(11) **MX 2019000111 A**

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

(12)

SOLICITUD de PATENTE

(43) Fecha de publicación: **03/06/2019**

(22) Fecha de presentación: **07/01/2019**
(21) Número de solicitud: **2019000111**

(51) Int. Cl: ***F23L 15/04*** *(2006.01)*
F23L 7/00 *(2006.01)*
F23N 3/00 *(2006.01)*
F28D 15/00 *(2006.01)*

(86) Número de solicitud PCT: **FR 2017/051742**
(87) Número de publicación PCT: **WO 2018/007723 (11/01/2018)**

(30) Prioridad(es): **08/07/2016 FR 1656584**

(71) Solicidante:
L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE
Quai d'Orsay 75 F-75007 Paris FR

(72) Inventor(es):
Luc JARRY
Le Bourg, rue de l'Aubette, 10 Beaufai F-61270 FR
Peter VAN KAMPEN

(74) Representante:
Andrés Alberto ESTEVA WURTS
Av Revolución 1392, 2do. Piso ALVARO OBREGON
Ciudad de México 01020 MX

(54) Título: **PROCESO PARA PRECALENTAR UN FLUIDO CORRIENTE ARRIBA DE UN HORNO.**

(54) Title: **METHOD FOR PREHEATING A FLUID UPSTREAM OF A FURNACE.**

(57) Resumen

Método para precalentar indirectamente un fluido 40 corriente arriba de un horno, en el que el fluido se precalienta mediante intercambio de calor indirecto con vapores 10 descargados del horno a través de un medio 31 de la cámara 20, en el que el caudal del medio 31 de la cámara 20 se ajusta basándose en al menos una de las siguientes temperaturas: la temperatura de los vapores 10 descargados, la temperatura del medio 32 de la cámara 20, la pared 21 que separa los vapores 31 descargados del medio 31 de la cámara 20.

(57) Abstract

Method for indirectly preheating a fluid 40 upstream of a furnace, wherein the fluid is preheated by indirect heat exchange with fumes 10 discharged from the furnace through a medium 31 in a chamber 20, and wherein the flow rate of the medium 31 in the chamber 20 is adjusted on the basis of at least one of the following temperatures: the temperature of the discharged fumes 10, the temperature of the medium 32 in the chamber 20, the temperature of the preheated fluid 42, and the temperature of the wall 21 separating the discharged fumes 31 from the medium 31 in the chamber 20.

PROCESO PARA PRECALENTAR UN FLUIDO CORRIENTE ARRIBA DE UN HORNO

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere al precalentamiento de un fluido corriente arriba de un horno mediante intercambio de calor con gases de escape descargados del horno.

La compañía Air Liquide ha desarrollado e industrializa una tecnología de combustión con oxicombustible en un horno, tecnología según la cual el oxígeno para combustión y cuando sea apropiado también el combustible se precalientan corriente arriba del horno mediante intercambio de calor indirecto con los gases de escape descargados del horno.

Se realiza una distinción entre el intercambio de calor directo y el intercambio de calor indirecto.

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

Se entiende que intercambio de calor indirecto significa un intercambio de calor en dos etapas de intercambio directo a través de un fluido intermedio.

Así, en la tecnología de combustión con oxicombustible conocida de la compañía Air Liquide:

- un fluido intermedio se calienta mediante intercambio

de calor directo con los gases de escape a través de una primera pared en una primera etapa y

- en una segunda etapa en la que el oxígeno para combustión (y cuando sea apropiado también el combustible) se precalienta (precalientan) mediante intercambio de calor directo con el fluido intermedio calentado en la primera etapa a través de una segunda pared.

Esta tecnología se describe en particular en el documento WO 2006/054015 dentro del contexto de un intercambiador para un horno de combustión.

La explotación de esta tecnología ha demostrado que permite ahorros de eficacia considerables en el caso de hornos que funcionan continuamente y sin modificaciones significativas frecuentes en el modo de funcionamiento del horno y que generan continuamente un flujo de gases de escape calientes que es suficiente para precalentar el oxígeno y/o el combustible hasta una temperatura deseada. Por lo tanto, el caudal y la temperatura de los gases de escape generados por este horno normalmente varían significativamente o bruscamente durante el funcionamiento del horno.

El intercambio de calor indirecto también se conoce en el campo de los hervidores de agua con un quemador, véase el documento EP-A-0231962, y también en el campo de intercambiadores de calor para la recuperación de calor residual de los gases de escape de un hervidor, véase el

documento CN-U-201680745.

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 gases de escape calientes, cuyos caudal y/o temperatura varían significativamente durante el funcionamiento del horno.

Este es en particular el caso de los hornos discontinuos, de los que la combustión y por lo tanto la producción de gases de escape calientes se interrumpen durante las fases de apagado del horno entre dos fases activas del horno y varían según las fases activas del horno.

Con este propósito, la presente invención propone un proceso mejorado para precalentar un fluido corriente arriba de un horno mediante intercambio de calor con gases de escape descargados del horno a través de un conducto.

Según este proceso, un medio líquido o gaseoso pasa a través de una cámara a un primer caudal. Este medio se usa como un medio de transferencia de calor entre los gases de escape calientes y el fluido que se va a precalentar.

Los gases de escape del conducto calientan el medio intermedio de la cámara mediante intercambio de calor a través de una pared, denominada "primera pared", que separa el medio intermedio que está en la cámara de los gases de escape que están en el conducto de descarga, obteniéndose un

medio calentado.

El fluido que se va a precalentar pasa a través de al menos una tubería a un segundo caudal. Una pared, denominada "segunda pared", separa el fluido que se va a precalentar que está en la al menos una tubería, por una parte, del medio del interior de la cámara, por otra parte.

El fluido que se va a precalentar puede pasar así a través de una sola de estas tuberías o un haz de estas tuberías. Cuando el fluido que se va a precalentar pasa a través de varias de estas tuberías, el segundo caudal corresponde al caudal total del fluido que se va a precalentar, es decir, la suma de los caudales de fluido que se va a precalentar que pasa a través de las diversas tuberías.

La al menos una tubería atravesada por el fluido que se va a precalentar puede estar situada, por ejemplo, dentro de la cámara. En este caso, la pared externa de la al menos una tubería del interior de la cámara constituye la segunda pared.

El medio calentado, que está en la cámara, precalienta el fluido que está en la al menos una tubería mediante intercambio de calor a través de la segunda pared. Así, se obtiene un fluido precalentado que es transportado hacia el horno con vistas a la introducción del mismo en el horno.

Según la presente invención, el primer caudal, es decir el caudal del medio (fluido de transferencia de calor) de la

cámara se regula como una función de al menos una de las siguientes temperaturas:

- la temperatura de los gases de escape del conducto,
- 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 como una función de solo una de las temperaturas. Es posible y generalmente ventajoso regular el primer caudal como una función de varias de las temperaturas, por ejemplo como una función de:

- la temperatura de los gases de escape del conducto y la temperatura del medio calentado;
- la temperatura de los gases de escape del conducto y la temperatura del fluido precalentado;
- la temperatura de los gases de escape del conducto 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 gases de escape del conducto, la temperatura del medio calentado y la temperatura del

fluido precalentado;

- la temperatura de los gases de escape del conducto, la temperatura del medio calentado y la temperatura de la primera pared;

- la temperatura de los gases de escape del conducto, la temperatura del fluido precalentado y la temperatura de la primera pared;

- la temperatura del medio calentado, la temperatura del fluido precalentado y como una función y la temperatura de la primera pared;

- la temperatura de los gases de escape del conducto, la temperatura del medio calentado, la temperatura del fluido precalentado y la temperatura de la primera pared.

Por lo tanto, el proceso según la presente invención usa un caudal variable del medio de la cámara. Esto hace posible 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 hace posible regular la recuperación de calor y el precalentamiento del fluido como una función de la etapa de funcionamiento o el estado del horno.

El fluido que se va a precalentar puede ser un oxidante para combustión, y en particular un oxidante tal que tenga un contenido de oxígeno de 50% en volumen a 100% en volumen, un combustible o cualquier otro fluido que se vaya a suministrar

al horno a alta temperatura. La invención es particularmente ventajosa para precalentar un oxidante para combustión. En este caso, el oxidante para combustión tiene ventajosamente un contenido de oxígeno de al menos 80% en volumen, y preferiblemente de al menos 90% en volumen.

La invención también hace posible combinar el precalentamiento de varios fluidos que se van a precalentar, por ejemplo del oxidante para combustión y del combustible, pasando a continuación cada fluido que se va a precalentar a través de al menos una tubería dedicada a el fluido que se va a precalentar.

El medio que pasa a través de la cámara (fluido de transferencia de calor) es preferiblemente un medio gaseoso tal como, por ejemplo, aire, nitrógeno, CO_2 o vapor de agua. A menudo es preferible el uso de aire como medio debido a su disponibilidad y su inocuidad.

Aguas abajo de la cámara, el medio, que generalmente todavía tiene una temperatura por encima de la temperatura ambiente, se puede usar para otras aplicaciones (por ejemplo como fuente de calor para calentar plantas o edificios, en una planta de secado, para la producción de electricidad en un ciclo de Rankine o, cuando el medio es un oxidante, como oxidante para combustión). Otra posibilidad es reciclar el fluido a la cámara.

En ausencia de medidas particulares, tales como la

inyección de aire frío en el conducto corriente arriba de la cámara, la temperatura y el caudal de los gases de escape descargados están determinados por el proceso que tiene lugar en el horno.

El caudal del fluido que se va a precalentar en la al menos una tubería también está determinado normalmente por los requisitos del proceso del horno.

La temperatura del medio calentado, la temperatura del fluido precalentado y la temperatura de la primera pared, por otra parte, se pueden modificar al cambiar el caudal del medio de la cámara (primer caudal). Específicamente, a caudales y temperaturas idénticos (a) de los gases de escape en el conducto y (b) del fluido que se va a precalentar, un incremento en el primer caudal (caudal del medio de la cámara) conduce a una disminución en la temperatura de la primera pared que separa los gases de escape del medio, una disminución en la temperatura del medio precalentado y también una disminución en la temperatura del fluido precalentado. De forma similar, a caudales y temperaturas idénticos de los gases de escape en el conducto y del fluido que se va a precalentar, una reducción en el primer caudal conduce a un incremento en la temperatura de la primera pared, un incremento en la temperatura del medio precalentado y también un incremento en la temperatura del fluido precalentado.

El porcentaje de la energía térmica descargada del horno por los gases de escape que es reciclado al horno por el fluido precalentado se incrementa con la temperatura de precalentamiento Tf de el fluido.

La presente invención hace posible alcanzar una alta temperatura de precalentamiento Tf, mientras que garantiza un alto nivel de seguridad.

Como norma general, el primer caudal se regula de modo que el fluido precalentado tenga una temperatura Tf al menos igual a una temperatura mínima predeterminada Tfmín. Cuando la temperatura Tf disminuye por debajo de Tfmín, el primer caudal se reduce a fin de incrementar la temperatura del medio calentado y así también la temperatura Tf del fluido precalentado. Esta temperatura mínima Tfmín puede ser constante o puede variar a lo largo del tiempo (Tfmín(t)) como una función de los cambios/el avance del proceso que tiene lugar en el horno. Tfmín se determina típicamente a fin de asegurar un cierto grado de mejora en la eficacia energética debido al precalentamiento del fluido.

Según una primera modalidad, el primer caudal se regula de modo que la temperatura Tpp de la primera pared siga siendo menor o igual que una primera temperatura máxima predeterminada Tppmáx. Esta temperatura Tppmáx es típicamente una constante. Tppmáx depende normalmente de la naturaleza del material o los materiales constituyentes de la primera

pared. Más particularmente, cuando la temperatura Tpp de la primera pared supera este valor Tppmáx, el primer caudal se incrementa a fin de reducir la temperatura de la primera pared Tpp. En efecto, es aconsejable 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 se arriesgue a estar comprometida.

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

Cuando la temperatura Tf del fluido precalentado alcanza esta temperatura máxima Tfmáx, el primer caudal se incrementa a fin de disminuir la temperatura Tf del fluido precalentado. Esta segunda temperatura máxima Tfmáx también es típicamente una constante. Generalmente, depende 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 entre 50% en volumen y 100% en volumen, es posible regular el primer caudal a fin de mantener la temperatura Tox (=Tf) del oxidante precalentado por debajo de una temperatura máxima del oxidante predeterminada Toxmáx. Esto es especialmente útil para proteger la al menos una tubería/la segunda pared, y también los elementos en contacto con el oxidante precalentado aguas abajo de la al menos un tubería contra las modificaciones

estructurales que pueden dar lugar a una corrosión acelerada por el oxidante precalentado, o incluso una autoignición bajo ciertas condiciones de presión. Toxmáx puede ser, por ejemplo, 550°C cuando la tubería o las tuberías en las que fluye el oxidante precalentado están hechas de un material que es muy resistente a la oxidación, como en particular INCONEL, o también 400°C cuando el material es un material menos resistente como el acero inoxidable. Según se indica anteriormente, el oxidante que se va a precalentar puede tener en particular un contenido de oxígeno de al menos 80% en volumen, o incluso de al menos 90% en volumen.

Cuando el fluido que se va a precalentar es un combustible, es posible regular el primer caudal a fin de mantener la temperatura Tcomb (=Tf) del combustible precalentado por debajo de una temperatura máxima del combustible predeterminada Tcombmáx como una función de la naturaleza del combustible. De este modo, es posible evitar una degradación térmica del combustible, por ejemplo por craqueo. Para el gas natural, por ejemplo, Tcombmáx puede ser del orden de 450°C para evitar cualquier riesgo de descomposición del gas natural a una temperatura superior, produciendo un depósito de hollín.

La regulación del primer caudal se lleva a cabo preferiblemente de un modo automatizado por medio de una unidad de control.

Cuando el primer caudal se regula de modo que la temperatura Tf del fluido precalentado sea mayor que o igual a Tfmín y/o menor que Tfmáx (tal como Toxmáx para un oxidante o Tcombmáx para un combustible), es útil medir la temperatura Tf del fluido precalentado y regular el primer caudal según se describe anteriormente al comparar la temperatura Tf medida con la temperatura predeterminada Tfmín, respectivamente, Tfmáx.

De forma similar, cuando el primer caudal se regula a fin de mantener la temperatura Tpp de la primera pared por debajo de la primera temperatura máxima Tppmáx, es posible medir la temperatura de la primera pared y regular el primer caudal según se describe anteriormente al comparar la temperatura Tpp medida con la primera temperatura máxima Tppmáx.

Dado que el fluido se precalienta mediante intercambio de calor con el medio de la cámara, también es posible medir la temperatura Tmil del medio calentado de la cámara y regular el primer caudal de modo que la temperatura Tf del fluido precalentado sea al menos Tfmín y/o sea menor que Tfmáx como una función de la temperatura Tmil medida. Por ejemplo, cuando la temperatura Tmil medida del medio calentado supere una tercera temperatura máxima predeterminada Tmilmáx, el primer caudal se incrementará para disminuir la temperatura Tmil del medio calentado y por lo tanto la temperatura Tf del fluido precalentado y/o cuando la temperatura Tmil medida del

medio calentado disminuya por debajo de una temperatura mínima predeterminada Tmilmín, el primer caudal se reduce a fin de incrementar la temperatura Tmil del medio calentado e incrementar la temperatura Tf del fluido precalentado.

También es posible, para regular el primer caudal, detectar la temperatura Tfum de los gases de escape en el conducto en contacto con la primera pared.

Específicamente, según se indica previamente, las temperaturas del medio calentado y del fluido precalentado, para una planta dada, están determinadas por la temperatura de los gases de escape descargados en contacto con la primera pared y por la temperatura y el caudal (primer caudal) del medio de transferencia de calor introducido en la cámara.

Por lo tanto, es posible asegurar que la temperatura Tf del fluido precalentado sea al menos Tfmín y/o sea menor que Tfmáx y/o que la temperatura Tpp de la primera pared no supere Tppmáx al regular el primer caudal como una función del valor medido de la temperatura Tfum de los gases de escape descargados en contacto con la primera pared.

Por ejemplo, cuando la temperatura Tfum de los gases de escape descargados en contacto con la primera pared supere una cuarta temperatura máxima predeterminada Tfummáx, el primer caudal se incrementará a fin de disminuir la temperatura Tpp de la primera pared, disminuir la temperatura Tmil del medio calentado y/o disminuir la temperatura Tf del

fluido precalentado.

Como ya se indicó, también es posible combinar las diversas modalidades descritas anteriormente, por ejemplo al medir diversas temperaturas y al regular el primer caudal como una función de las diversas temperaturas a fin de cumplir todos los criterios aplicados previamente seleccionados.

Se conoce de la técnica anterior, cuando hay un riesgo de un sobrecalentamiento de la primera pared con los gases de escape descargados, el enfriamiento de los gases de escape descargados del horno corriente arriba de un intercambiador de calor al inyectar aire ambiental en los gases de escape descargados.

Según una modalidad del proceso según la invención, se mide la temperatura de los gases de escape en el conducto de descarga del horno y la temperatura de los gases de escape en contacto con la primera pared se regula al inyectar un gas de enfriamiento en los gases de escape corriente arriba de la primera pared que separa los gases de escape descargados del medio de la cámara. El gas de enfriamiento se puede originar a partir de la misma fuente que el medio que se introduce en la cámara. El enfriamiento de los gases de escape descargados es un modo alternativo de asegurar que la temperatura Tpp de la primera pared permanezca por debajo de la temperatura predeterminada Tppmáx.

Como ya se indicó, la regulación del primer caudal se lleva a cabo preferiblemente de un modo automatizado por medio de una unidad de control. Cuando la regulación del primer caudal se lleva a cabo basándose en una o más temperaturas medidas, la temperatura o las temperaturas medidas se suministran a la unidad de control.

Cuando el proceso según la invención comprende una etapa de enfriamiento de los gases de escape descargados mediante la inyección de un gas de enfriamiento en los gases de escape corriente arriba de la primera pared, el caudal de gas de enfriamiento también es regulado ventajosamente por la unidad de control, o incluso la distribución entre el caudal del medio enviado a la cámara y el caudal del gas de enfriamiento inyectado en los gases de escape cuando el medio y el gas de enfriamiento se originan a partir de la misma fuente.

Ventajosamente, el primer caudal y/o el caudal del gas de enfriamiento se regulan, no solo, según se indica anteriormente, a fin de mantener la temperatura Tf y/o la temperatura Tpp dentro de un intervalo de temperatura deseado, sino también a fin de evitar choques térmicos en la cámara (y en particular en la primera pared).

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

- al ajustar la velocidad de una bomba de velocidad

variable o un soplador que asegura el flujo del medio a través de la cámara, o

•al ajustar la abertura de una válvula de control, por ejemplo una válvula de control en un conducto que transporta el medio hasta la cámara, una válvula de control en un conducto que descarga el medio calentado de la cámara, o de otra válvula que determine directamente o indirectamente el caudal de medio a la cámara.

El horno del que se descargan los gases de escape y hacia el que se envía el fluido precalentado puede ser un horno "continuo". Según se indica anteriormente, la invención está destinada en particular a ser usada en hornos/procesos que generan gases de escape calientes, cuyo caudal y/o temperatura varían/varía significativamente durante el funcionamiento del horno. En el caso de un horno continuo, estas variaciones pueden ser intrínsecas al proceso usado en el horno, pueden estar ligadas a cambios en la producción (caudal, propiedades del producto tratado o generado) y/o pueden ser el resultado de fenómenos progresivos tales como el desgaste, las incrustaciones, etc. de la planta.

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

• un horno giratorio para la fundición de hierro colado,

- un horno giratorio para la fundición y el reciclado de metales no ferrosos,
- un horno basculante para la fundición y el reciclado de metales no ferrosos,
- un horno giratorio o basculante para la fundición de esmaltes,
- un horno para la fundición y el reciclado de metales de tipo horno de arco eléctrico (EAF, por sus siglas en inglés).

El proceso según la presente invención y las ventajas del mismo se describen con más detalle en los ejemplos posteriores, haciéndose referencia a las figuras 1 a 2 que son dos representaciones esquemáticas parciales de un proceso según la invención y de una planta (en sección transversal) para la puesta en práctica del mismo.

Según el ejemplo ilustrado en la figura 1, los gases 10 de escape calientes generados en el horno (no representado) se descargan del horno a través del conducto 11.

Una cámara 20 rodea el conducto 11 de descarga de gases de escape.

Un soplador 30 de aire ambiental de velocidad variable introduce un caudal regulado de aire ambiental 31 en la cámara 20 a fin de crear un flujo de aire en la cámara 20 que es paralelo al flujo de los gases 10 de escape del conducto 11.

Una primera pared 21 separa físicamente los gases 10 de escape del conducto 11 del aire de la cámara 20 a fin de permitir un intercambio de calor entre los gases 10 de escape del conducto 11 y el aire de la cámara 20 a través de esta primera pared 21. El aire de la cámara 20 absorbe así una porción del calor que se descargaba del horno con los gases de escape. Se obtiene así aire calentado en la cámara 20.

Un fluido 40 que se va a precalentar se introduce en un haz de tuberías 41 que pasan a través de la cámara 20. La pared externa de las tuberías 41 (denominada segunda pared) separa físicamente el fluido de las tuberías 41 del medio (aire) de 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 fluido 42 precalentado. El aire de la cámara 20 actúa por lo tanto como fluido de transferencia de calor entre los gases 10 de escape calientes del conducto 11 y el fluido que se va a precalentar de las tuberías 41.

A continuación, el fluido 42 precalentado se descarga del haz de tuberías 41 y se transporta al horno.

Cuando el fluido 42 precalentado es un oxidante para combustión o un combustible, el oxidante o el combustible precalentado se transporta típicamente a uno o más quemadores del horno y/o inyectores a través de los cuales el fluido

precalentado se inyecta en el horno.

Después del precalentamiento del fluido, el aire 32 se descarga de la cámara 20, típicamente para ser usado como fuente de calor o como oxidante del combustible en una planta aguas abajo.

Según se describe anteriormente, en ciertos casos la temperatura de los gases 10 de escape calientes en contacto con la primera pared 21 es tan alta que es posible un sobrecalentamiento de la primera pared 21 y se deben proporcionar medidas para evitar este sobrecalentamiento (en particular una inyección de gas de enfriamiento en los gases 10 de escape calientes y/o un incremento en el primer caudal).

En otros casos, la energía térmica presente en los gases 10 de escape calientes y disponible para el precalentamiento del fluido que se va a precalentar no es suficiente para precalentar el fluido hasta una temperatura óptima corriente arriba del horno. El aire 32 calentado descargado de la cámara 20 se puede inyectar a continuación en los gases 10 de escape calientes de la cámara 20 para dar lugar a una combustión (denominada poscombustión) del CO y/u otros materiales no quemados y/o productos de combustión parcial en los gases 10 de escape calientes. La poscombustión hace posible incrementar la temperatura de los gases 10 de escape de la cámara 20 y así calentar el fluido 40 (por ejemplo

oxígeno o gas natural) hasta una temperatura superior.

En el ejemplo ilustrado en la figura 1, el fluido que se va a precalentar es un oxidante para combustión (oxidante del combustible) que tiene un contenido de oxígeno de al menos 97% en volumen que fluye en las tuberías 41 en contracorriente con el aire de la cámara 20.

Un primer detector de temperatura (termopar) 50 detecta la temperatura Tfum de los gases 10 de escape calientes del conducto 11 directamente corriente arriba de la cámara 20.

Un segundo detector 51 detecta la temperatura Tmil del aire calentado en la proximidad de la salida de aire calentado de la cámara 20. En la modalidad ilustrada, el segundo detector 51 detecta más específicamente la temperatura Tg de la pared de la cámara 20 en contacto con el aire calentado en esta posición, siendo así la temperatura Tg una medida para la temperatura Tmil de este aire calentado.

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

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

El software de la unidad 60 calcula, al menos aproximadamente, la temperatura de la primera pared

basándose en la temperatura de los gases 10 de escape calientes detectada por el primer detector 50 y el caudal y la temperatura conocidos del aire ambiental. La unidad 60 de control verifica a continuación si el caudal de aire ambiental generado por el soplador 30 es tal que la temperatura Tpp de la primera pared 21 no supere una temperatura máxima predeterminada Tppmáx (al comparar el valor calculado con el valor Tppmáx). Si el caudal de aire ambiental real (primer caudal) no es suficiente para proporcionar el enfriamiento necesario de la primera pared 21, de modo que haya un riesgo de un sobrecalentamiento de la primera pared 21, la unidad de control incrementa la velocidad del soplador 30 de aire y así también el caudal de aire 31 ambiental a la cámara 20.

La unidad 60 de control también compara la temperatura Tf (más particularmente Tox en la modalidad ilustrada) del fluido precalentado detectada por el tercer detector 52 con un valor máximo Tfmáx predeterminado (más particularmente Toxmáx). Cuando la temperatura Tf detectada alcanza el valor máximo Tfmáx, la unidad 60 de control incrementa la velocidad del soplador 30 de aire y así también el caudal de aire 31 ambiental a la cámara 20, lo que finalmente da como resultado una disminución en la temperatura Tf del fluido precalentado.

La unidad 60 de control también compara la temperatura

Tf detectada por el detector 52 con una temperatura mínima Tfmín para el fluido precalentado, temperatura mínima que puede cambiar a lo largo del tiempo como una función de los requisitos del proceso que tiene lugar en el horno. Si la temperatura Tf detectada está por debajo de la temperatura mínima Tfmín, la unidad de control reduce la velocidad del soplador 30 de aire y así también el caudal de aire 31 ambiental a la cámara 20 para alcanzar una temperatura de precalentamiento Tf superior del fluido a la salida del haz de tuberías 41. Sin embargo, las temperaturas de rocío ligadas a las temperaturas máximas Tppmáx y Tfmáx prevalecen por razones de seguridad. La unidad 60 de control mantiene por lo tanto en todo momento la velocidad del soplador 30 de aire por encima de la velocidad a la que la temperatura Tpp superaría la temperatura máxima predeterminada Tppmáx y por encima de la velocidad a la que la temperatura Tf alcanzaría o superaría la temperatura Tfmáx.

Basándose en la temperatura Tg detectada por el segundo detector 51, la unidad de control verifica el funcionamiento correcto de la cámara 20 y de los dos detectores 50 y 52. Con este propósito, la unidad 60 de control verifica si la temperatura Tg de la cámara detectada por el segundo detector 51 corresponde sustancialmente a la temperatura que se iba a esperar teóricamente/matemáticamente en vista de la temperatura Tfum detectada de los gases de escape calientes,

de la velocidad del soplador 30 y la temperatura conocida del aire ambiental, del caudal del fluido que se va a precalentar y de la temperatura Tf detectada del fluido precalentado a la salida de las tuberías 41. Cuando la temperatura Tg detectada difiere significativamente de esta temperatura teórica/matemática, la unidad 60 de control emite una señal de alarma. Específicamente, una diferencia significativa entre la temperatura Tg 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 las tuberías 41.

La estanqueidad de la cámara 20 también se puede verificar/comprobar por medio de un detector de presión (no ilustrado) que detecta la presión del medio en la cámara 20 o aguas abajo de la cámara 20. La unidad 60 de control compara la presión detectada con la presión teórica/matemática del medio que se va a esperar en vista de la presión y el caudal del medio 60 a la entrada de la cámara 20. La unidad 60 de control emite a continuación una señal de alarma cuando la presión detectada difiere significativamente de la presión teórica/matemática.

El detector 51 también se puede usar para evitar choques térmicos en la cámara 20, en las tuberías 41 y en la primera pared 21, sabiendo que estos choques térmicos pueden debilitar las estructuras. Así, según una modalidad, la

unidad 60 de control: (a) verifica el gradiente (velocidad de cambio) $\Delta Tmil/\Delta t$ de la temperatura Tmil del medio calentado (o el gradiente $\Delta Tg/\Delta t$ de la temperatura Tg de una porción de la cámara 20 en contacto con este medio calentado) y (b) regula las variaciones del primer caudal a fin de mantener este gradiente $\Delta Tmil/\Delta t$ (o $\Delta Tg/\Delta t$) por debajo de un umbral de $\Delta T/\Delta t$ predeterminado, en particular al limitar el gradiente de la velocidad del soplador 30 y por lo tanto así el gradiente del primer caudal.

Como la temperatura del medio a la entrada de la cámara 20 (aire ambiental en el presente ejemplo) puede variar significativamente a lo largo del tiempo, es útil proporcionar un detector de temperatura adicional (no ilustrado) también ligado a la unidad 60 de control que detecta la temperatura del medio 31 a la entrada de la cámara 20. En efecto, como ya se indicó anteriormente, la temperatura del medio 31 a la entrada de la cámara 20 también tiene un impacto sobre la temperatura de la primera pared Tpp, la temperatura del medio calentado Tmil y la temperatura del fluido precalentado Tf. En el caso de un medio 31 que tiene una temperatura significativamente variable a la entrada de la cámara 20 (por ejemplo que varía como una función de la temperatura ambiente o cuando el medio circula en un circuito cerrado), cualquier variación significativa de la temperatura

del medio 31 a la entrada de la cámara 20 también debe ser tenida en cuenta por la unidad 60 de control para determinar el caudal (primer caudal) con el que el medio 31 se debe suministrar a la cámara 20 (por ejemplo al regular la velocidad del soplador 30) a fin de cumplir los criterios que se describen anteriormente. Por otra parte, no es necesario ajustar el primer caudal en el caso de una variación no significativa de la temperatura del medio 31 a la entrada de la cámara 20.

Es útil fijar un umbral de ΔTs (por ejemplo del orden de 10°C), por debajo del cual las variaciones de la temperatura del medio 31 a la entrada de la cámara 20 se consideran no significativas y partiendo del cual ($\geq \Delta Ts$) las variaciones de temperatura se consideran significativas dentro del significado del presente párrafo.

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

Según la modalidad de la figura 2, la primera pared 21 se protege contra las temperaturas excesivas (por encima de Tppmáx) al disminuir la temperatura de los gases 10 de escape calientes corriente arriba de la cámara 20. Con este propósito, el detector 50 de temperatura detecta la temperatura Tfum de los gases 10 de escape calientes en el

conducto 11 corriente arriba de la cámara 20. Cuando la temperatura Tfum de los gases de escape calientes detectada por el detector 50 es la que pueda dar como resultado una temperatura Tpp de la primera pared 21 que supere la temperatura máxima Tppmáx, teniendo en cuenta el caudal (y la temperatura) del medio introducido en la cámara 20, la unidad de control ordena un enfriamiento de los gases 10 de escape calientes corriente arriba de la cámara 20. Cuando la temperatura de los gases de escape calientes detectada por el detector 50 es la temperatura Tpp de la primera pared 21 no supere la temperatura máxima Tppmáx, la unidad 60 de control ordena el apagado de este enfriamiento de los gases 10 de escape calientes corriente arriba de la cámara 20. La unidad 60 de control puede ordenar más particularmente el enfriamiento de los gases 10 de escape calientes corriente arriba de la cámara 20 al regular la inyección, a un caudal controlado, de un gas 33 de enfriamiento en estos gases 10 de escape calientes, por ejemplo al regular la apertura de una válvula 34 en un conducto que transporta gas 33 de enfriamiento al conducto 11.

En la modalidad ilustrada en la figura 2, el gas 33 de enfriamiento es una fracción del aire ambiental suministrado por el soplador 30. Una válvula 34 de apertura ajustable se monta en una derivación de la salida de aire del soplador 30, derivación que envía aire 33 ambiental al conducto 11 de

descarga corriente arriba de la cámara 20 para la regulación de la temperatura Tfum.

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

Otra rama de la salida de aire desde el soplador 30 envía el resto del caudal de aire ambiental generado por el soplador 30 al conducto 11 aguas abajo de la cámara 20.

Esta última porción de aire ambiental se usa para enfriar los gases 10 de escape aguas abajo de la cámara 20, por ejemplo para enfriar los gases de escape hasta una temperatura del orden de 170°C corriente arriba de un filtro para polvo (no ilustrado).

Aunque, en las dos figuras, el medio pasa a través de la cámara 20 paralelamente con los gases 10 de escape del conducto 11, el medio también puede pasar a través de la cámara 20 en contracorriente con los gases 10 de escape del conducto 11.

De forma similar, aunque, en las dos figuras, el fluido que se va a calentar fluye en el haz de tuberías 41 en

contracorriente con el medio de la cámara, el fluido que se va a precalentar también puede fluir en paralelo con el medio de la cámara 20.

Tf	Temperatura del fluido precalentado
Tfmín	Temperatura de precalentamiento mínima predeterminada del fluido
Tfmáx	Temperatura de precalentamiento máxima predeterminada del fluido
Tox	Temperatura del oxidante precalentado
Toxmáx	Temperatura de precalentamiento máxima predeterminada del oxidante
Tcomb	Temperatura del combustible precalentado
Tcombmáx	Temperatura de precalentamiento máxima predeterminada del combustible
Tpp	Temperatura de la primera pared
Tppmáx	Temperatura máxima predeterminada de la primera pared
Tmil	Temperatura del medio calentado de la cámara
Tmilmín	Temperatura mínima predeterminada del medio calentado de la cámara
Tmilmáx	Temperatura máxima predeterminada del medio calentado de la cámara
Tfum	Temperatura de los gases de escape descargados del horno
Tfummáx	Temperatura máxima predeterminada de los gases de escape descargados del horno
Tg	Temperatura de la pared de la cámara en contacto con el medio calentado

Se hace constar que con relación a esta fecha, el mejor método conocido por la solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la presente descripción de la invención.

REIVINDICACIONES

Habiéndose descrito la invención como antecede, se reclama como propiedad lo contenido en las siguientes reivindicaciones:

1. Un proceso para precalentar un fluido corriente arriba de un horno mediante intercambio de calor con gases de escape descargados del horno a través de un conducto; caracterizado porque:

- un medio líquido o gaseoso pasa a través de una cámara a un primer caudal;
- los gases de escape del conducto calientan el medio de la cámara mediante intercambio de calor a través de una primera pared que separa el medio de la cámara de los gases de escape del conducto, obteniéndose un medio calentado;
- el fluido pasa a través de al menos una tubería a un segundo caudal, teniendo la al menos una tubería una segunda pared que separa el fluido dentro de la al menos una tubería del medio del interior de la cámara;
- el medio calentado de la cámara precalienta el fluido de la al menos una tubería mediante intercambio de calor a través de la segunda pared, obteniéndose un fluido precalentado; y
- el fluido precalentado se transporta al horno;

caracterizándose el proceso porque el primer caudal se regula

como una función de al menos una de las siguientes temperaturas:

- la temperatura Tfum de los gases de escape del conducto,
- la temperatura Tmil del medio calentado,
- la temperatura Tf del fluido precalentado, y
- la temperatura Tpp de la primera pared.

2. El proceso de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el medio es un medio gaseoso.

3. El proceso de conformidad con la reivindicación 2, caracterizado porque el medio es aire, nitrógeno, CO_2 o vapor de agua, preferiblemente aire.

4. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el primer caudal se regula de modo que la temperatura Tpp de la primera pared permanezca menor que o igual a una primera temperatura máxima predeterminada Tppmáx.

5. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el primer caudal se regula de modo que el fluido precalentado tenga una temperatura Tf al menos igual a una temperatura mínima predeterminada Tfmín.

6. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el fluido es un oxidante para combustión o un combustible,

preferiblemente un oxidante que tiene un contenido de oxígeno de 50% en volumen a 100% en volumen.

7. El proceso de conformidad con la reivindicación 6, caracterizado porque el fluido precalentado se transporta a uno o más quemadores y/o inyectores del horno a través de los cuales el fluido precalentado se inyecta en el horno.

8. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el fluido que se va a precalentar es un oxidante con un contenido de oxígeno entre 50% en volumen y 100% en volumen y en el que el primer caudal se regula a fin de mantener la temperatura Tox del fluido precalentado por debajo de una segunda temperatura máxima predeterminada Toxmáx.

9. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el fluido que se va a precalentar es un combustible y en el que el primer caudal se regula a fin de mantener la temperatura Tcomb del fluido precalentado por debajo de una tercera temperatura máxima predeterminada Tcombmáx.

10. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el primer caudal se regula al ajustar la velocidad de una bomba o de un soplador que asegura el flujo del medio a través de la cámara.

11. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el primer caudal

se regula por medio de una válvula de control en un conducto que transporta el medio a la cámara.

12. El proceso de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el primer caudal se regula por medio de una válvula en un conducto que descarga el medio calentado desde la cámara.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Método para precalentar indirectamente un fluido 40 corriente arriba de un horno, en el que el fluido se precalienta mediante intercambio de calor indirecto con vapores 10 descargados del horno a través de un medio 31 de una cámara 20, y en el que el caudal del medio 31 de la cámara 20 se ajusta basándose en al menos una de las siguientes temperaturas: la temperatura de los vapores 10 descargados, la temperatura del medio 32 de la cámara 20, la temperatura del fluido 42 precalentado y la temperatura de la pared 21 que separa los vapores 31 descargados del medio 31 de la cámara 20.

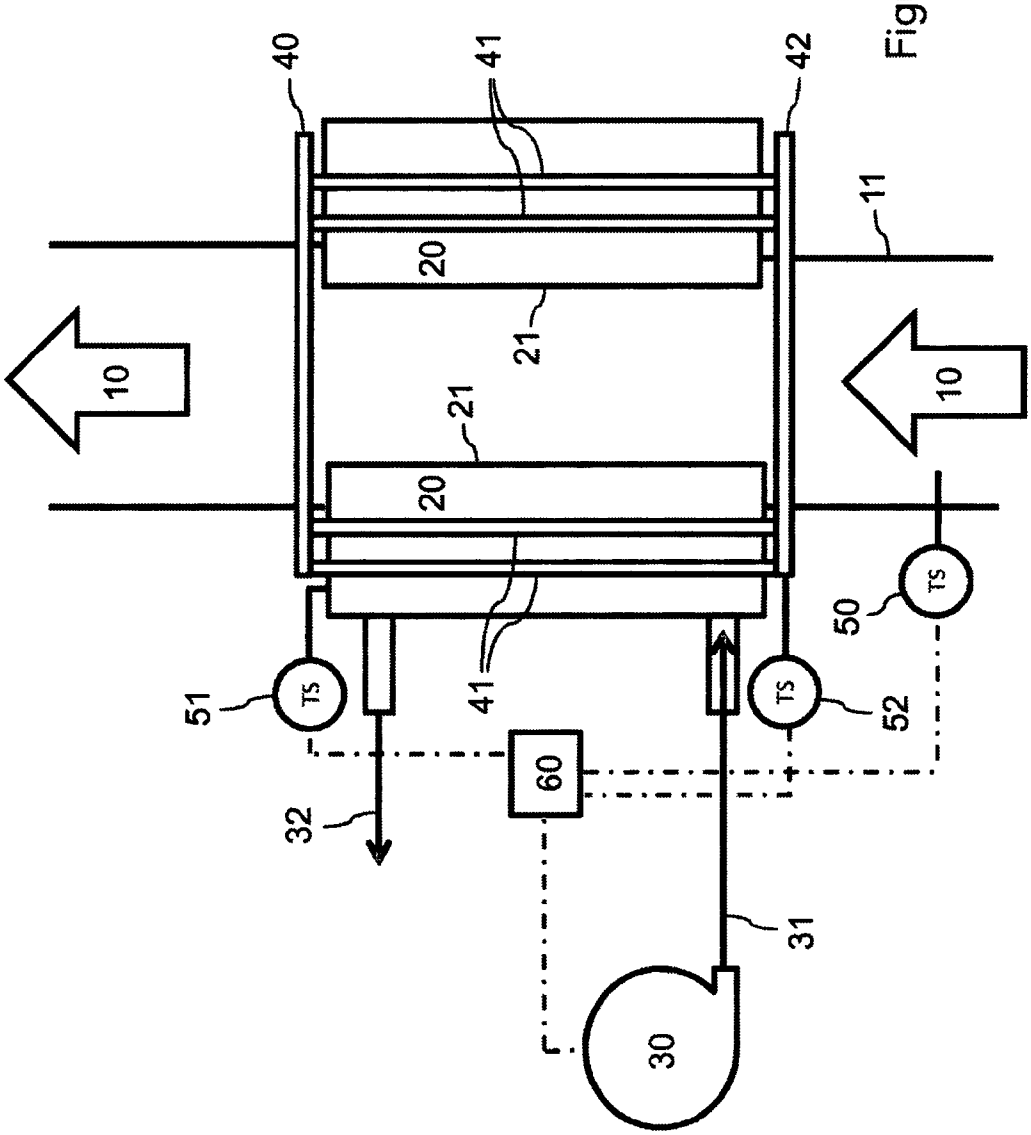

Figura 1

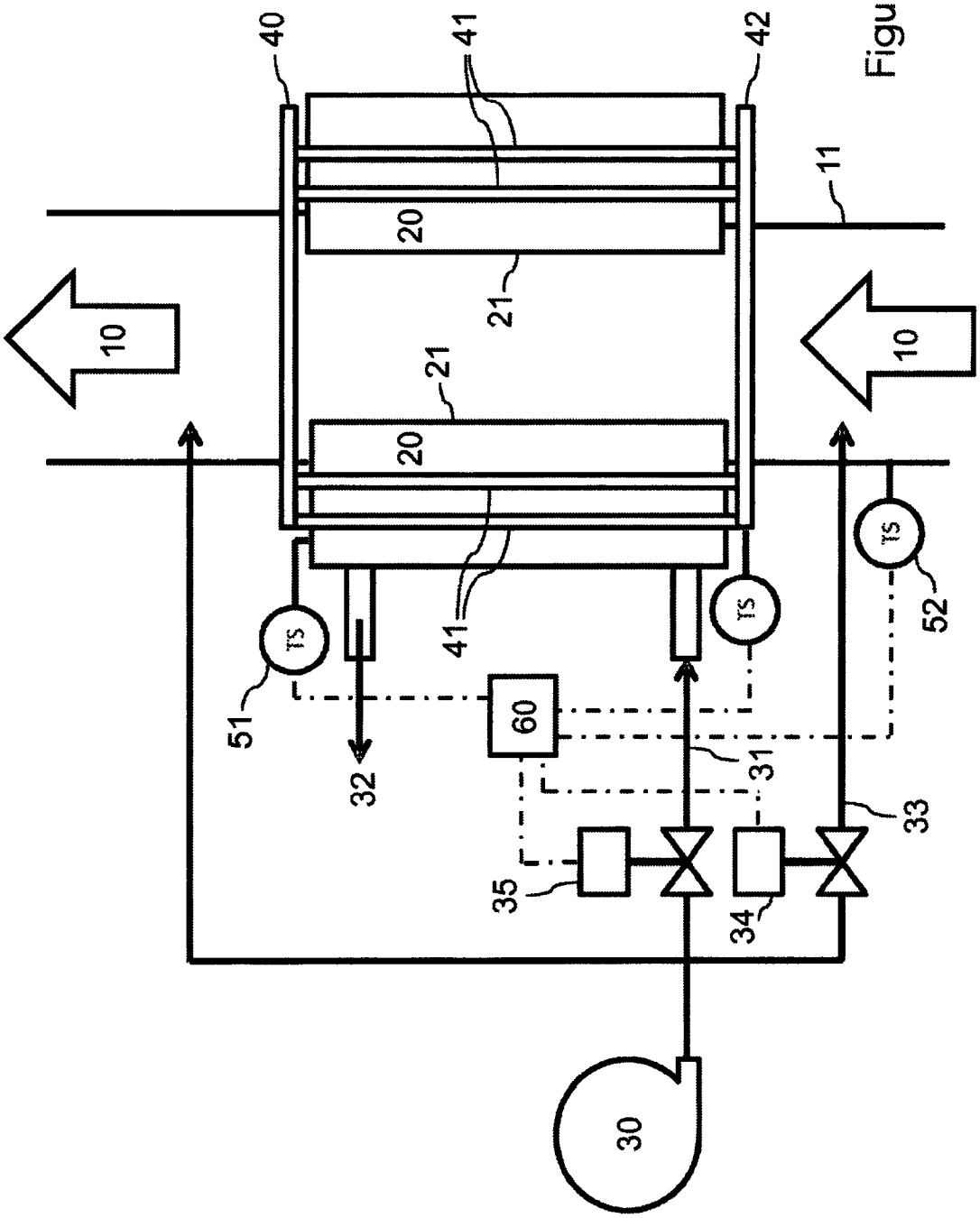

Figura 2