- un segundo canal de descarga de gases de combustión (8) adaptado para descargar los gases de combustión del horno de cal (2) y
- 15 ○ una segunda disposición de intercambio de calor (20) dispuesta en el segundo canal de gases de combustión (8) y adaptada para recuperar la energía térmica de los gases de combustión del horno de cal (2); y

- una circulación para el medio de transferencia de calor, caracterizado por que

- la circulación comprende

- la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28),
- 20 ○ la segunda disposición de intercambio de calor (20), y
- una tubería (64, 75, 85) adaptada para transportar al menos parte del medio de transferencia de calor entre la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) y la segunda disposición de intercambio de calor (20), y

25 - el sistema está configurado para proporcionar al agua de alimentación de la caldera de recuperación química (1) con energía térmica procedente de los gases de combustión del horno de cal (2) a través de una línea (74) de circulación para el medio de transporte de calor.

2. El sistema según la reivindicación 1, en donde la circulación para el medio de transferencia de calor comprende además al menos un intercambiador de calor primario (24) aguas debajo de la segunda disposición de intercambio de calor (20) y antes de la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28), estando el intercambiador de calor primario (24) adaptado para transferir energía térmica desde el medio de transferencia de calor al agua de alimentación de la caldera de recuperación química (1).

3. El sistema según la reivindicación 1 o 2, en donde la tubería (64, 75, 85) está configurada para transportar al menos parte del medio de transferencia de calor desde la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) a la segunda disposición de intercambio de calor (20), y la circulación para el medio de transferencia de calor comprende además uno o más intercambiadores de calor secundarios (33, 34, 35), estando el uno o más intercambiadores de calor secundarios (33, 34, 35) dispuestos aguas debajo de la segunda disposición de intercambio de calor (20) y antes de la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) y estando adaptado para transferir la energía térmica desde el medio de transferencia de calor a un proceso que consume calor (155).

4. El sistema según la reivindicación 3, en donde el proceso que consume de calor (155) comprende calentar la suspensión de lignina.

5. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende una bomba de agua de alimentación (10), en donde

45 - la circulación para el medio de transferencia de calor comprende además un sobrecalentador (30), estando el sobrecalentador (30) adaptado para producir vapor sobrecalentado y dispuesto en una caldera de recuperación química (1), y

- la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) y la segunda disposición de intercambio de calor (20) están dispuestas en la circulación para el medio de transferencia de calor entre la bomba de agua de alimentación (10) y el sobrecalentador (30).

6. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, comprendiendo el sistema además

- una línea (76) que parte desde la circulación para el medio de transferencia de calor entre la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) y la segunda disposición de intercambio de calor (20), y

- al menos un intercambiador de calor terciario (31, 32) adaptado para recuperar la energía térmica de la línea (76);
preferiblemente,

5 - el intercambiador de calor terciario (31, 32) está configurado para transferir energía térmica al agua de alimentación de la caldera de recuperación química (1), al aire de combustión de la caldera de recuperación química (1) y/o a otro proceso que consume calor (154).

7. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el sistema además

10 - un primer dispositivo de filtrado (121, 122, 123) en el primer canal de descarga de gases de combustión (7), estando el primer dispositivo de filtrado (121, 122, 123) configurado para limpiar los gases de combustión y dispuesto en la dirección del flujo de los gases de combustión antes la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28), y/o

15 - una segunda disposición de filtrado (120) en el segundo canal de descarga de gases de combustión (8), estando la segunda disposición de filtrado (120) configurada para limpiar los gases de combustión y dispuesta en la dirección del flujo de los gases de combustión antes de la segunda disposición de intercambio de calor (20).

8. Un método para producir electricidad, comprendiendo el método

- suministrar vapor sobrecalentado con una caldera de recuperación química (1) a una turbina de vapor (3) que acciona un generador (4), comprendiendo la caldera de recuperación química (1)

20 o un primer canal de descarga de gases de combustión (7) adaptado para descargar los gases de combustión de la caldera de recuperación química (1) y

o una primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) dispuesta en el primer canal de descarga de gases de combustión (7) y adaptada para recuperar la energía térmica de los gases de combustión de la caldera de recuperación química (1);

25 - oxidar el carbonato de calcio (CaCO_3) del lodo de cal para producir cal (CaO) con un horno de cal (2), comprendiendo el horno de cal (2)

o un segundo canal de descarga de gases de combustión (8) adaptado para descargar los gases de combustión del horno de cal (2) y

30 o una segunda disposición de intercambio de calor (20) dispuesta en el segundo canal de gases de combustión (8) y adaptada para recuperar la energía térmica de los gases de combustión del horno de cal (2); y

- hacer circular un medio de transferencia de calor en una circulación de medio de transferencia de calor, caracterizado por que

- la circulación comprende

35 o la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28),

o la segunda disposición de intercambio de calor (20), y

o una tubería (64, 75, 85) adaptada para transportar al menos parte del medio de transferencia de calor entre la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) y la segunda disposición de intercambio de calor (20); y por

40 - proporcionar agua de alimentación de la caldera de recuperación química (1) con la energía térmica procedente de los gases de combustión del horno de cal (2) a través de una línea (74) de circulación del medio de transferencia de calor.

9. El método según la reivindicación 8, en donde la circulación para el medio de transferencia de calor comprende además al menos un intercambiador de calor primario (24) aguas abajo de la segunda disposición de intercambio de calor (20) y antes de la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28), comprendiendo además el método transferir la energía térmica con el intercambiador de calor primario (24) desde el medio de transferencia de calor al agua de alimentación de la caldera de recuperación química (1).

10. El método según la reivindicación 8 o 9, en donde la tubería (64, 75, 85) está configurada para transportar al menos parte del medio de transferencia de calor desde la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) a la segunda disposición de intercambio de calor (20), y la circulación para el medio de transferencia de calor comprende además

uno o más intercambiadores de calor secundarios (33, 34, 35), el uno o más intercambiadores de calor secundarios (33, 34, 35) dispuestos aguas debajo de la segunda disposición de intercambio de calor (20) y antes de la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28), comprendiendo además el método transferir la energía térmica con uno o más intercambiadores de calor secundarios (33, 34, 35) desde el medio de transferencia de calor a un proceso que consume calor (155).

5 11. El método según la reivindicación 10, en donde el proceso que consume calor (155) comprende calentar la suspensión de lignina.

12. El método según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende una bomba de agua de alimentación (10), en donde

10 - la circulación para el medio de transferencia de calor comprende además un sobrecalentador (30), estando el sobrecalentador (30) adaptado para producir vapor sobrecalentado y dispuesto en una caldera de recuperación química (1), y

15 - la primera disposición de intercambio de calor (26, 27, 28) y la segunda disposición de intercambio de calor (20) están dispuestas en la circulación para el medio de transferencia de calor entre la bomba de agua de alimentación (10) y el sobrecalentador (30).

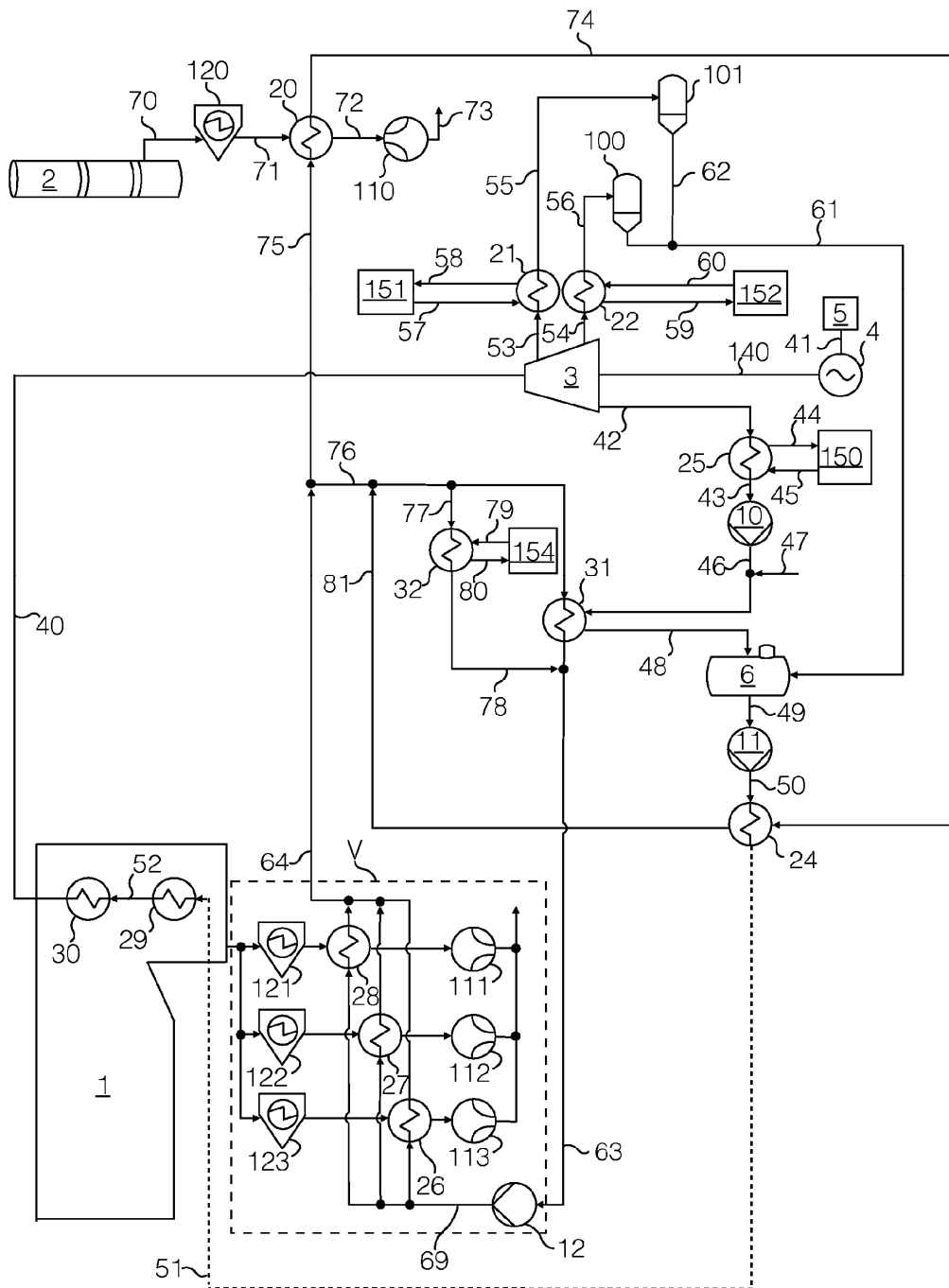


Fig. 1

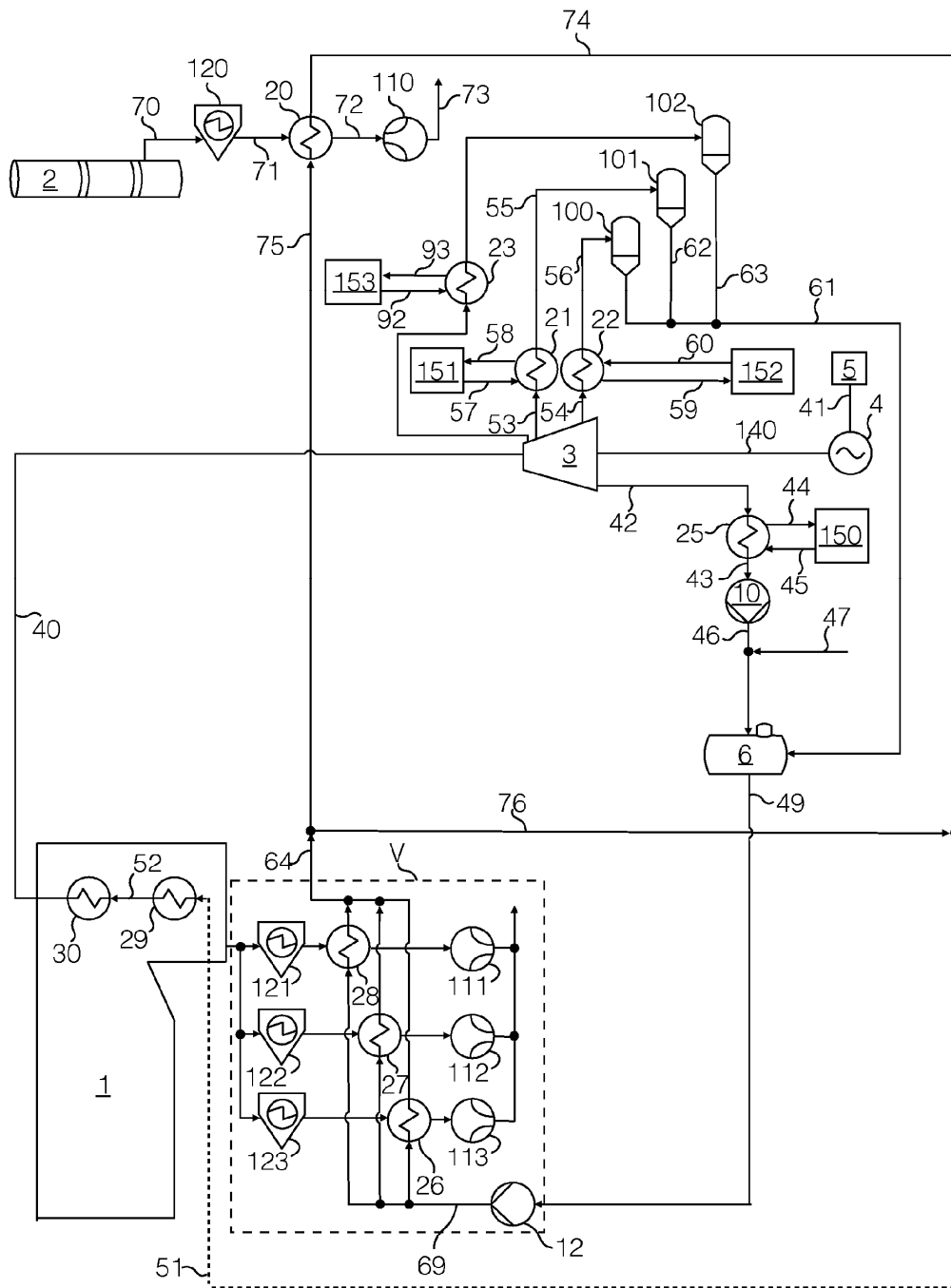


Fig. 2

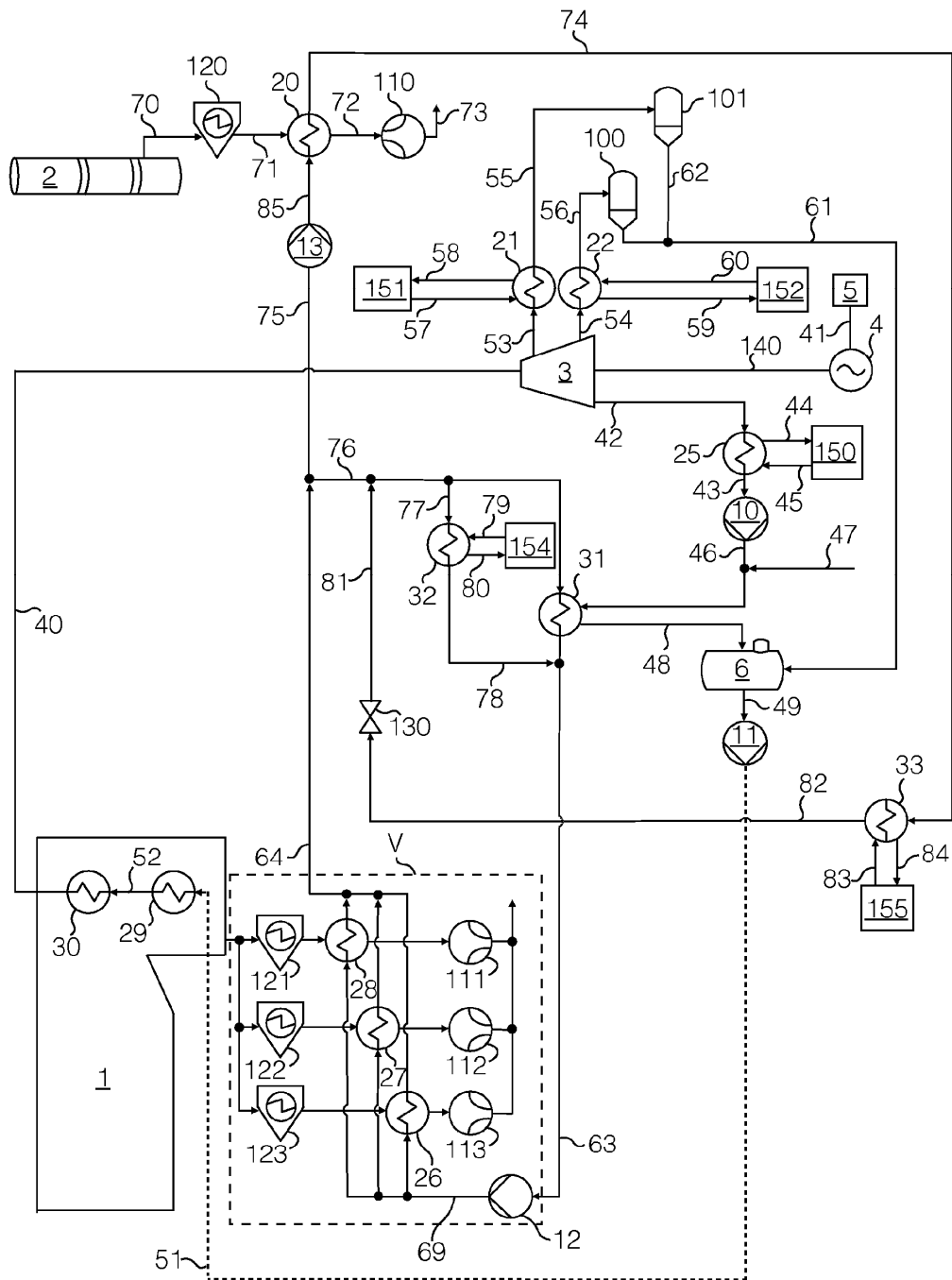


Fig. 3

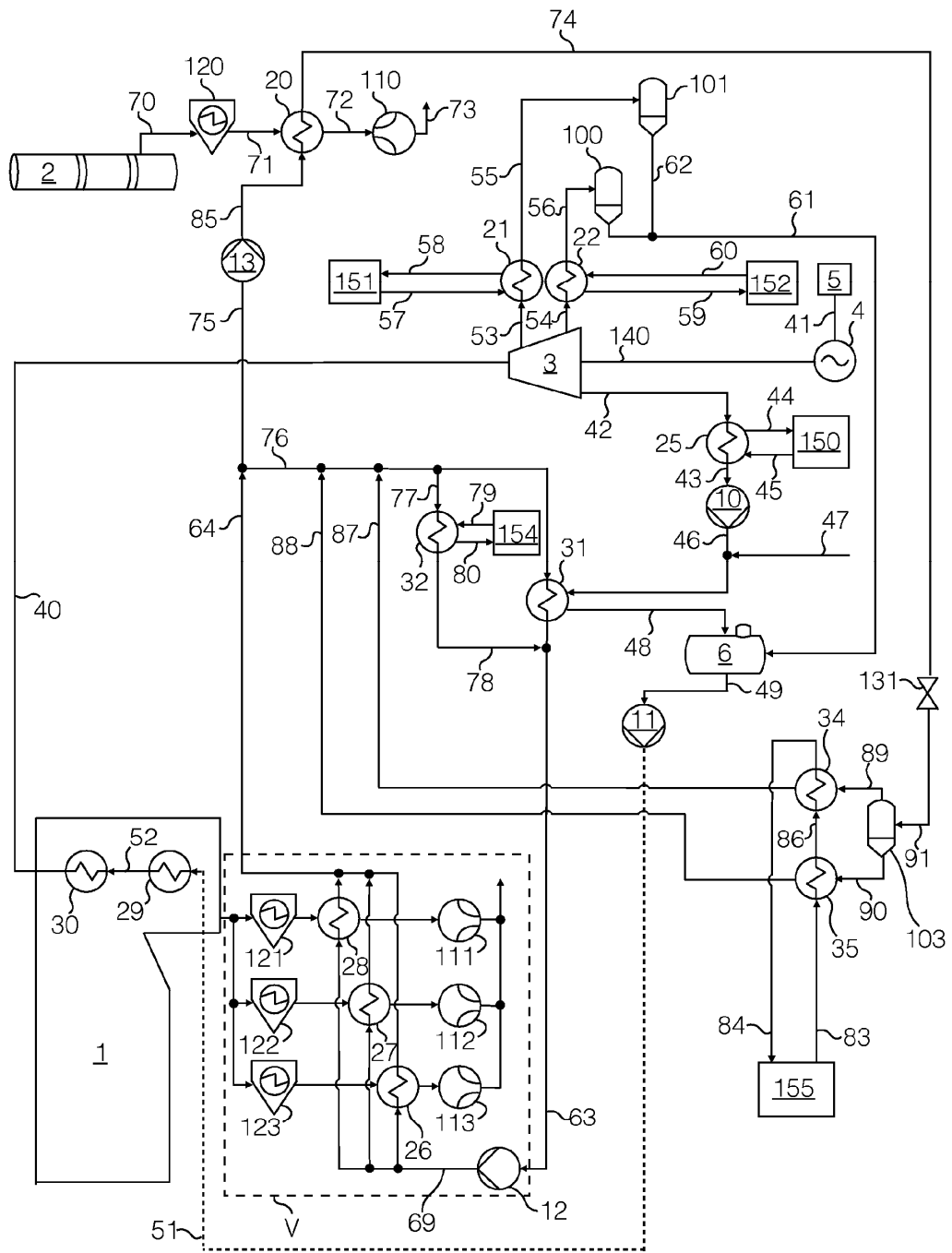


Fig. 4

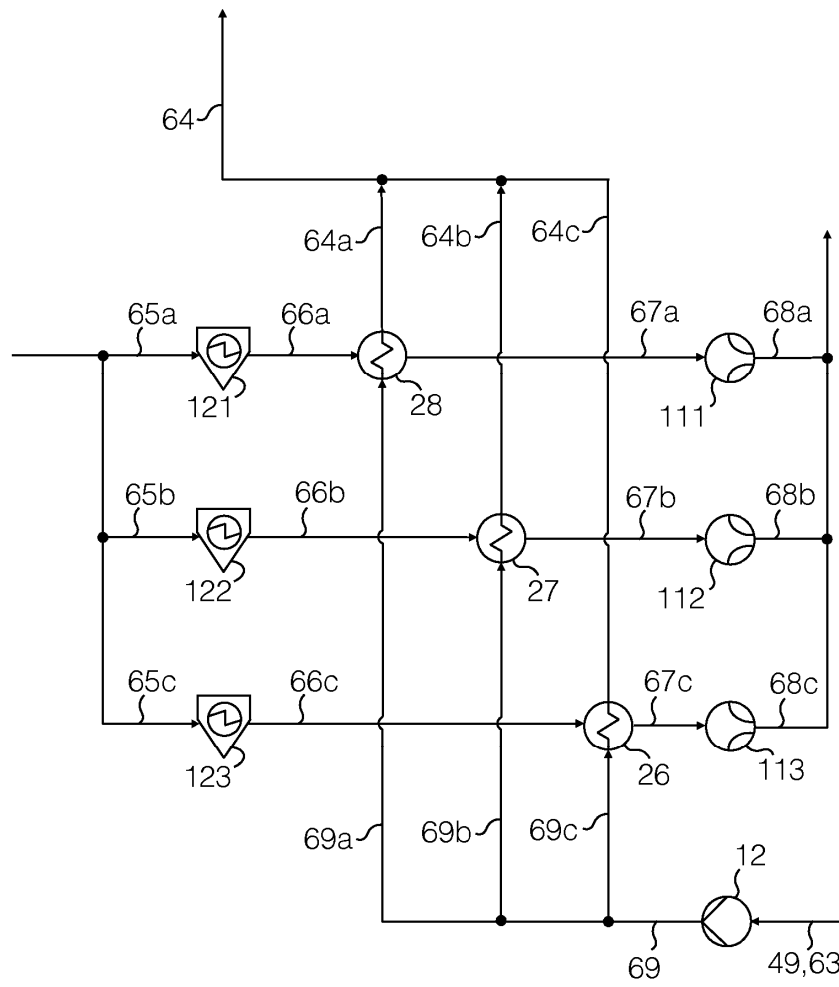


Fig. 5

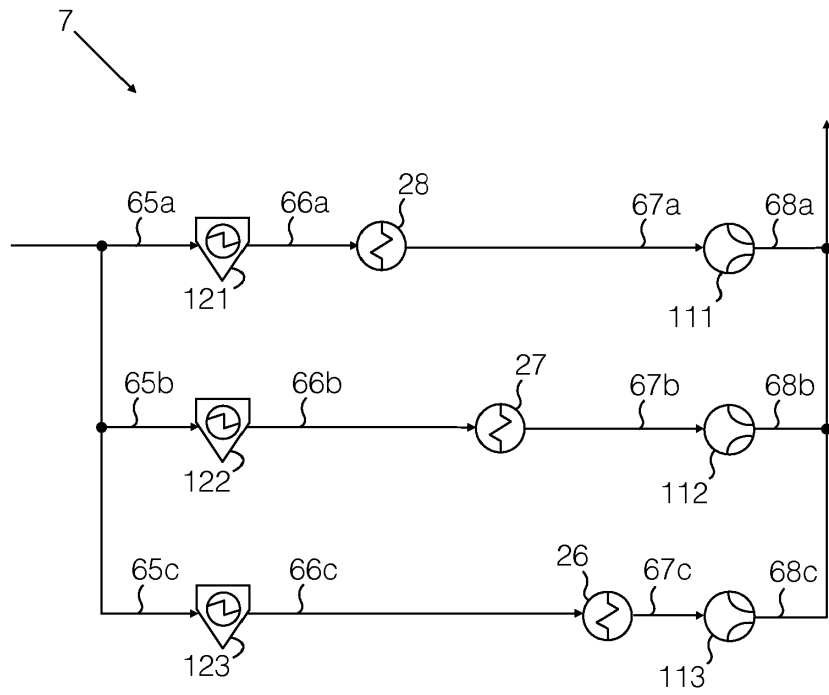


Fig. 6a

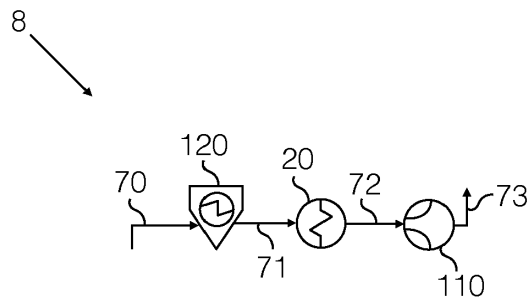


Fig. 6b