

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 871 545**

51 Int. Cl.:

F23L 15/04 (2006.01)

F23N 3/00 (2006.01)

F23L 7/00 (2006.01)

F28D 15/00 (2006.01)

F24H 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2017** **PCT/FR2017/051742**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.01.2018** **WO18007723**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2017** **E 17742820 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.03.2021** **EP 3482131**

54 Título: **Procedimiento de precalentamiento de un fluido corriente arriba de un horno**

30 Prioridad:

08.07.2016 FR 1656584

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
29.10.2021

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75 quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**JARRY, LUC y
VAN KAMPEN, PETER**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 871 545 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de precalentamiento de un fluido corriente arriba de un horno

5 La presente invención se refiere al precalentamiento de un fluido corriente arriba de un horno mediante intercambio térmico con humos evacuados del horno.

10 La compañía Air Liquide ha desarrollado e industrializado una tecnología de oxidcombustión en un horno, tecnología según la cual el oxígeno de combustión y, llegado el caso, también el combustible, se precalientan corriente arriba del horno mediante intercambio térmico indirecto con los humos evacuados del horno.

Se hace una distinción entre el intercambio térmico directo y el intercambio térmico indirecto.

15 Durante un intercambio térmico directo, se calienta un fluido con un fluido más caliente mediante intercambio térmico a través de una pared que separa el fluido que se va a calentar del fluido más caliente.

Por intercambio térmico indirecto se entiende un intercambio térmico en dos etapas de intercambio directo a través de un fluido intermedio.

20 Así, en la tecnología de oxidcombustión conocida de la compañía Air Liquide:

- se calienta un fluido intermedio mediante intercambio térmico directo con los humos a través de una primera pared en una primera etapa, y
- en una segunda etapa en la que el oxígeno de combustión (y, llegado el caso, también el combustible) se precalienta(n) mediante intercambio térmico directo con el fluido intermedio calentado en la primera etapa a través de una segunda pared.

25

Dicha tecnología se describe, especialmente, en el documento WO 2006/054015 en el contexto de un intercambiador para horno de combustión.

30 La explotación de esta tecnología ha demostrado que permite unos ahorros de eficacia considerables en el caso de hornos que funcionan de forma continua y sin modificaciones significativas frecuentes en el modo de funcionamiento del horno y que generan de forma continua un caudal de humos calientes suficiente para permitir el precalentamiento a una temperatura deseada del oxígeno y/o del combustible. Por lo tanto, el caudal y la temperatura de los humos generados por dicho horno no varían normalmente de manera significativa o brusca durante el funcionamiento del

35

El intercambio térmico indirecto se conoce también en el campo de las calderas de agua con quemador, véase el documento EP-A-0231962, así como en el campo de los intercambiadores de calor para la recuperación de calor residual de los humos de una caldera, véase el documento CN-U-201680745.

40 El documento EP-A-0231962 describe un procedimiento para el calentamiento del agua corriente en el interior de una cámara de combustión equipada de un quemador y corriente arriba de la salida de humos de dicha cámara de combustión. La cámara de combustión comprende un intercambiador de calor que consiste en tubos que se extienden entre dos paredes opuestas de la cámara de combustión y en las que fluye un medio portador de calor. El agua corriente que se ha de calentar fluye en tuberías colocadas coaxialmente en el interior de algunos tubos del intercambiador de calor.

45

El documento CN-U-201680745 describe un intercambiador de calor horizontal con cambio de fase apto para ser utilizado en calderas de combustión. Dicho intercambiador de calor comprende un número de unidades de intercambio de calor. Cada unidad de intercambio de calor comprende un tubo interno rodeado de un tubo externo. El fluido que se ha de calentar fluye en el espacio entre el tubo interno y el tubo externo, un fluido de absorción de calor fluye en el tubo interno. El caudal del fluido de absorción de calor en el tubo interno se regula en función de una temperatura detectada del tubo externo.

50 El objetivo de la presente invención es proporcionar una tecnología de precalentamiento indirecto basada en los principios mencionados anteriormente que sea más adecuada para hornos que generan humos calientes cuyo caudal y/o temperatura varían significativamente durante el funcionamiento del horno.

60 Este es especialmente el caso para hornos discontinuos cuya combustión, y, por lo tanto, producción de humos calientes, se interrumpen durante fases de parada del horno entre dos fases activas del horno, y varían según las fases activas del horno.

65 Para este fin, la presente invención propone un procedimiento mejorado para el precalentamiento de un fluido corriente arriba de un horno para obtener un fluido precalentado que se lleva hacia el horno, siendo el precalentamiento del fluido mediante intercambio térmico con humos evacuados del horno a través de una canalización.

Según este procedimiento, un medio líquido o gaseoso atraviesa una cámara a un primer caudal. Este medio se utiliza como medio portador de calor entre los humos calientes y el fluido que se va a precalentar.

Los humos en la canalización calientan el medio intermedio en la cámara mediante intercambio térmico a través de una pared, denominada «primera pared», que separa el medio intermedio que se encuentra en la cámara de los humos que se encuentran en la canalización de evacuación, obteniéndose de un medio calentado.

El fluido que se va a precalentar atraviesa al menos un conducto a un segundo caudal. Una pared, denominada «segunda pared», separa el fluido que se va a precalentar que se encuentra en el al menos un conducto, por un lado, del medio en el interior de la cámara, por otro lado.

El fluido que se va a precalentar puede así atravesar un único conducto o un haz de tales conductos. Cuando el fluido que se va a precalentar atraviesa varios de dichos conductos, el segundo caudal corresponde al caudal global del fluido que se va a precalentar, es decir la suma de los caudales de fluido que se van a precalentar que atraviesan los diferentes conductos.

El al menos un conducto atravesado por el fluido que se va a precalentar puede, por ejemplo, estar situado en el interior de la cámara. En este caso, la pared exterior del al menos un conducto del interior de la cámara constituye la segunda pared.

El medio calentado, que se encuentra en la cámara, precalienta el fluido que se encuentra en el al menos un conducto por intercambio térmico a través de la segunda pared. Se obtiene así un fluido precalentado que se lleva hacia el horno para su introducción en el horno.

Según la presente invención, se regula el primer caudal, es decir el caudal del medio (fluido portador de calor) en la cámara en función de al menos una de las temperaturas siguientes:

- la temperatura de los humos en la canalización,
- la temperatura del medio calentado,
- la temperatura del fluido precalentado, y
- la temperatura de la primera pared.

Según la invención, el primer caudal se puede regular en función de una sola de dichas temperaturas. Es también posible, y generalmente ventajoso, regular el primer caudal en función de varias de dichas temperaturas, por ejemplo en función de:

- la temperatura de los humos en la canalización y la temperatura del medio calentado;
- la temperatura de los humos en la canalización y la temperatura del fluido precalentado;
- la temperatura de los humos en la canalización y la temperatura de la primera pared;
- la temperatura del medio calentado y la temperatura del fluido precalentado;
- la temperatura del medio calentado y la temperatura de la primera pared;
- la temperatura del fluido precalentado y la temperatura de la primera pared;
- la temperatura de los humos en la canalización, la temperatura del medio calentado y la temperatura del fluido precalentado;
- la temperatura de los humos en la canalización, la temperatura del medio calentado y la temperatura de la primera pared;
- la temperatura de los humos en la canalización, la temperatura del fluido precalentado y la temperatura de la primera pared;
- la temperatura del medio calentado, la temperatura del fluido precalentado, y en función, y la temperatura de la primera pared;
- la temperatura de los humos en la canalización, la temperatura del medio calentado, la temperatura del fluido precalentado y la temperatura de la primera pared.

El procedimiento según la presente invención utiliza, por lo tanto, un caudal variable del medio en la cámara. Esto permite adaptar la recuperación de calor y el precalentamiento del fluido al funcionamiento del horno.

Cuando el horno es, por ejemplo, un horno discontinuo, la invención permite regular la recuperación de calor y el precalentamiento del fluido en función de la etapa o del estado de funcionamiento del horno.

El fluido que se va a precalentar puede ser un oxidante de combustión, y en particular tal oxidante tiene un contenido de oxígeno del 50% vol. a 100% vol., con un combustible o cualquier otro fluido que se vaya a proporcionar al horno a temperatura elevada. La invención es particularmente ventajosa para el precalentamiento de un oxidante de combustión. En este caso, el oxidante de combustión presenta ventajosamente un contenido de oxígeno de al menos un 80% en volumen, y preferentemente de al menos un 90% en volumen.

La invención permite también combinar el precalentamiento de varios fluidos que se van a precalentar, por ejemplo un oxidante de combustión y un combustible, atravesando entonces cada fluido que se va a precalentar al menos un conducto específico para dicho fluido que se va a precalentar.

El medio que atraviesa la cámara (fluido portador de calor) es preferentemente un medio gaseoso tal como, por ejemplo, aire, nitrógeno, CO₂ o vapor. La utilización de aire como medio es frecuentemente preferible debido a su disponibilidad y su inocuidad.

Corriente abajo de la cámara, el medio, que presenta generalmente siempre una temperatura mayor que la temperatura ambiente, se puede utilizar para otras aplicaciones (por ejemplo como fuente de calor para el calentamiento de instalaciones o edificios, en una instalación de secado, para la producción de electricidad en un ciclo de Rankine o, cuando el medio es un oxidante, como oxidante de combustión). Otra posibilidad es reciclar el fluido hacia la cámara.

Salvo medidas particulares, tales como la inyección de aire frío en la canalización corriente arriba de la cámara, la temperatura y el caudal de los humos evacuados se determinan mediante el proceso que tiene lugar en el horno.

El caudal del fluido que se va a precalentar en el al menos un conducto se determina normalmente también por las necesidades del proceso en el horno.

La temperatura del medio calentado, la temperatura del fluido precalentado y la temperatura de la primera pared, por el contrario, se pueden modificar cambiando el caudal del medio en la cámara (primer caudal). En efecto, a caudales y temperaturas idénticos (a) de los humos en la canalización y (b) del fluido que se va a precalentar, un aumento del primer caudal (caudal del medio en la cámara) provoca una bajada de la temperatura de la primera pared que separa los humos del medio, una reducción de la temperatura del medio precalentado, así como una reducción de la temperatura del fluido precalentado. De manera análoga, a caudales y temperaturas idénticos de los humos en la canalización y del fluido a precalentar, una reducción del primer caudal provoca un aumento de la temperatura de la primera pared, un aumento de la temperatura del medio precalentado, así como un aumento de la temperatura del fluido precalentado.

El porcentaje de la energía térmica evacuada del horno por los humos que se recicla hacia el horno por el fluido precalentado aumenta con la temperatura de precalentamiento Tf de dicho fluido.

La presente invención permite realizar una temperatura de precalentamiento Tf elevada, asegurando al mismo tiempo un nivel de seguridad elevado.

Como regla general, el primer caudal se regula de manera que el fluido precalentado presente una temperatura Tf al menos igual a una temperatura mínima Tfmín predeterminada. Cuando la temperatura Tf baja por debajo de Tfmín, el primer caudal se reduce para aumentar la temperatura del medio calentado y así también la temperatura Tf del fluido precalentado. Esta temperatura mínima Tfmín puede ser constante o puede variar en el tiempo (Tfmín(t)) en función de los cambios/estado de avance del proceso que tiene lugar en el horno. Tfmín se determina típicamente a fin de asegurar un cierto nivel de mejora de la eficacia energética gracias al precalentamiento del fluido.

Según una primera forma de realización, se regula el primer caudal de manera que la temperatura Tpp de la primera pared permanezca menor o igual a una primera temperatura máxima Tppmáx predeterminada. Esta temperatura Tppmáx es típicamente constante. Tppmáx depende normalmente de la naturaleza del o de los materiales constitutivos de la primera pared. Más particularmente, cuando la temperatura Tpp de la primera pared supera este valor Tppmáx, el primer caudal se aumenta a fin de disminuir la temperatura de la primera pared Tpp. En efecto, conviene asegurar que la temperatura de la cámara, y en particular de la primera pared, no alcance una temperatura a la que la integridad física de esta estructura corra el riesgo de estar comprometida.

Según una segunda forma de realización, se regula el primer caudal a fin de mantener la temperatura Tf del fluido precalentado por debajo de una segunda temperatura máxima predeterminada Tfmáx.

Cuando la temperatura Tf del fluido precalentado alcanza esta temperatura máxima Tfmáx, el primer caudal se aumenta a fin de disminuir la temperatura Tf del fluido precalentado. Esta segunda temperatura máxima Tfmáx es también típicamente una constante. Depende generalmente de la naturaleza del fluido que se va a precalentar.

Así, cuando el fluido que se va a precalentar es un oxidante con un contenido de oxígeno de entre el 50% en volumen y el 100% en volumen., se puede regular el primer caudal a fin de mantener la temperatura Tox (=Tf) del oxidante precalentado por debajo de una temperatura de oxidante máxima Toxmáx predeterminada. Esto es especialmente útil a fin de proteger el al menos un conducto/la segunda pared, así como los elementos en contacto con el oxidante precalentado corriente abajo del al menos un conducto contra las modificaciones estructurales que pueden provocar una corrosión acelerada por el oxidante precalentado, incluso una autoinflamación en algunas condiciones de presión. Toxmáx puede ser, por ejemplo, 550°C, cuando el o los conductos en los que fluye el oxidante precalentado son de un material altamente resistente a la oxidación, como especialmente el INCONEL, o también 400°C cuando el material es un material menos resistente tal como el acero inoxidable. Como se ha indicado anteriormente, el oxidante que se va a precalentar puede tener especialmente un contenido de oxígeno de al menos un 80% en volumen, incluso de al menos un 90% en volumen.

Quando el fluido que se va a precalentar es un combustible, se puede regular el primer caudal a fin de mantener la temperatura $T_{comb} (=T_f)$ del combustible precalentado por debajo de una temperatura de combustible máxima $T_{comb\max}$ predeterminada en función de la naturaleza del combustible. De esta manera, se puede evitar una degradación térmica del combustible, por ejemplo por craqueo. Para el gas natural, por ejemplo, $T_{comb\max}$ puede ser del orden de 450°C para evitar cualquier riesgo de descomposición del gas natural a mayor temperatura, produciendo un depósito de hollines.

La regulación del primer caudal se realiza preferentemente de manera automatizada mediante una unidad de control.

Quando se regula el primer caudal de manera que la temperatura T_f del fluido precalentado sea mayor o igual a $T_{f\min}$ y/o menor que $T_{f\max}$ (tal como $T_{ox\max}$ para un oxidante o $T_{comb\max}$ para un combustible), es práctico medir la temperatura T_f del fluido precalentado y regular el primer caudal como se ha descrito anteriormente, comparando la temperatura T_f medida con la temperatura predeterminada $T_{f\min}$, respectivamente $T_{f\max}$.

De manera análoga, cuando se regula el primer caudal a fin de mantener la temperatura T_{pp} de la primera pared por debajo de la primera temperatura máxima $T_{pp\max}$, se puede medir la temperatura de la primera pared y regular el primer caudal como se ha descrito anteriormente, comparando la temperatura T_{pp} medida con la primera temperatura máxima $T_{pp\max}$.

Dado que el fluido se precalienta mediante intercambio térmico con el medio en la cámara, se puede medir también la temperatura T_{med} del medio calentado en la cámara y regular el primer caudal de manera que la temperatura T_f del fluido precalentado sea al menos $T_{f\min}$ y/o sea menor que $T_{f\max}$ en función de la temperatura T_{med} medida. Por ejemplo, cuando la temperatura medida T_{med} del medio calentado supera una tercera temperatura máxima $T_{med\max}$ predeterminada, se aumentará el primer caudal a fin de disminuir la temperatura T_{med} del medio calentado y, por lo tanto, la temperatura T_f del fluido precalentado y/o cuando la temperatura medida T_{med} del medio calentado disminuye por debajo de una temperatura mínima $T_{med\min}$ predeterminada, se reduce el primer caudal a fin de aumentar la temperatura T_{med} del medio calentado y aumentar la temperatura T_f del fluido precalentado.

Es también posible, para la regulación del primer caudal, detectar la temperatura T_{hum} de los humos en la canalización en contacto con la primera pared.

En efecto, como se ha indicado anteriormente, las temperaturas del medio calentado y del fluido precalentado se determinan, para una instalación dada, por la temperatura de los humos evacuados en contacto con la primera pared y por la temperatura y el caudal (primer caudal) del medio portador de calor introducido en la cámara.

Por lo tanto, se puede asegurar que la temperatura T_f del fluido precalentado es al menos $T_{f\min}$ y/o es menor que $T_{f\max}$ y/o que la temperatura T_{pp} de la primera pared no supere $T_{pp\max}$ al regular el primer caudal en función del valor medido de la temperatura T_{hum} de los humos evacuados en contacto con la primera pared.

Por ejemplo, cuando la temperatura T_{hum} de los humos evacuados en contacto con la primera pared supera una cuarta temperatura máxima predeterminada $T_{hum\max}$, se aumentará el primer caudal a fin de disminuir la temperatura T_{pp} de la primera pared, disminuir la temperatura T_{med} del medio calentado y/o disminuir la temperatura T_f del fluido precalentado.

Como ya se ha indicado, es también posible combinar las diferentes realizaciones descritas anteriormente, por ejemplo midiendo diferentes temperaturas y regulando el primer caudal en función de las diferentes temperaturas a fin de respetar el conjunto de los criterios aplicados previamente seleccionados.

Se conoce del estado de la técnica, cuando se teme un sobrecalentamiento de la primera pared con los humos evacuados, enfriar los humos evacuados del horno corriente arriba de un intercambiador de calor inyectando aire ambiente en dichos humos evacuados.

Según una realización del procedimiento según la invención, se mide la temperatura de los humos en la canalización de evacuación del horno y se regula la temperatura de los humos en contacto con la primera pared inyectando un gas de enfriamiento en los humos corriente arriba de la primera pared que separa los humos evacuados del medio en la cámara. El gas de enfriamiento puede proceder de una misma fuente que el medio que se introduce en la cámara. Tal enfriamiento de los humos evacuados es una manera alternativa de asegurar que la temperatura T_{pp} de la primera pared permanezca por debajo de la temperatura $T_{pp\max}$ predeterminada.

Como ya se ha indicado, la regulación del primer caudal se realiza preferentemente de manera automatizada mediante una unidad de control. Cuando la regulación del primer caudal se efectúa sobre la base de una o varias temperaturas medidas, la o las temperaturas medidas se proporcionan a dicha unidad de control.

Quando el procedimiento según la invención comprende una etapa de enfriamiento de los humos evacuados por inyección de un gas de enfriamiento en los humos, corriente arriba de la primera pared, el caudal de gas de

enfriamiento se regula ventajosamente también por dicha unidad de control, incluso la distribución entre el caudal del medio dirigido hacia la cámara y el caudal del gas de enfriamiento inyectado en los humos cuando el medio y el gas de enfriamiento provienen de una misma fuente.

- 5 El primer caudal y/o el caudal del gas de enfriamiento se regulan ventajosamente no sólo para, como se ha indicado anteriormente, mantener la temperatura T_f y/o la temperatura T_{pp} en un intervalo de temperatura deseado, sino también para evitar choques térmicos en la cámara (y en particular en la primera pared).

El caudal del medio en la cámara (primer caudal) se puede regular de diferentes maneras, y en particular:

- 10
- ajustando la velocidad de una bomba o de un soplador a velocidad variable que asegura el flujo del medio a través de la cámara, o
 - ajustando la abertura de una válvula de regulación, por ejemplo una válvula de regulación sobre una canalización que lleva el medio hacia la cámara, una válvula de regulación sobre una canalización de evacuación del medio calentado de la cámara, o de otra válvula que determine directa o indirectamente el
- 15 caudal del medio hacia la cámara.

El horno del que se evacuan los humos y hacia el cual el fluido precalentado se dirige puede ser un horno denominado «continuo». Tal como se ha indicado antes, la invención está particularmente destinada a utilizarse en hornos/procedimientos que generan unos humos calientes cuyo caudal y/o temperatura varían significativamente durante el funcionamiento del horno. En el caso de un horno continuo, estas variaciones pueden ser intrínsecas al procedimiento aplicado en el horno, pueden estar unidas a cambios en la producción (caudal, propiedades del producto tratado o generado) y/o pueden ser la consecuencia de fenómenos progresivos tales como el desgaste, las incrustaciones, etc. de la instalación.

- 25 El horno puede también ser un horno discontinuo, por ejemplo:

- un horno rotativo de fusión de hierro fundido,
 - un horno rotativo de fusión y de reciclado de metales no ferrosos;
 - un horno basculante de fusión y de reciclado de metales no ferrosos;
 - un horno rotativo o basculante para la fusión de esmaltes,
 - un horno de fusión y de reciclado de metales de tipo horno de arco (en inglés: Electric Arc Furnace o EAF).
- 30

El procedimiento según la presente invención y sus ventajas se describen más en detalle en los ejemplos siguientes, haciéndose referencia a las figuras 1 a 2, que son dos representaciones esquemáticas parciales de un procedimiento según la invención y de una instalación (en sección transversal) para su realización.

35

Según el ejemplo ilustrado en la figura 1, los humos calientes 10 generados en el horno (no representado) se evacuan del horno a través de la canalización 11.

- 40 Una cámara 20 rodea la canalización de evacuación de los humos 11.

Un soplador de aire ambiente 30, a velocidad variable, introduce un caudal regulado de aire ambiente 31 en la cámara 20 a fin de crear un flujo de aire en la cámara 20 en co-corriente con la circulación de los humos 10 en la canalización 11.

45

Una primera pared 21 separa físicamente los humos 10 en la canalización 11 del aire en la cámara 20, a fin de permitir un intercambio térmico entre los humos 10 en la canalización 11 y el aire en la cámara 20 a través de esta primera pared 21. El aire en la cámara 20 absorbe así una parte del calor que se ha evacuado del horno con los humos. Se obtiene así aire calentado en la cámara 20.

50

Un fluido 40 que se va a precalentar se introduce en un haz de conductos 41 que atraviesan la cámara 20. La pared exterior de dichos conductos 41 (denominada segunda pared) separa el fluido en los conductos 41 físicamente del medio (aire) en la cámara 20. Esta segunda pared funciona como superficie de intercambio de calor entre el aire y el fluido que se va a precalentar, a fin de obtener el fluido precalentado 42. El aire en la cámara 20 tiene por lo tanto el papel de fluido portador de calor entre los humos calientes 10 en la canalización 11 y el fluido que se va a precalentar en los conductos 41.

55

El fluido precalentado 42 se evacua después del haz de conductos 41 y se lleva hacia el horno.

- 60 Cuando el fluido precalentado 42 es un oxidante de combustión o un combustible, el oxidante o el combustible precalentado se lleva típicamente hacia uno o varios quemadores del horno y/o inyectores a través del o de los cuales el fluido precalentado se inyecta en el horno.

Después del precalentamiento del fluido, el aire 32 se evacua de la cámara 20, típicamente para utilizarse como fuente de calor o como comburante en una instalación corriente abajo.

65

Tal como se ha descrito anteriormente, en algunos casos, la temperatura de los humos calientes 10 en contacto con la primera pared 21 es tan elevada que es posible un sobrecalentamiento de la primera pared 21 y se deben prever medidas para evitar tal sobrecalentamiento (especialmente una inyección de gas de enfriamiento en los humos calientes 10 y/o un aumento el primer caudal).

En otros casos, la energía térmica presente en los humos calientes 10 y disponible para el precalentamiento del fluido que se va a precalentar no es suficiente para precalentar el fluido a una temperatura óptima corriente arriba del horno. Se puede entonces inyectar aire calentado 32 evacuado de la cámara 20 en los humos calientes 10 en la cámara 20 para provocar una combustión (denominada postcombustión) del CO y/u otros no quemados y/o productos de combustión parcial en los humos calientes 10. Dicha postcombustión permite aumentar la temperatura de los humos 10 en la cámara 20, y así calentar el fluido 40 (por ejemplo el oxígeno o el gas natural) a mayor temperatura.

En el ejemplo ilustrado en la figura 1, el fluido que se va a precalentar es un oxidante de combustión (combustible) que presenta una cantidad de oxígeno del 97% en volumen, que fluye al menos en los conductos 41 en contracorriente con el aire en la cámara 20.

Un primer detector de temperatura (termopar) 50 detecta la temperatura T_{hum} de los humos calientes 10 en la canalización 11, directamente corriente arriba de la cámara 20.

Un segundo detector 51 detecta la temperatura T_{med} del aire calentado en la proximidad de la salida de aire calentado de la cámara 20. En la realización ilustrada, el segundo detector 51 detecta más precisamente la temperatura T_g de la pared de la cámara 20 en contacto con el aire calentado en este sitio, siendo así la temperatura T_g una medida para la temperatura T_{med} de este aire calentado.

Un tercer detector 52 detecta la temperatura T_f del fluido precalentado a la salida del haz de conductos 41.

Cada uno de los tres detectores 50, 51 y 52 está conectado a una unidad de control 60 que regula la velocidad del soplador de aire 30 y así también el caudal de aire ambiente 31 que se proporciona a la cámara 20.

El soporte lógico de la unidad 60 calcula, al menos aproximadamente, la temperatura de la primera pared sobre la base de la temperatura de los humos calientes 10 detectada por el primer detector 50 y el caudal y la temperatura conocidos del aire ambiente. La unidad de control 60 verifica después si el caudal de aire ambiente generado por el soplador 30 es tal que la temperatura T_{pp} de la primera pared 21 no supere una temperatura máxima $T_{ppm\acute{a}x}$ predeterminada (comparando el valor calculado con el valor $T_{ppm\acute{a}x}$). Si el caudal de aire ambiente actual (primer caudal) no es suficiente para asegurar el enfriamiento necesario de la primera pared 21, de manera que se tema un sobrecalentamiento de la primera pared 21, la unidad de control aumenta la velocidad del soplador de aire 30 y de esa manera también el caudal de aire ambiente 31 hacia la cámara 20.

La unidad de control 60 compara también la temperatura T_f (más particularmente T_{ox} en la realización ilustrada) del fluido precalentado detectada por el tercer detector 52 con un valor máximo $T_{fm\acute{a}x}$ (más particularmente $T_{oxm\acute{a}x}$) predeterminado. Cuando la temperatura T_f detectada alcanza el valor máximo $T_{fm\acute{a}x}$, la unidad de control 60 aumenta la velocidad del soplador de aire 30 y así también el caudal de aire ambiente 31 hacia la cámara 20, lo que provoca finalmente una disminución de la temperatura T_f del fluido precalentado.

La unidad de control 60 compara también la temperatura T_f detectada por el detector 52 con una temperatura mínima $T_{fm\acute{i}n}$ para el fluido precalentado, temperatura mínima que puede evolucionar en el tiempo en función de las necesidades del proceso que tiene lugar en el horno. Si la temperatura T_f detectada es menor que la temperatura mínima $T_{fm\acute{i}n}$, la unidad de control reduce la velocidad del soplador de aire 30 y así también el caudal de aire ambiente 31 hacia la cámara 20, a fin de realizar una temperatura de precalentamiento T_f más elevada del fluido a la salida del haz de conductos 41. Sin embargo, las consignas relacionadas con las temperaturas máximas $T_{ppm\acute{a}x}$ y $T_{fm\acute{a}x}$ prevalecen por razones de seguridad. La unidad de control 60 mantiene, por lo tanto, en todo momento la velocidad del soplador de aire 30 por encima de la velocidad a la que la temperatura T_{pp} superaría la temperatura máxima $T_{ppm\acute{a}x}$ predeterminada y por encima de la velocidad a la que la temperatura T_f alcanzaría o superaría la temperatura $T_{fm\acute{a}x}$.

En base a la temperatura T_g detectada por el segundo detector 51, la unidad de control verifica el buen funcionamiento de la cámara 20 y de los dos detectores 50 y 52. Con este propósito, la unidad de control 60 verifica si la temperatura T_g de la cámara detectada por el segundo detector 51 corresponde sustancialmente a la temperatura que era teórica/matemáticamente de esperar a la vista de la temperatura T_{hum} detectada de los humos calientes, de la velocidad del soplador 30 y la temperatura conocida del aire ambiente, del caudal del fluido que se va a precalentar y de la temperatura detectada T_f del fluido precalentado a la salida de los conductos 41. Cuando la temperatura T_g detectada se distingue significativamente de esta temperatura teórica/matemática, la unidad de control 60 emite una señal de alarma. En efecto, una diferencia significativa entre la temperatura T_g detectada y la temperatura teórica/matemática puede significar un fallo de uno de los detectores 50 y 52, o también una fuga en la cámara 20 o en los conductos 41.

La estanqueidad de la cámara 20 puede también verificarse/vigilarse mediante un detector de presión (no ilustrado) que detecta la presión del medio en la cámara 20 o corriente abajo de la cámara 20. La unidad de control 60 compara la presión detectada con la presión teórica/matemática del medio que se va a prever a la vista de la presión y del caudal del medio 60 en la entrada de la cámara 20. La unidad de control 60 emite entonces una señal de alarma cuando la presión detectada se distingue significativamente de la presión teórica/matemática.

El detector 51 se puede también utilizar a fin de evitar choques térmicos en la cámara 20, a nivel de los conductos 41 y a nivel de la primera pared 21, sabiendo que tales choques térmicos pueden debilitar dichas estructuras. Así, según una realización, la unidad de control 60: (a) verifica el gradiente (velocidad de cambio) $\Delta T_{med}/\Delta t$ de la temperatura T_{med} del medio calentado (o el gradiente $\Delta T_g/\Delta t$ de la temperatura T_g de una parte de la cámara 20 en contacto con este medio calentado) y (b) regula las variaciones del primer caudal a fin de mantener este gradiente $\Delta T_{med}/\Delta t$ (o $\Delta T_g/\Delta t$) por debajo de un umbral $\Delta T/\Delta t$ predeterminado, especialmente limitando el gradiente de la velocidad del soplador 30 y por lo tanto así el gradiente del primer caudal.

Como la temperatura del medio en la entrada de la cámara 20 (aire ambiente en el presente ejemplo) puede variar significativamente a lo largo del tiempo, es útil prever un detector de temperatura suplementario (no ilustrado) también conectado a la unidad de control 60 que detecta la temperatura del medio 31 en la entrada de la cámara 20. En efecto, como ya se ha indicado anteriormente, la temperatura del medio 31 en la entrada de la cámara 20 tiene también un impacto sobre la temperatura de la primera pared T_{pp} , la temperatura del medio calentado T_{med} y la temperatura del fluido precalentado T_f . En el caso de un medio 31 a temperatura significativamente variable en la entrada de la cámara 20 (por ejemplo en función de la temperatura ambiente o cuando el medio circula en un circuito cerrado), cualquier variación significativa de la temperatura del medio 31 en la entrada de la cámara 20 debe también tenerse en cuenta por la unidad de control 60 a fin de determinar el caudal (primer caudal) con el que el medio 31 debe proporcionarse a la cámara 20 (por ejemplo regulando la velocidad del soplador 30) a fin de respetar los criterios que se han expuesto anteriormente. Por el contrario, no es necesario ajustar el primer caudal en el caso de una variación no significativa de la temperatura del medio 31 en la entrada de la cámara 20.

Es así útil fijar un umbral ΔT_s (por ejemplo del orden de 10°C), por debajo del cual las variaciones de la temperatura del medio 31 en la entrada de la cámara 20 se consideran como no significativas, y a partir del cual ($\geq \Delta T_s$) las variaciones de temperatura se consideran significativas en el sentido del presente párrafo.

Según una realización alternativa ilustrada en la figura 2, el soplador 30 es un soplador de aire a velocidad constante y que genera, por lo tanto, un caudal global constante de aire ambiente.

Según la realización de la figura 2, la primera pared 21 está protegida contra temperaturas excesivas (por encima de $T_{ppm\acute{a}x}$) disminuyendo la temperatura de los humos calientes 10 corriente abajo de la cámara 20. Para ello, el detector de temperatura 50 detecta la temperatura T_{hum} de los humos calientes 10 en la canalización 11 corriente arriba de la cámara 20. Cuando la temperatura T_{hum} de los humos calientes detectada por el detector 50 es tal que puede conducir a una temperatura T_{pp} de la primera pared 21 que supere la temperatura máxima $T_{ppm\acute{a}x}$, teniendo en cuenta el caudal (y la temperatura) del medio introducido en la cámara 20, la unidad de control ordena un enfriamiento de dichos humos calientes 10 corriente arriba de la cámara 20. Cuando la temperatura de los humos calientes detectada por el detector 50 es tal que la temperatura T_{pp} de la primera pared 21 no supera la temperatura máxima $T_{ppm\acute{a}x}$, la unidad de control 60 ordena la parada de dicho enfriamiento de los humos calientes 10 corriente arriba de la cámara 20. La unidad de control 60 puede ordenar más particularmente el enfriamiento de los humos calientes 10 corriente arriba de la cámara 20 regulando la inyección a un caudal controlado de un gas de enfriamiento 33 en estos humos calientes 10, por ejemplo regulando la abertura de una válvula 34 sobre una canalización que lleva el gas de enfriamiento 33 hacia la canalización 11.

En la realización ilustrada en la figura 2, el gas de enfriamiento 33 es una fracción del aire ambiente proporcionado por el soplador 30. Una válvula de abertura ajustable 34 se monta sobre una derivación de la salida de aire del soplador 30, derivación que dirige el aire ambiente 33 hacia la canalización de evacuación 11 corriente arriba de la cámara 20 para la regulación de la temperatura T_{hum} .

El primer caudal (caudal de aire ambiente 31 introducido en la cámara 20) es regulado por la unidad de control 60 mediante la válvula 35 sobre una segunda ramificación de la salida de aire del soplador 30. La unidad de control 60 regula este primer caudal de aire a fin de alcanzar una temperatura T_f del fluido precalentado 42 adecuada mediante intercambio térmico con el medio (aire) 31 en la cámara 20, como se describe en detalle en relación con la figura 1.

Otra ramificación de la salida de aire del soplador 30 dirige el resto del caudal de aire ambiente generado por el soplador 30 hacia la canalización 11 corriente abajo de la cámara 20.

Esta última parte de aire ambiente se utiliza para el enfriamiento de los humos 10 corriente abajo de la cámara 20, por ejemplo a fin de recibir dichos humos a una temperatura del orden de 170°C corriente arriba de un filtro para polvo (no ilustrado).

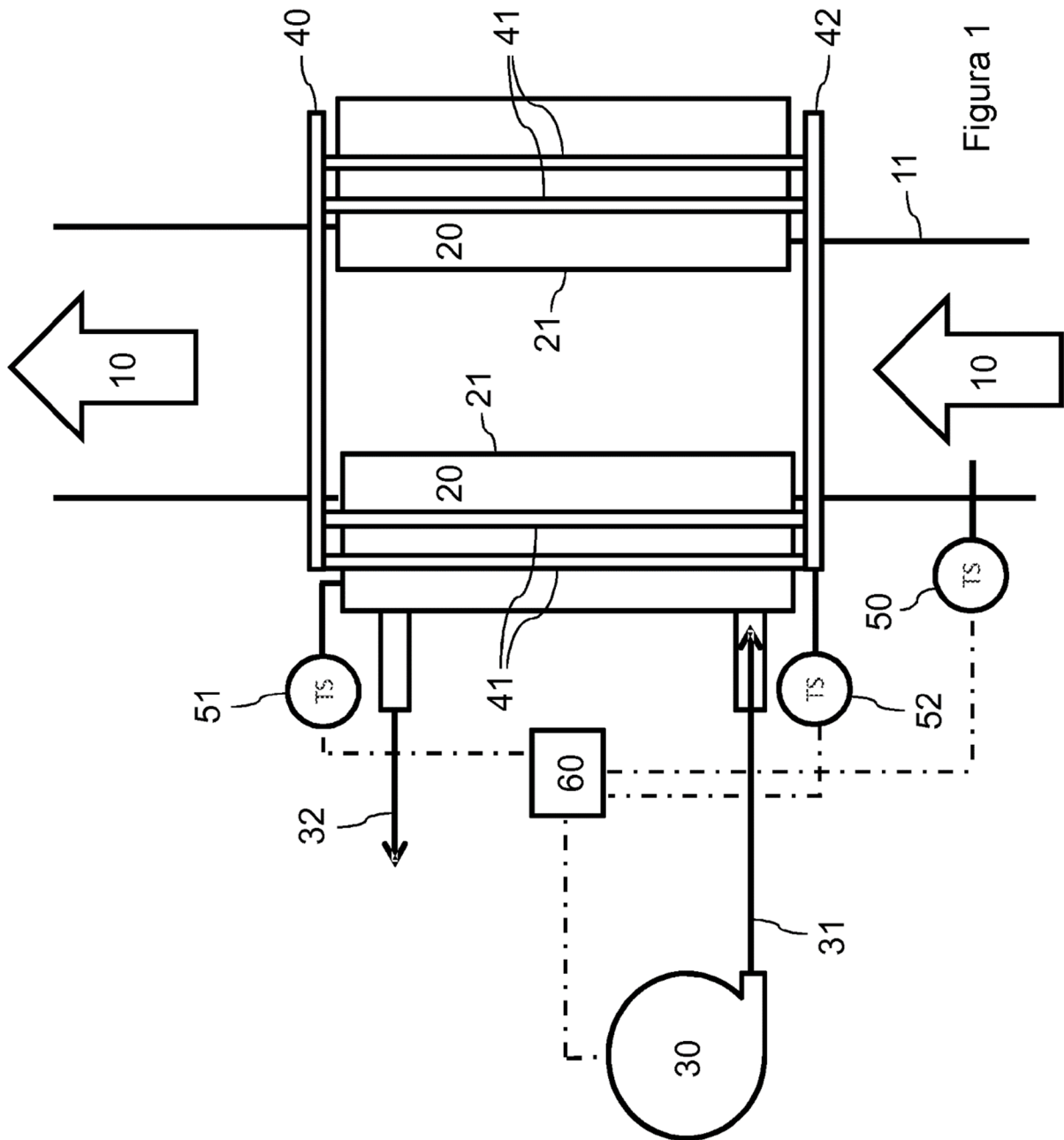
Aunque en las dos figuras el medio atraviesa la cámara 20 en co-corriente con los humos 10 en la canalización 11, el medio puede también atravesar la cámara 20 en contracorriente con los humos 10 en la canalización 11.

De manera análoga, aunque en las dos figuras el fluido que se va a precalentar fluye en el haz de conductos 41 a contracorriente con el medio en la cámara, el fluido que se va a precalentar puede también fluir en co-corriente con el medio en la cámara 20.

5	Tf	Temperatura del fluido precalentado
	Tf _{mín}	Temperatura de precalentamiento mínima predeterminada del fluido
10	Tf _{máx}	Temperatura de precalentamiento máxima predeterminada del fluido
	Tox	Temperatura del oxidante precalentado
15	Tox _{máx}	Temperatura de precalentamiento máxima predeterminada del oxidante
	Tcomb	Temperatura del combustible precalentado
20	Tcomb _{máx}	Temperatura de precalentamiento máxima predeterminada del combustible
	Tpp	Temperatura de la primera pared
	Tpp _{máx}	Temperatura máxima predeterminada de la primera pared
25	Tmed	Temperatura del medio calentado en la cámara
	Tmed _{mín}	Temperatura mínima predeterminada del medio calentado en la cámara
	Tmed _{máx}	Temperatura máxima predeterminada del medio calentado en la cámara
30	Thum	Temperatura de los humos evacuados del horno
	Thum _{máx}	Temperatura máxima predeterminada de los humos evacuados del horno
35	Tg	Temperatura de la pared de la cámara en contacto con el medio calentado

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el precalentamiento de un fluido (40) corriente arriba de un horno para obtener un fluido precalentado (42) que se lleva hacia el horno, siendo el precalentamiento del fluido (40) mediante intercambio térmico con humos (10) evacuados del horno a través de una canalización (11); procedimiento en el que:
 - un medio líquido o gaseoso (31) atraviesa una cámara (20) a un primer caudal;
 - los humos (10) en la canalización (11) calientan el medio (31) en la cámara (20) por intercambio térmico a través de una primera pared (21) que separa el medio (31) que se encuentra en la cámara (20) de los humos (10) que se encuentran en la canalización (11), con obtención de un medio calentado (32);
 - el fluido (40) atraviesa al menos un conducto (41) a un segundo caudal, presentando el al menos un conducto (41) una segunda pared que separa el fluido (40) en el interior del al menos un conducto (41) del medio (31) en el interior de la cámara (20);
 - el medio (31) calentado en la cámara (20) precalienta el fluido (40) en el al menos un conducto (41) mediante intercambio térmico a través de la segunda pared, con obtención del fluido precalentado (42);
 - se regula el primer caudal en función de al menos una de las siguientes temperaturas:
 - temperatura T_{hum} de los humos (10) en la canalización (11),
 - temperatura T_{med} del medio calentado (32),
 - temperatura T_f del fluido precalentado (42), y
 - temperatura T_{pp} de la primera pared (21).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el medio (31) es un medio gaseoso.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que el medio (31) es aire, nitrógeno, CO_2 o vapor, preferentemente aire.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se regula el primer caudal de manera que la temperatura T_{pp} de la primera pared (21) permanezca menor o igual a una primera temperatura máxima $T_{ppmáx}$ predeterminada.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer caudal se regula de manera que el fluido precalentado (42) presente una temperatura T_f al menos igual a una temperatura mínima T_{fmin} predeterminada.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido (40) es un oxidante de combustión o un combustible, preferentemente un oxidante que tiene una cantidad de oxígeno del 50% en volumen al 100% en volumen.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el fluido precalentado (42) se lleva hacia uno o varios quemadores y/o inyectores del horno por los que se inyecta el fluido precalentado (42) en el horno.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido que se va a precalentar (40) es un oxidante con un contenido de oxígeno de entre el 50% en volumen y el 100% en volumen, y en el que se regula el primer caudal a fin de mantener la temperatura T_f del fluido precalentado (42) por debajo de una segunda temperatura máxima $T_{oxmáx}$ predeterminada.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el fluido que se va a precalentar (40) es un combustible y en el que se regula el primer caudal a fin de mantener la temperatura T_f del fluido precalentado (42) por debajo de una tercera temperatura máxima $T_{combmáx}$ predeterminada.
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se regula el primer caudal ajustando la velocidad de una bomba o de un soplador (30) que asegura el flujo del medio (31) a través de la cámara (20).
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que se regula el primer caudal mediante una válvula de regulación (35) sobre una canalización que lleva el medio (31) hacia la cámara (20).
12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que se regula el primer caudal mediante una válvula sobre una canalización que evacúa el medio calentado (32) hacia la cámara (20).



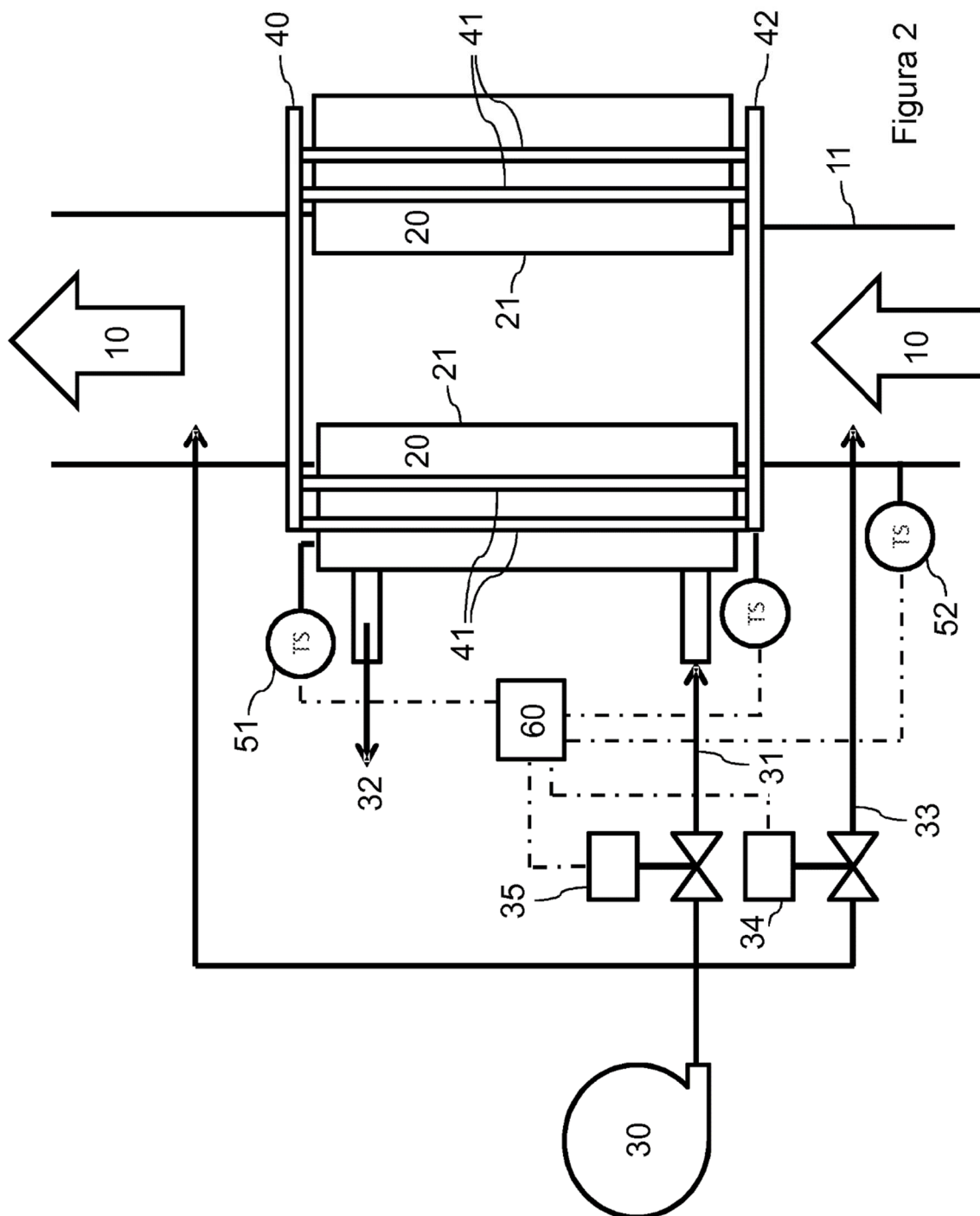


Figura 2