



1973

417759

M E M O R I A D E S C R I P T I V A

de una Patente de Invención a nombre de:
THYSSEN NIEDERRHEIN AG. HÜTTEN- UND WALZ-
WERKE, de nacionalidad alemana, domicilia-
da en 42 Oberhausen, Essener Str. 66 (Ale-
mania); por : "INSTALACION PARA LA REDUC-
CION DE MINERALES DE HIERRO POR VIA DE RE-
DUCCION DIRECTA".

Int. Cl.: C 21/B

El invento se refiere a una instalación para la reduc-
ción de minerales de hierro en trozos o elaborados en forma de
bolas por vía de reducción directa, con horno de cuba y dispositi-
vo para la generación de los gases de reducción a base de hi-
drocarburos de proceso gaseosos (especialmente gas natural),
5 para lo cual el dispositivo para la generación de los gases de
reducción tiene dos convertidores regenerativos que trabajan en-
tre sí en compás alterno así como en compás alterno entre con-
versión y calefacción. Dentro del marco del invento convertidor
10 quiere decir cambiadores de calor regenerativos en forma de Cow-
per con enrejado acumulador del calor.

En una instalación conocida del tipo descrito (patente

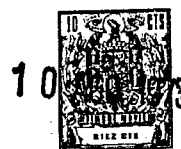
417759



inglesa 1 099 320) los convertidores son simples aparatos Cow-
per por los que fluyen los hidrocarburos de proceso a convertir
y un medio de gasificación. La temperatura del producto, es de-
cir los gases de reducción, disminuye durante la conversión en
5 la medida en que la reacción de conversión consume el calor acu-
mulado. Por consiguiente la temperatura de los gases de reacción
oscila periódicamente con la frecuencia del compás alterno de
los convertidores en unos 100°C. Estas oscilaciones de la tempe-
ratura se han soportado hasta ahora como una característica del
10 proceso regenerativo y por lo tanto como inevitables. Las mismas
perjudican considerablemente el proceso de reducción y en el re-
sultado la cuota de reducción de los minerales de hierro a redu-
cir. En lo demás, dentro del marco de las medidas conocidas la
conversión de los hidrocarburos de proceso se realiza con gas
15 de escape recirculado procedente del horno de cuba.

El invento se refiere a una instalación para la reduc-
ción de minerales de hierro por vía de reducción directa, con
horno de cuba y dispositivo para la generación de los gases de
reducción a base de hidrocarburos de proceso gaseosos (espepe-
20 cialmente gas natural), para lo cual el dispositivo para la ge-
neración de los gases de reducción tiene dos convertidores rege-
nerativos que trabajan en compás alterno entre sí así como en
compás alterno entre conversión y calefacción. El invento con-
siste en que detrás de cada convertidor en el lado de salida de
25 los gases de reducción está colocado un cambiador de calor para
el calentamiento previo del aire (también) regenerativo, y de-
trás de éste entre los convertidores y el horno de cuba un cam-
biador de calor amortiguador común, con lo cual al calentarse

417759



un convertidor se puede conducir aire para la combustión de medios de calefacción (por ejemplo hidrocarburos de calefacción) a través del cambiador de calor para el calentamiento previo del aire de este convertidor, y que en la conversión de hidrocarburos de proceso los gases de reducción se pueden introducir en el horno de cuba a través del cambiador de calor para el calentamiento previo del aire y el cambiador de calor amortiguador, y que el cambiador de calor amortiguador está diseñado para una temperatura final más o menos constante de los gases de reducción. La combustión de los medios de calefacción con el aire de combustión se realiza con quemadores adecuados que en un sitio apropiado y de manera conocida están combinados con los convertidores.

Dentro del marco del invento la conversión se puede realizar por vía térmica o catalítica. Las temperaturas en un trabajo puramente térmico y/o con catalizadores pueden elegirse siempre de modo que se trabaja sin la formación de hollín. El balance de materiales y de calor puede ajustarse siempre de tal manera que los gases de reducción sean prácticamente o por lo menos suficientemente libres de dióxido de carbono, oxígeno y vapor de agua. De acuerdo con la forma de realización preferida del invento se trabaja de manera catalítica. Al efecto se recomienda según el invento que los convertidores estén equipados con un enrejado acumulador de calor que actúa en forma catalítica. En lo demás en lo puramente estructural, se reunirá por regla general un convertidor con el correspondiente cambiador de calor para el calentamiento previo del aire dentro de una carcasa única.

417759



La transformación de los hidrocarburos de proceso dentro de los convertidores se realizará lógicamente en presencia de un medio de oxidación. La instalación de acuerdo con el invento puede funcionar sin dificultad alguna con aire como medio de oxidación, pero también existe la posibilidad de devolver al proceso como medio de oxidación el gas procedente del horno de cuba. En este último caso el invento se caracteriza porque la instalación en forma en sí conocida está acondicionada para el trabajo con gas de tragante como medio de oxidación para la conversión de los hidrocarburos del proceso y equipada al efecto con un dispositivo de retorno del gas de tragante, con lo que los hidrocarburos de proceso a convertor y el gas de tragante mezclados y como mezcla se introducen en el convertidor que trabaja para la transformación. Pero la instalación puede diseñarse también en forma en sí conocida para el trabajo con aire como medio de oxidación, para lo cual en este caso los hidrocarburos a transformar se mezclan con aire y como mezcla se introducen en el convertidor que trabaja para la transformación.

El calentamiento de los convertidores puede realizarse por medio de la combustión de hidrocarburos de calefacción, pudiendo tratarse al efecto de una corriente parcial de los hidrocarburos aportados a la conversión. Pero también existe la posibilidad, preferida según el invento, de emplear para la calefacción de los convertidores gas de tragante recirculado, lo cual resulta especialmente económico. Lógicamente, al poner en marcha la instalación hay que calentar por medio de quemadores auxiliares o aparatos similares también los cambiadores de calor para el calentamiento previo del aire y el cambiador-amortiguador de calor.

417759



Por el invento se aprovechan en primer lugar las ventajas de una transformación regenerativa de hidrocarburos a gases de reducción. Para esto se puede trabajar con temperaturas muy elevadas y se dispone de la acreditada técnica y práctica de los Cowpers de altos hornos. Puesto que se trabaja con temperatura elevada, no se necesita un exceso de medios de oxidación para la conversión completa de los hidrocarburos de proceso, obteniéndose así un gas de reducción de alta calidad. Mientras más elevada es la temperatura de transformación, más baja puede ser la actividad catalítica de los catalizadores con los que los convertidores están equipados en forma de un emparrillado acumulador de calor de efectos catalíticos. Puede emplearse por lo tanto un material catalítico barato de larga duración de vida. A esto contribuye que como consecuencia del trabajo regenerativo materias nocivas para el catalizador, como el azufre, atacan la superficie catalítica del emparrillado acumulador de calor de los convertidores solamente durante el periodo de conversión y que durante el calentamiento subsiguiente las materias de contacto nocivo se queman en la atmósfera oxidante. El catalizador se regenera por lo tanto en cierto modo por sí solo en cada calentamiento. Así se consiguen primero todas las ventajas de un trabajo regenerativo en la transformación de los hidrocarburos del proceso. Aparte de esto se logra de un modo sorprendente introducir los gases de reducción en el horno de cuba con una temperatura constante y predeterminada en su totalidad por el diseño de la instalación. Para esto no se necesitan complicadas medidas técnicas de regulación, sino el cambiador-amortiguador de calor puede diseñarse sin dificultad y dentro del marco de

417759



1973

las reglas de construcción habituales para cambiadores de calor para una temperatura final constante de los gases de reducción, si se trabaja mediante efecto alternante con cambiadores de calor antepuestos para el calentamiento previo del aire, a través de los cuales fluyen durante la conversión los gases de reducción del convertidor que precisamente trabaja en transformación. Debido a la división de los niveles térmicos para la conversión por un lado y para la reducción del mineral por otro lado y como consecuencia de este ajuste de las temperaturas pueden realizarse la conversión y la reducción en condiciones óptimas muy específicas, pudiendo alcanzarse grados muy elevados de eficiencia térmica. No se producen pérdidas de calor y toda la energía queda en cierto modo dentro del sistema.

A continuación se explica el invento de un modo más detallado con ayuda de dibujos esquemáticos que representan solamente un ejemplo de realización del invento y que muestran lo siguiente:

Fig. 1 la vista de una instalación de acuerdo con el invento para la reducción de minerales de hierro, realizándose la conversión de los hidrocarburos con gas de tragante recirculado,

Fig. 2 el objeto de acuerdo con la Fig. 1, pero realizándose la conversión de los hidrocarburos del proceso con aire como medio de oxidación.

La instalación representada en las figuras sirve para la reducción de minerales de hierro en trozos o elaborados en bolas por vía de reducción directa. La instalación está equipada al efecto con un horno de cuba 1 en el que se cargan los minera-



417759

les o las bolas desde lo alto, y con un dispositivo para generar los gases de reducción a base de hidrocarburos gaseosos de proceso, pudiendo tratarse especialmente de gas natural. El dispositivo para generar los gases de reducción posee dos convertidores regenerativos 2 que trabajan en compás alterno entre sí y en compás alterno entre conversión y calefacción. Detrás de cada convertidor 2 está acoplado en el lado de salida de los gases de reducción un cambiador de calor 3 también regenerativo para el calentamiento previo del aire, y detrás de éste está acoplado, en el camino del gas de reducción entre los convertidores 2 y el horno de cuba 1, un cambiador-amortiguador de calor 4 común. La disposición está hecha de tal manera que al calentarse un convertidor 2 aire de combustión para quemar los medios de calefacción correspondientes se puede conducir por el cambiador de calor 3 para el calentamiento previo del aire de este convertidor 2. En cambio para la conversión de hidrocarburos del proceso los gases de reducción pueden introducirse a través del cambiador de calor 3 para el calentamiento previo del aire y el cambiador-amortiguador de calor 4 en el horno de cuba 1, estando el cambiador-amortiguador de calor 4 diseñado para una temperatura final constante de los gases de reducción. El hierro reducido es extraído en 5.

Los convertidores 2 poseen emparrillados acumuladores de calor 6 de cerámica refractaria. Según la forma de realización preferida del invento se trata de emparrillados acumuladores de calor 6 de efectos catalíticos. En el ejemplo de realización un convertidor 2 y el correspondiente cambiador de calor 3 para el calentamiento previo del aire están reunidos en un

417759



grupo de unidad estructural y alojados en una carcasa común 7.

En la forma de realización de acuerdo con la Fig. 1 se realiza la transformación de los hidrocarburos del proceso con gas de tragante recirculado como medio de oxidación. A este
5 objeto la instalación está acondicionada en forma en sí conocida para el trabajo con gas de tragante como medio de oxidación para los hidrocarburos de proceso a convertir y está equipada con un dispositivo de retorno 8 para el gas de tragante que pasa por una torre de lavado 9 con condensador 10 acoplado.

10 Una derivación 11 conduce a los quemadores de calefacción 12 que se conectan para calentar los convertidores 2. En la Fig. 1 el inferior de los convertidores 2 está conectado para calefacción. El aire de combustión es aportado por el ventilador 13 y quema dentro de los quemadores de calefacción 12 el ya men-
15 cionado gas de tragante y tal vez adicionalmente hidrocarburos de calefacción. Los gases de humo pasan por el emparrillado acumulador de calor 6 catalíticamente eficaz de este convertidor 2 para escapar a través de la chimenea 14 al exterior. Al mismo tiempo se realiza en el superior de los convertidores 2 en la
20 forma ya descrita la transformación de los hidrocarburos del proceso. Los hidrocarburos del proceso a transformar y el gas de tragante se mezclan y como mezcla se introducen en este convertidor 2 que trabaja para la transformación. El gas de reducción generado pasa por el subsiguiente cambiador de calor 3 para
25 el calentamiento previo del aire y después por el cambiador-amortiguador de calor 4, el cual en la forma ya descrita está diseñado de modo que la temperatura final de los gases de reducción al entrar en el horno de cuba 1 es prácticamente constante.

417759



En la forma de realización de acuerdo con la Fig. 2 la conversión de los hidrocarburos del proceso se realiza con aire. Los hidrocarburos del proceso a convertir y el aire necesario para la transformación se mezclan primero y después se introducen en el convertidor superior 2 que trabaja para la conversión. El convertidor inferior 2 está conectado también para calefacción y el calentamiento se realiza con gas de tragante, devuelto por el dispositivo de retorno de gas de tragante 8, como combustible y con aire como medio de combustión. También aquí los gases de humo escapan a través de la chimenea 14. El gas de tragante sobrante puede ser extraído a través de la conducción 15 y conducido a otra utilización.

Tanto para la forma de realización de acuerdo con la Fig. 1 como también para la forma de realización de acuerdo con la Fig. 2 se comprende perfectamente como es el funcionamiento con la ya descrita alternativa de compases cuando el convertidor 2 inferior está conectado precisamente para conversión y el superior para calefacción. Las conducciones correspondientes están dibujadas en las figuras.

Para explicar como se presentan las condiciones térmicas en los convertidores y en los cambiadores de calor para el calentamiento previo del aire y en el cambiador-amortiguador de calor, se hace referencia a las representaciones gráficas encima de la Fig. 1, que tienen validez también para la Fig. 2. Aquí se ve que en el convertidor 2 conmutado para la conversión la temperatura del gas de reducción baja considerablemente desde el principio del periodo de transformación hasta el fin del periodo de transformación. Al mismo tiempo se realiza por este gas

417759



de reducción un calentamiento del subsiguiente cambiador de calor 3 para el calentamiento previo del aire, el cual se había enfriado antes en el calentamiento previo del aire. Al final del periodo de conversión este cambiador de calor 3 queda después
5 disponible para un nuevo calentamiento de aire. De este modo el gas de reducción tiene detrás del cambiador de calor 3 primero una temperatura demasiado baja y después demasiado elevada. En el cambiador-amortiguador de calor 4 se ajusta la temperatura al valor que el gas de reducción debe tener de un modo temporalmente constante a la entrada en el horno de cuba 1.
10

Una contemplación comparativa explicará de un modo más detallado las condiciones y los efectos obtenidos:

En una instalación para la reducción directa de minerales de hierro con un horno de cuba como vaso de reducción y
15 dos convertidores 2 trabajando en forma regenerativa se generaban $43.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ de gas de reducción y se introducían en el horno de cuba 1. La temperatura del gas de reducción al entrar en el horno de cuba 1 no podía ser superior a 950°C , porque en este caso el mineral reducido empezaba a ablandarse encima de esta
20 temperatura. Un convertidor 2 se calentaba a 1400°C , mientras en el otro se generaba gas de reducción. Después de cada 30 minutos se conmutaban los dos convertidores 2. Al comienzo del periodo de conversión el gas de reducción salía de la parte catalíticamente activa del convertidor de gas en cuestión con 1300°C
25 y al final del periodo de conversión con 1200°C y entraba con la misma temperatura en el cambiador de calor 3 para el calentamiento previo del aire.

a) Trabajo solamente con el cambiador de calor 3 para el calenta-

417759



miento previo del aire sin el cambiador-amortiguador de calor 4 :

El gas de reducción que al comienzo del periodo de transformación tenía una temperatura de 1300°C, se enfrió en el cambiador de calor 3 hasta 700°C, La cantidad de calor transmitida desde el gas de reducción se acumuló en la masa cerámica del cambiador de calor, con lo que la temperatura del mismo aumentó en forma correspondiente. Al final del periodo de transformación la temperatura del gas de reducción era solamente de 1200°C. Por haber aumentado en el entretanto la temperatura del cambiador de calor 3 la transmisión de calor era menor. El gas de reducción se enfriaba ya solamente hasta 950°C, la temperatura máxima admitida para el horno de cuba 1. Con un cambiador de calor 3 solamente la adaptación del nivel térmico para la conversión del gas y la reducción del mineral se logra solo de un modo imperfecto. Se obtuvo una oscilación periódica de la temperatura del gas de reducción entre 700 y 950°C con una temperatura media de 825°C.

b) Trabajo con un cambiador de calor 3 para el calentamiento previo del aire y un pequeño cambiador-amortiguador de calor 4:

Entre el convertidor 2 y el horno de cuba 1 se intercaló un cambiador-amortiguador de calor 4. Este tenía una masa de acumulación de 45 t de ladrillos de relleno tales como se emplean para las estufas Cowper de altos hornos.

Durante el calentamiento se introdujeron en la zona de combustión 13.900 Nm³/h de aire de combustión a través del cambiador de calor 3 para el calentamiento previo del aire. Al

417759



comienzo del periodo de conversión se enfrió el gas de reducción a través del cambiador de calor 3 y el cambiador-amortiguador 4 desde 1300°C a 890°C. Al terminar el periodo de conversión con 1200°C dicho gas se enfrió hasta 950°C. La oscilación periódica de la temperatura del gas de reducción era solamente de 60°C con una temperatura media de 920°C.

c) Trabajo con un cambiador de calor 3 para el calentamiento previo del aire y un cambiador-amortiguador de calor 4 mayor:

El cambiador-amortiguador de calor 4 se agrandó en comparación con el caso b) desde 45 t de su masa de acumulación a 60 t de esta masa. Durante el calentamiento se introdujeron en la zona de combustión a través del cambiador de calor 3 12.100 Nm³/h de aire de combustión. Al comienzo del periodo de conversión se enfrió el gas de reducción a través del cambiador de calor 3 y el cambiador-amortiguador de calor 4 desde 1300°C a 940°C, y al final del periodo de conversión a 950°C. La oscilación periódica de la temperatura del gas de reducción era ya solamente de 10°C con una temperatura media de 945°C. Esta temperatura está ya muy cerca de la temperatura de trabajo máxima admitida de 950°C en estos ejemplos.

La contemplación comparativa demuestra que mediante un dimensionamiento correcto de los cambiadores de calor 3 y 4, el cual resulta del desarrollo cronológico de la temperatura del gas de reducción, del volumen del gas de reducción y de la geometría del cambiador de calor 3 y del cambiador-amortiguador 4 de acuerdo con las leyes del cambio de calor regenerativo, es posible aproximar la temperatura de trabajo media para el escalón de reducción con la exactitud deseada a la temperatura de

417759



trabajo máxima admitida. Si la temperatura de reducción debe ser más elevada, se disminuye el volumen de aire aportado a través del cambiador de calor 3 a la zona de combustión, si se quiere mantener una temperatura de reducción más baja, se aumenta el volumen de aire de un modo adecuado.

--- N O T A ---

Se reivindica como nuevo y de propia invención.

1. Instalación para la reducción de minerales de hierro por vía de reducción directa, con horno de cuba y dispositivo para la generación de los gases de reducción a base de hidrocarburos de proceso gaseosos, para lo cual el dispositivo para la generación de los gases de reducción tiene dos convertidores que trabajan entre sí en compás alterno así como en compás alterno entre conversión y calefacción, caracterizada porque detrás de los convertidores está acoplado en el lado de salida de los gases de reducción a cada uno un cambiador de calor regenerativo para el calentamiento previo del aire y detrás de éste en el camino de los gases de reducción entre los convertidores y el horno de cuba un cambiador-amortiguador de calor común, porque durante el calentamiento de un convertidor se conduce aire de combustión para la combustión de los combustibles de calefacción por el cambiador de calor para el calentamiento previo del aire de este convertidor, y porque para la conversión de hidrocarburos de proceso los gases de reducción se introducen a través del cambiador de calor para el calentamiento previo del aire y el cambiador-amortiguador de calor en el horno de cuba, estando

ME

417759



1979

el cambiador-amortiguador de calor diseñado para una temperatura más o menos constante de los gases de reducción.

5 2. Instalación, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque los convertidores están equipados con emparrillados acumuladores de calor catalíticamente eficaces.

3. Instalación, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque un convertidor y el cambiador de calor para el calentamiento previo de aire correspondiente están reunidos en una carcasa común.

10 4. Instalación, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque está acondicionada para el trabajo con gas de tragante como medio de oxidación para la conversión de los hidrocarburos de proceso y equipada al efecto con un dispositivo para la conducción de retorno de los gases de tragante y porque
15 los hidrocarburos de proceso a convertir y el gas de tragante se introducen mezclados y como mezcla en el convertidor que trabaja para conversión.

20 5. Instalación, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque está acondicionada para el trabajo con aire como medio de oxidación para la conversión de los hidrocarburos de proceso, y porque los hidrocarburos de proceso a convertir y el aire se introducen mezclados y como mezcla en el convertidor que trabaja para conversión.

6. Instalación, de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque durante el calentamiento de un convertidor

ME

417759



se aporta gas de tragante como combustible de calefacción al quemador de calefacción.

7. Instalación, de acuerdo con reivindicaciones anteriores, caracterizada porque durante el calentamiento de un convertidor
5 se aportan adicionalmente hidrocarburos de calefacción a los quemadores de calefacción.

8. INSTALACION PARA LA REDUCCION DE MINERALES DE HIERRO POR VIA DE REDUCCION DIRECTA.

Tal como se describe y reivindica en la presente Memoria
10 ria Descriptiva, que consta de quince hojas escritas a máquina por una sola cara y de sus correspondientes dibujos.

Madrid, 10 AGO 1973

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Francisco' or similar, written over the typed date.

Handwritten initials 'mte' in black ink, located in the lower-left corner of the page.

417759

417759

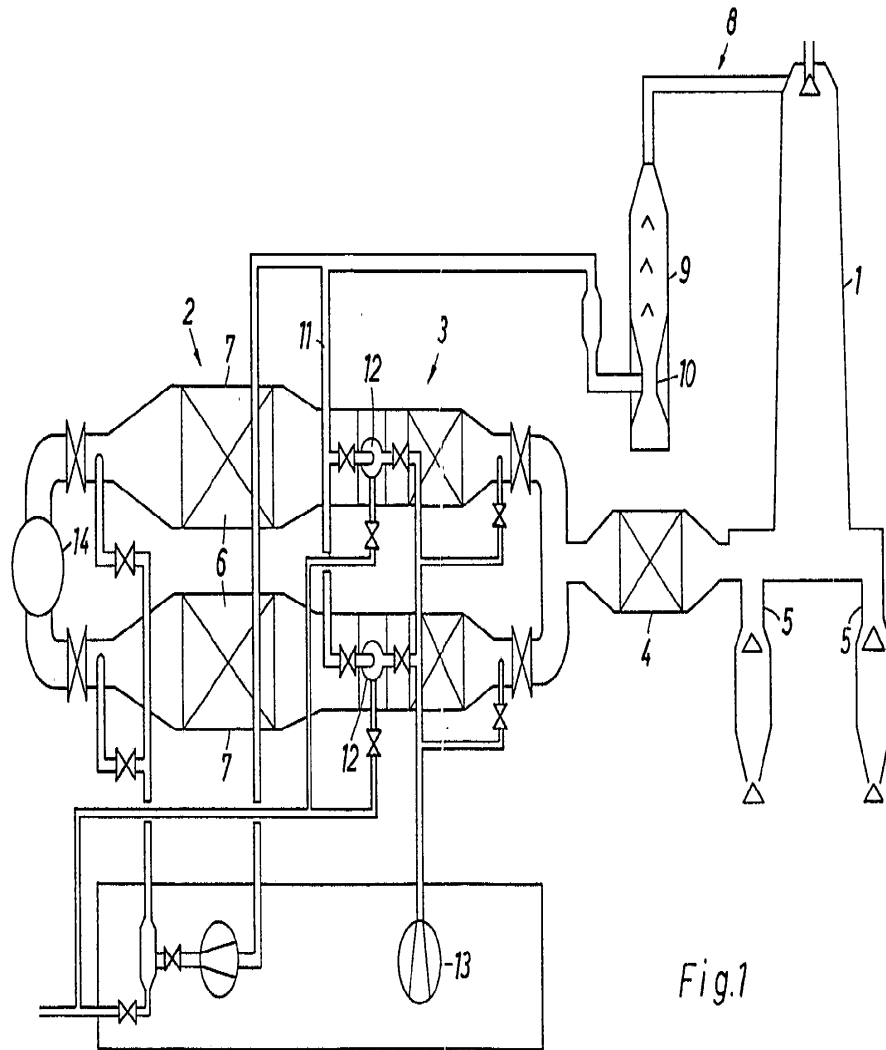


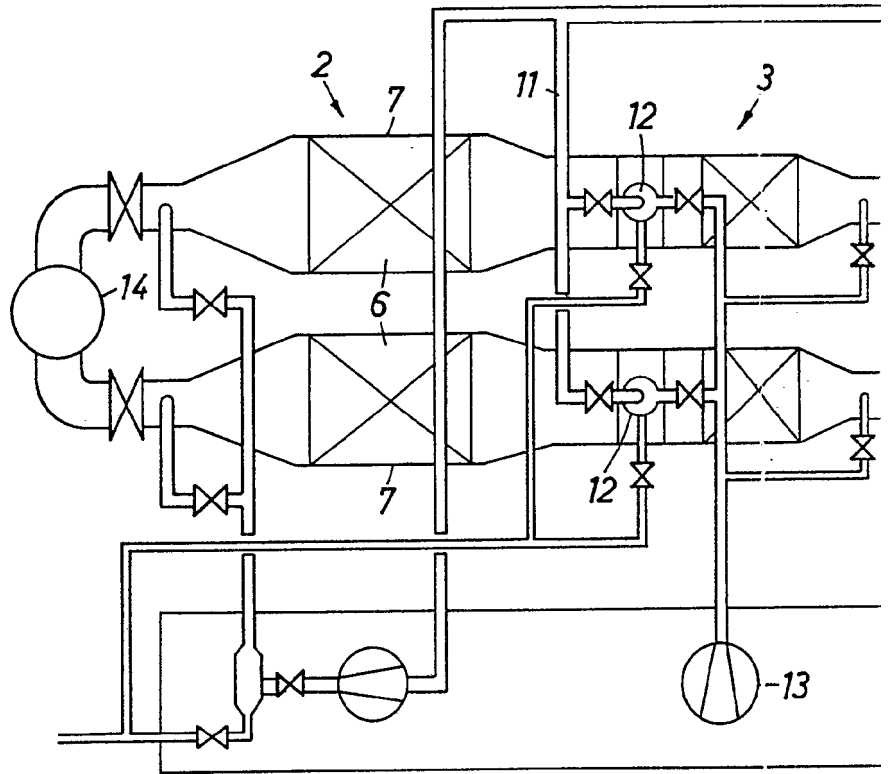
Fig.1

Escala variable

Madrid, 10 Agosto 1973

Grand
[Signature]

417759



Escala variable

417759

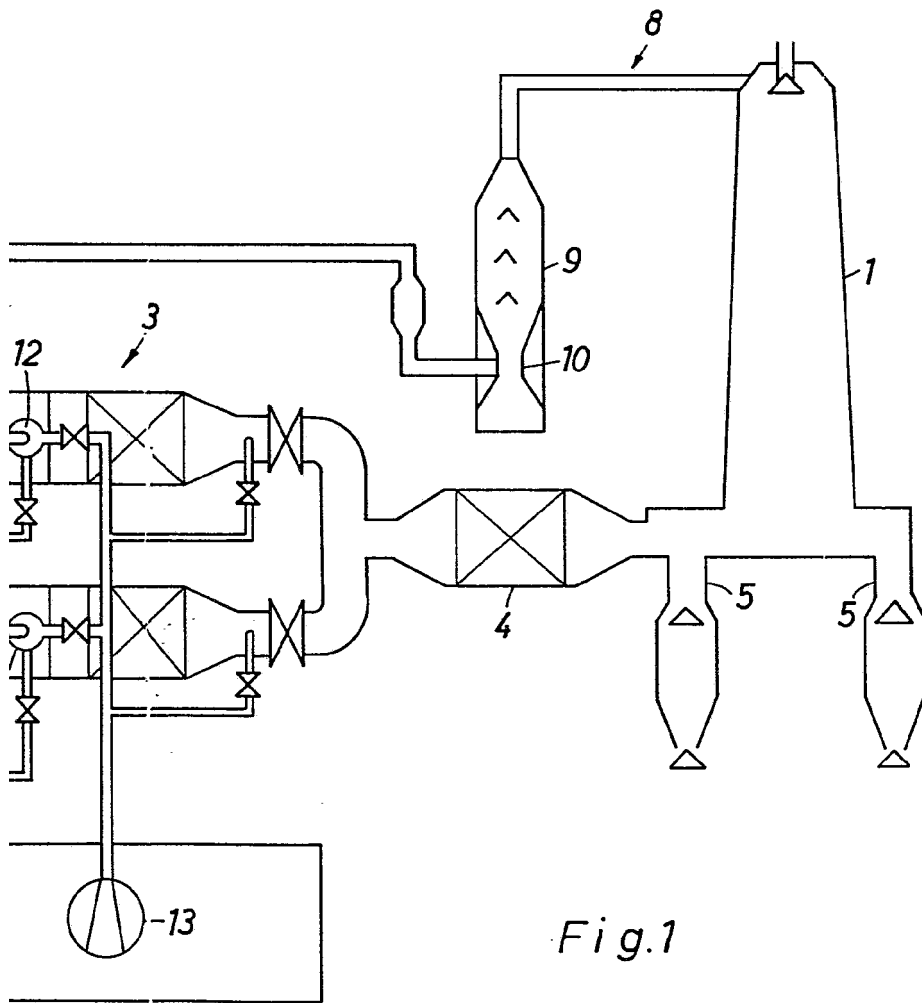


Fig.1

Madrid, 10 Agosto 1973

Juan

417759

417759

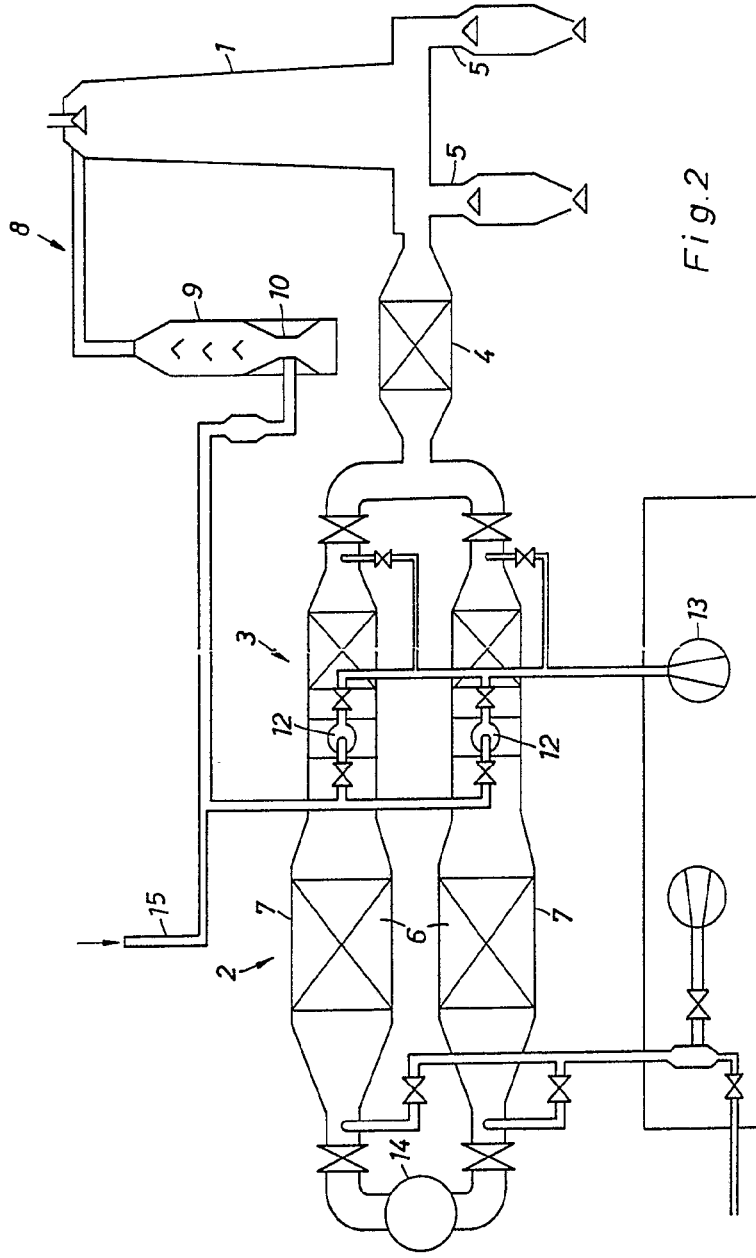


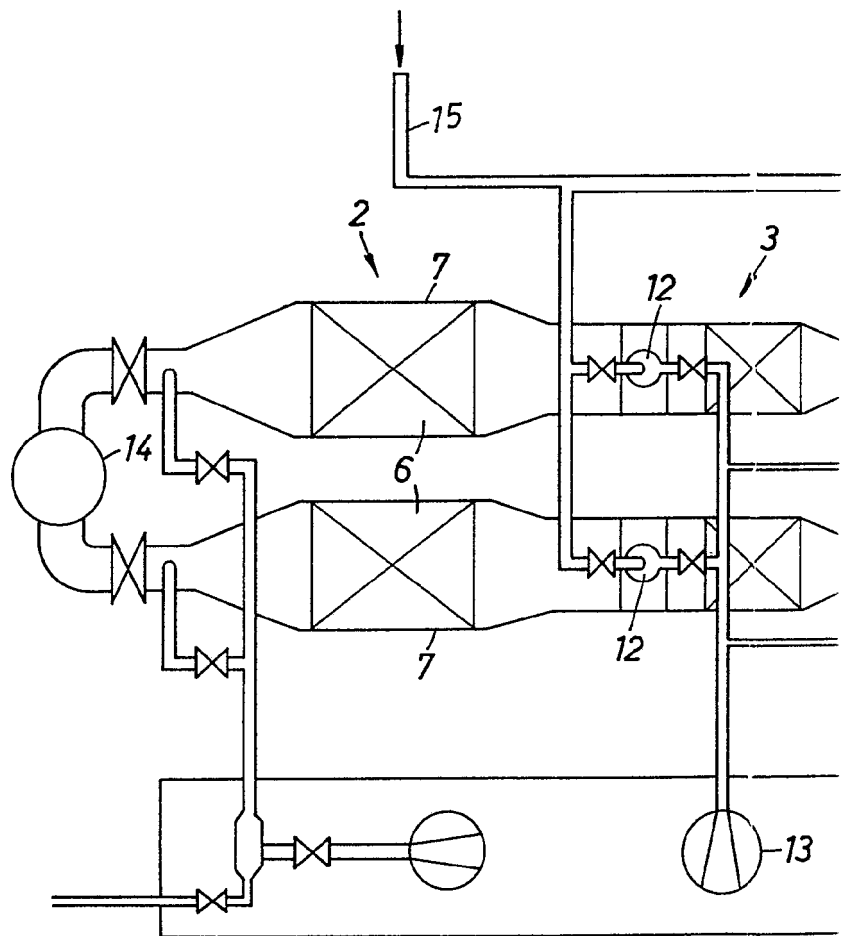
Fig. 2

Mérid, 10 Agosto 1973

Handwritten signature

Escala variable

417353



Escala variable

417759

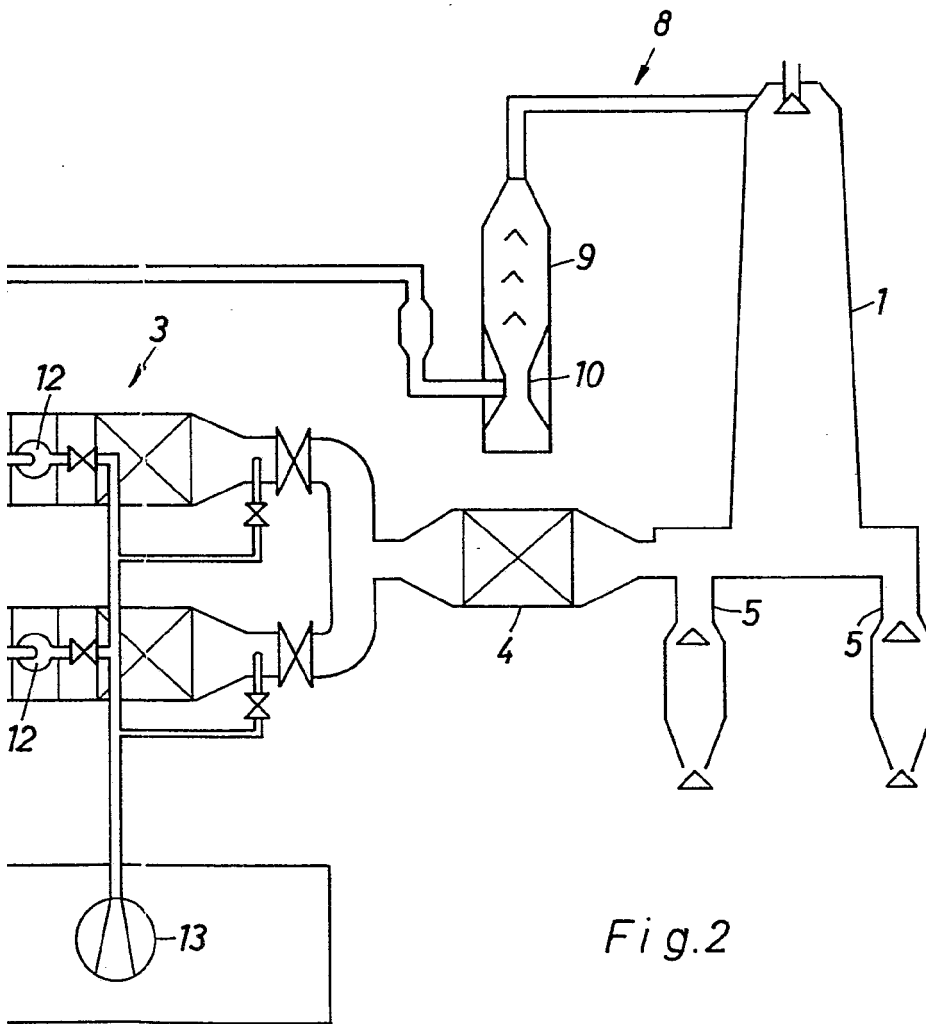


Fig.2

Madrid, 10 Agosto 1973

Juan...