

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 555 521**

51 Int. Cl.:

F23L 7/00 (2006.01)

F23N 3/00 (2006.01)

F23C 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2008** **E 08156300 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.09.2015** **EP 1992876**

54 Título: **Aparato de combustión**

30 Prioridad:

15.05.2007 US 803697

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.01.2016

73 Titular/es:

DOOSAN BABCOCK LIMITED (100.0%)
Doosan House, Crawley Business Quarter, Manor
Royal
Crawley, Sussex RH10 9AD, GB

72 Inventor/es:

PANESAR, RAGHBIR;
HUME, SCOTT y
CAMERON, STUART

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 555 521 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

Aparato de combustión

La presente invención se refiere a aparatos de combustión. En particular, pero no exclusivamente, la invención se refiere a aparatos de combustión capaces de quemar aire y oxcombustible y utilizar recirculación de gas de combustión.

Existe un deseo generalizado de reducir las causas del calentamiento global, y un nivel aumentado de dióxido de carbono en la atmósfera se considera que es el factor más dominante. Una fuente de la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera es la combustión de combustibles fósiles en plantas eléctricas. Una respuesta a esto es buscar cómo capturar y almacenar el dióxido de carbono emitido durante la combustión.

Las técnicas de captura de dióxido de carbono se clasifican a menudo en los tres grupos de captura de precombustión, captura de poscombustión y captura de combustión de oxcombustible. En esta última propuesta, se suministra oxígeno puro o casi puro al sistema de combustión de la caldera (combustión de oxcombustible) y se vuelve a reciclar también al menos una parte del gas de combustión rico en dióxido de carbono a la caldera (recirculación de gas de combustión). La combustión de oxcombustible produce un gas de combustión que consiste principalmente en dióxido de carbono y vapor de agua. El gas de combustión no se diluye con nitrógeno (como ocurre cuando se usa combustión de aire) y, así, se puede capturar fácilmente el dióxido de carbono. Los niveles reducidos de nitrógeno pueden reducir también la formación de NOx (un término utilizado para cubrir óxido nítrico, dióxido de nitrógeno y óxido nitroso). La propia recirculación de gas de combustión es conocida también para reducir la formación de NOx.

Es deseable que esta propuesta se pueda usar para instalar a posteriori en calderas existentes, así como para nuevos diseños de plantas industriales. Además, para una caldera existente o nueva, es deseable a menudo que la caldera se pueda caldear de modo selectivo y conmutable usando aire o usando oxígeno y gas de combustión reciclado. Por ejemplo, durante la puesta en marcha o la parada de la caldera, el caldeo con aire consigue un funcionamiento estable a baja carga. Después de la puesta en marcha, puede haber una conmutación a recirculación de oxígeno y gas de combustión para conseguir la captura de dióxido de carbono. Es deseable también que la caldera pueda funcionar en todo el intervalo de cargas, tanto en el modo de caldeo con aire como en el de oxcombustible.

No obstante, la combustión de un combustible fósil, tal como carbón pulverizado, en un gas rico en oxígeno da como resultado una alta temperatura de llama, lo que puede producir una fusión de cenizas y puede aumentar realmente la formación de NOx. De manera usual, en los aparatos de la técnica anterior, se sigue suministrando aire a la entrada de combustible (corriente primaria) de la caldera. Si se suministran altos niveles de oxígeno directamente a la entrada de combustible, puede haber también una combustión prematura cuando el combustible empieza a arder, lo que es antieconómico y peligroso. No obstante, la utilización usual de aire aumenta de nuevo los niveles de nitrógeno presentes, llevando a la formación de NOx. Es deseable poder controlar la temperatura de llama al tiempo que se optimiza, o al menos se mantiene, el rendimiento de la caldera. Es deseable eliminar esta fuente de nitrógeno.

Por otro lado, existen varias desventajas asociadas con el suministro de oxígeno directamente a la sección del quemador de la caldera (la corriente secundaria). Por ejemplo, los quemadores de bajo NOx modernos utilizan típicamente combustión escalonada para minimizar la oxidación de nitrógeno presente en el combustible, y un mayor suministro de oxígeno a los quemadores puede ser contraproducente en relación con esto. Además, el suministro de oxígeno directamente a la sección del quemador da como resultado características térmicas particulares respecto al sistema global. Por lo tanto, es más difícil, o menos eficiente, conmutar entre caldeo con aire y caldeo usando un gas enriquecido con oxígeno. Es deseable poder limitar el contenido de oxígeno suministrado a los quemadores. Es deseable poder variar el contenido de oxígeno suministrado a los quemadores por varias razones, tales como optimizar el comportamiento o permitir conmutar entre caldeo con aire y caldeo usando un gas enriquecido con oxígeno.

Además, el combustible utilizado puede afectar significativamente al comportamiento de la caldera. Por ejemplo, cuando se usa carbón con muy baja proporción de volátiles, es deseable optimizar el contenido de oxígeno a fin de ayudar a la ignición de la materia volátil. Por lo tanto, es deseable variar el contenido de oxígeno de la corriente de combustible. El documento EP 1 327 823 describe un aparato de combustión según el preámbulo de la reivindicación 1.

Según un primer aspecto de la presente invención, se ha previsto un aparato de combustión según la reivindicación 1.

La expresión "gas rico en oxígeno" está destinada a cubrir una cantidad de gas con una proporción de oxígeno que es mayor que el 21% en volumen y que incluye oxígeno puro.

Los medios de suministro de gas de combustión están adaptados para suministrar oxígeno sustancialmente puro.

Los medios de suministro de gas de combustión están adaptados para suministrar selectivamente una mezcla del gas rico en oxígeno y un segundo gas al conducto de entrada secundario. Preferiblemente, el segundo gas no incluye aire. Preferiblemente, el segundo gas no incluye nitrógeno. La mezcla que circula dentro del conducto de entrada secundario puede tener cualquier proporción de oxígeno, y puede ser menor que el 21% en volumen.

- 5 Los medios de suministro de gas de combustión están adaptados para suministrar de modo conmutable aire o el gas rico en oxígeno, tanto al conducto de entrada de combustible primario como al conducto de entrada secundario.

Preferiblemente, los medios de suministro de gas de combustión incluyen medios de variación para variar la proporción de aire o de gas rico en oxígeno, suministrada a uno o a ambos del conducto de entrada de combustible primario y del conducto de entrada secundario.

- 10 Preferiblemente, el aparato de combustión comprende una caldera para generar vapor de agua.

El combustible utilizado es carbón pulverizado. Preferiblemente, los medios de suministro de gas de combustión están adaptados para suministrar aire o el gas rico en oxígeno al conducto de entrada de combustible primario de manera que el aire o el gas rico en oxígeno ayude, al menos, a transportar el combustible a la cámara de combustión. Preferiblemente, los medios de suministro de gas de combustión incluyen una o más unidades de ventilador.

- 15 El conducto de entrada secundario suministra aire o gas rico en oxígeno a uno o más quemadores dispuestos en la cámara de combustión.

- 20 El aparato de combustión puede incluir uno o más conductos de entrada terciarios conectados para circulación de fluido a los medios de suministro de gas de combustión, para suministrar aire o el gas rico en oxígeno directamente al aparato de combustión y, por ejemplo, directamente a la cámara de combustión o a otro componente del aparato de combustión. Por ejemplo, uno o más conductos de entrada terciarios suministran aire o gas rico en oxígeno a uno o más quemadores dispuestos en la cámara de combustión.

- 25 El aparato de combustión incluye un conducto de recirculación de gas de combustión. El conducto de recirculación de gas de combustión está conectado para circulación de fluido a, al menos, uno del conducto de entrada de combustible primario y del conducto de entrada secundario de manera que una mezcla de aire o el gas rico en oxígeno y el gas de combustión se suministran a la cámara de combustión. El conducto de recirculación de gas de combustión está conectado para circulación de fluido, tanto al conducto de entrada de combustible primario como al conducto de entrada secundario.

- 30 Se describirá a continuación una realización de la presente invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la figura 1 es una vista esquemática simplificada de un aparato de combustión según la invención;

la figura 2 es una vista lateral en sección de un quemador del aparato de combustión de la figura 1;

la figura 3 es una vista esquemática más detallada de un aparato de combustión según la invención, en un modo de caldeo con aire; y

- 35 la figura 4 es una vista esquemática del aparato de combustión de la figura 3, en un modo de caldeo con oxicomcombustible.

La figura 1 muestra un aparato de combustión que incluye una caldera 10 caldeada con aire y oxicomcombustible para generar vapor de agua que se usa para accionar unas turbinas 20 a fin de producir corriente eléctrica desde un aparato de generación 30.

- 40 La caldera 10 define una cámara de combustión 15. La caldera tiene un conducto de entrada de combustible primario 40 para suministrar carbón desde un almacén de combustible 42 a través de un molino de pulverización 44 hasta la caldera 10. La caldera 10 tiene también un conducto de entrada secundario 50 para suministrar un gas de combustión a varios quemadores 52 acoplados a la caldera 10.

- 45 El aparato de combustión incluye medios de suministro de gas de combustión que tienen un suministro de oxígeno 70 y un suministro de aire 71. Los medios de suministro de gas de combustión son controlables para conmutar entre suministrar aire o un gas rico en oxígeno en forma de oxígeno puro. Unos conductos 72, 74 conectan para circulación de fluido el suministro de oxígeno 70 de los medios de suministro de gas de combustión, tanto al conducto de entrada de combustible primario 40 como al conducto de entrada secundario 50. Aunque estos conductos están conectados para circulación de fluido, pueden no estar conectados directa o físicamente. Por ejemplo, en el caso de la figura 1, el conducto 74 está conectado directamente a un conducto que lleva hasta el molino 44, que está conectado, a su vez, al conducto de entrada de combustible primario 40.

- 50 Los medios de suministro de gas de combustión incluyen también una válvula 73 que es controlable para variar la proporción de oxígeno que se suministra al conducto de entrada de combustible primario 40 y al conducto de

entrada secundario 50. Por ejemplo, el 70% del gas de combustión disponible se puede suministrar al conducto de entrada de combustible primario 40 y el 30% al conducto de entrada secundario 50, o el 40% del gas de combustión disponible se puede suministrar al conducto de entrada de combustible primario 40 y el 60% al conducto de entrada secundario 50.

- 5 El aparato de combustión incluye también un sistema 60 de recirculación del gas de combustión. El gas de combustión se extrae mediante un calentador 62 y un precipitador electrostático (ESP) 64 que usa un ventilador 66. El ESP 64 elimina las cenizas del gas de combustión. El gas de combustión limpio pasa a continuación a una unidad 68 de desulfuración del gas de combustión (FGD) y, luego, a una unidad 84 de purificación y compresión de dióxido de carbono.
- 10 Una gran proporción del gas de combustión se vuelve a reciclar a través del calentador 62, extraído por otro ventilador 80, mientras que el resto evita el calentador 62 para proporcionar una corriente de templado. Una proporción del gas de combustión circula a continuación al conducto de entrada secundario 50, mientras que el resto se hace pasar al conducto de entrada de combustible primario 40 a través del molino 44. En el modo de caldeoado con aire o en un modo de transición (pero no el modo de oxicomcombustible), no se recicla una proporción del gas de combustión hasta el 100%, sino que se emite a la atmósfera a través de un apilamiento 82. La proporción del gas de combustión que se recicla a través del calentador 62 pasa a continuación al conducto de entrada secundario 50.

El sistema 60 de recirculación del gas de combustión está, por lo tanto, conectado para circulación de fluido al conducto de entrada secundario 50, de manera que se suministra gas de combustión a la caldera 10. El sistema 60 está conectado también para circulación de fluido al conducto de entrada de combustible primario 40.

- 20 Cuando los medios de suministro de gas de combustión se conmutan para suministrar oxígeno, el oxígeno se suministra al conducto de entrada de combustible primario 40 que está conectado para circulación de fluido a un conducto del sistema 60 de recirculación del gas de combustión de manera que se suministra una mezcla de gas de combustión y oxígeno al molino 44 usando un ventilador 76. Esta mezcla transporta el carbón pulverizado a la caldera 10. Los medios de suministro de gas de combustión suministran también oxígeno al conducto de entrada secundario 50, de manera que una mezcla de oxígeno y gas de combustión se suministra a la caldera 10. El suministro de oxígeno, tanto al conducto de entrada de combustible primario 40 como al conducto de entrada secundario 50, ocurre aguas abajo del calentador 62.

- En la figura 2 se muestra un quemador 52 adecuado que está acoplado a una pared 12 de la caldera. Se puede conseguir todo el dimensionamiento térmico del quemador caldeando con combustible pulverizado y aire y caldeando con combustible pulverizado y oxicomcombustible. Cada quemador 52 tiene cinco tabiques tubulares dispuestos coaxialmente que definen pasos anulares para uno, o una mezcla, de combustible, oxígeno, gas de combustión y aire.

- Cada quemador 52 tiene un tubo primario 90 que está conectado para circulación de fluido al conducto de entrada de combustible primario 40. Se suministra una mezcla de combustible, gas de combustión reciclado y oxígeno a una placa en espiral 94 del tubo primario 90 a través de una conexión tangencial 92 (o se suministra aire durante el caldeoado con aire).

- Cada quemador 52 tiene también un tubo secundario 100 que está conectado para circulación de fluido al conducto de entrada secundario 50. Se suministra una mezcla de gas de combustión reciclado y oxígeno a unas aberturas 102 dispuestas en el tubo secundario 100 desde una caja de viento 104 que rodea el quemador 52 (o se suministra aire durante el caldeoado con aire).

Cada quemador 52 incluye dos tubos terciarios 106, 108. Además, se prevé un tubo testigo 110, que incluye una conexión radial 112. Estos tubos pueden estar conectados para circulación de fluido a uno o a ambos de los medios de suministro de gas de combustión y al sistema 60 de recirculación del gas de combustión.

- En funcionamiento, la placa en espiral 94 proporciona una cantidad de movimiento axial y una circunferencial al combustible dentro del tubo primario 90. El flujo se descarga hasta más allá de un labio 114, como un flujo energicamente turbulento que comienza la ignición en el labio 114 que define una zona de combustión inicial. Dentro de esta zona prevalecen condiciones reductoras, de manera que existe una oxidación mínima del nitrógeno en el combustible. La cantidad de oxígeno en el tubo testigo 110 está limitada también para mantener estas condiciones.

- El flujo desde los tubos secundarios 100 y terciarios 106, 108 forma una envolvente alrededor de la zona de combustión inicial de manera que la combustión del combustible se completa aguas abajo en condiciones oxidantes.

La figura 3 es una vista esquemática más detallada de un aparato de combustión según la invención, que está en un modo de caldeoado con aire y a plena carga.

- Un sistema usual 42 de manipulación de carbón suministra carbón en bruto a lo largo de la Corriente 1, desde las carboneras hasta un equipo de molienda 44 en el que se pulveriza carbón, y se transporta con aire a lo largo de la Corriente 2, que es el conducto de entrada de combustible primario, a la cámara de combustión de la caldera 10.

Las corrientes de aire de combustión y de gas de combustión están diseñadas para un funcionamiento del tiro equilibrado. El sistema de aire de combustión incluye unos ventiladores de tiro forzado 80, unos ventiladores de aire primarios 132 y unos calentadores de gas-gas 62 para calentar el aire de combustión. Desde aguas abajo de los calentadores de gas-gas 62, el aire calentado se divide en aire primario y aire secundario. En este modo, el calentador es un calentador de gas-aire.

El aire primario se transporta a lo largo de la Corriente 22 hasta el equipo de molienda 44 para el secado de carbón y el transporte de combustible pulverizado a lo largo de la Corriente 2 (el conducto de entrada de combustible primario). Se usa aire primario frío (Corriente 26) para proporcionar la corriente de aire de templado a fin de controlar la temperatura de la salida del molino.

El aire secundario que se desplaza a lo largo de la Corriente 25 (el conducto de entrada secundario) se suministra a la cámara de combustión de la caldera 10. El aire secundario se divide en aire de la caja de viento y aire sobrecalentado (un sistema de combustión multietapa que incorpora aberturas de aire sobrecalentado). El aire de la caja de viento se suministra directamente a los quemadores (no mostrados en la figura 3).

Como el diseño de plantas de calderas está basado en un diseño de calderas de tiro equilibrado, se puede quemar la gama de carbones especificada en diseño por todo el intervalo completo de cargas de la caldera, sin restricciones operativas del caldeo con aire. El horno de tiro equilibrado está diseñado con un sistema de combustión apropiado para cumplir los límites de NOx primario en el propio horno y las especificaciones sobre el rendimiento de la combustión, según sea apropiado. Para reducir los constituyentes contaminantes del gas de combustión por debajo de los límites de emisión permisibles, la planta con zonas separadas de calderas emplea una planta apropiada de control de emisiones situada aguas abajo del gas de combustión. Esta planta industrial comprende una planta de DeNOx 120, un dispositivo 122 de eliminación de partículas y mercurio y una planta de DeSOx 68.

Los productos de combustión abandonan el horno y son enfriados por las superficies de calentamiento de la caldera aguas abajo. El gas de combustión que abandona el horno entra en el paso convectivo de la caldera, en el que el vapor de agua generado en las paredes del horno es sobrecalentado y recalentado adicionalmente para generación de potencia. La unidad de caldera comprende un horno radiante y unas superficies de calentamiento radiantes y convectivas. Las paredes del horno/caldera comprenden superficies de membrana estanca a los gases para minimizar la admisión de aire. Se prevén disposiciones superficiales de calentamiento que evitan la formación de escoria o el atasco inadmisibles y la circulación y la temperatura del vapor de agua inadmisibles. Se seleccionan velocidades de flujo apropiadas para asegurar tanto un enfriamiento adecuado del lado del agua/vapor de agua como ninguna erosión significativa potencial en el lado del gas de combustión.

Aguas abajo del paso convectivo de la caldera, que incorpora la planta de DeNOx 120, el gas de combustión que circula a lo largo de la Corriente 4 es enfriado en un calentador de gas-gas 62, como se usa para precalentar el aire de combustión frío entrante en la Corriente 16. El calentador de gas-gas 62, tal como uno de diseño de 3 corrientes/tres sectores, es adecuado para su uso tanto durante un funcionamiento con aire como con oxicomcombustible, y cualquier proporción entre los mismos. Al gas de combustión que abandona el calentador de gas-gas 62 en la Corriente 5 se le quita el polvo mediante la planta 122 de eliminación de partículas en la que el gas desempolvado (Corriente 7) se alimenta al ventilador de tiro por inducción 66 aguas abajo y a la planta de DeSOx 68. La salida de la planta de DeSOx 68 (Corriente 12) discurre a continuación al apilamiento de combustión a través de la Corriente 13, o se puede hacer que discurra de manera alternativa directamente a una torre de enfriamiento, sin necesidad de recalentamiento.

La figura 4 es una vista esquemática detallada del aparato de combustión, en un modo de caldeo con oxicomcombustible y a plena carga.

El aparato de combustión se pone en marcha y se para de manera usual utilizando caldeo con aire mediante el paso al modo de funcionamiento con oxicomcombustible que se presenta en las condiciones de combustión mínimas apropiadas de carga estable. En esta condición de carga, se cierra gradualmente la toma de aire D1 del ventilador de tiro forzado, mientras que el regulador de apilamiento D2 se estrangula para permitir que los gases de combustión sean reciclados hasta la planta de calderas 10. De modo simultáneo, se suministra oxígeno sustancialmente puro desde una unidad 150 de separación de aire/planta de oxígeno y se introduce en la corriente primaria de recirculación del gas de combustión a través de un regulador D5 y en la corriente secundaria de recirculación del gas de combustión a través de un regulador D6.

Cuando se han alcanzado niveles de dióxido de carbono apropiados en el gas de combustión, se admite dicho gas de combustión en la planta 84 de purificación y compresión de dióxido de carbono mediante el control de compensación de flujos entre el regulador D3 y el regulador D4 de la parte reciclada del gas de combustión. Se usa un equipo de supervisión del gas de combustión para proporcionar una indicación al operario de la caldera de cuándo la calidad del dióxido de carbono del gas de combustión cumple los requisitos para un suministro seguro de este gas de combustión de oxicomcombustible a la planta 84 de purificación y compresión de dióxido de carbono.

Como antes, un sistema usual de manipulación de carbón suministra carbón no lavado a lo largo de la Corriente 1 desde las carboneras hasta el equipo de molienda 44. El carbón es pulverizado y transportado con gas de

combustión con oxcombustible a lo largo de la Corriente 2 (conducto de entrada de combustible primario) a la cámara de combustión de la caldera 10.

El aire es separado antes del sistema de combustión de la caldera usando las unidades 150 de separación de aire disponibles comercialmente, que separan el oxígeno de la alimentación de aire ambiente. Por lo tanto, no se usa nitrógeno durante la combustión de oxcombustible. No se suministra aire de combustión al sistema de calderas, aunque se puede presentar un cierto grado de admisión de aire (Corriente 29) debido al diseño de plantas de calderas de tiro equilibrado. Un diseño mecánico apropiado puede minimizar esta admisión de aire.

El oxígeno desde la unidad 150 de separación de aire es precalentado mediante un intercambiador de calor 154, usando unas fuentes disponibles apropiadas de calor. El oxígeno precalentado en la Corriente 27 y la parte reciclada del gas de combustión primario en la Corriente 21 son mezclados en una máquina mezcladora 170 antes de entrar en la planta de molienda a través de la Corriente 22. La concentración de oxígeno en la Corriente 22 mezclada resultante está limitada al equivalente de aire. La corriente primaria de la parte reciclada del gas de combustión (Corriente 21) se suministra con las cenizas eliminadas, limpia, seca y precalentada, con el caudal volumétrico fijado para cumplir los requisitos de la planta de molienda y de la temperatura del producto.

La corriente secundaria de la parte reciclada del gas de combustión (Corriente 24) es mezclada en una máquina mezcladora 172 con oxígeno precalentado en la Corriente 28 y se alimenta al sistema de combustión de la caldera a través de la Corriente 25 (conducto de entrada secundario 50). El dióxido de carbono en la Corriente 25 reemplaza por nitrógeno atmosférico la parte del gas a granel inerte de arrastre proporcionada anteriormente. La corriente secundaria de la parte reciclada del gas de combustión está con la cenizas eliminadas, limpia y precalentada. El gas de combustión secundario se suministra para conseguir el comportamiento del equipo de combustión a través del suministro de una combustión de carbón estable y eficiente. El gas de combustión secundario controla también las temperaturas de combustión del horno comparables a la planta caldeada con aire de generación de potencia y consigue el comportamiento térmico de la caldera valorada.

El gas de combustión se hace recircular y se divide para proporcionar recirculación del gas de combustión primario y recirculación del gas de combustión secundario. La inyección de oxígeno es aguas abajo de los calentadores de gas-gas 62 y los ventiladores del gas de combustión debido al riesgo de que incidan partículas en las palas de ventilador. El sistema de inyección de oxígeno está diseñado para favorecer la mezcla eficiente de oxígeno y gas de combustión. La mezcla de oxígeno primario es aguas arriba del equipo de molienda 44. La concentración de oxígeno en la corriente primaria de recirculación del gas de combustión aguas arriba de la planta de molienda está dispuesta para ser aproximadamente equivalente a la concentración de oxígeno en el aire.

El diseño de calderas de tiro equilibrado es capaz de quemar la gama de carbones especificada en diseño por todo el intervalo completo de cargas de la caldera, sin restricciones operativas del caldeo con oxcombustible. El horno está diseñado con un sistema de combustión apropiado que incorpora unos quemadores de combustible pulverizado con turbulencia axial de bajo NOx, adecuados tanto para quemar aire como oxcombustible, y cualquier proporción entre los mismos, y un sistema de combustión multietapa (aberturas de combustión sobrecaldeada) en las paredes del horno para especificaciones sobre el rendimiento de la reducción y combustión de NOx primario en el propio horno, según sea apropiado. La planta de calderas está diseñada con un intervalo de control total adecuado para un funcionamiento a plena carga en modo de funcionamiento con aire u oxcombustible, y cualquier proporción entre los mismos. La planta de calderas conserva la capacidad de caldeo a plena carga de aire con una planta apropiada de control de emisiones.

Los productos de combustión abandonan el horno radiante y son enfriados por las superficies aguas abajo de calentamiento de la caldera. El gas de combustión de oxcombustible que abandona el horno entra en el paso convectivo de la caldera, en el que vapor de agua supercrítico generado en las paredes del horno es sobrecalentado y recalentado adicionalmente para generación de potencia. Un economizador está situado en el paso de gas convectivo.

La unidad de DeNOx 120 está adaptada de tal manera que se puede evitar durante el funcionamiento con oxcombustible. El gas de combustión de oxcombustible en la Corriente 3 es enfriado adicionalmente en el calentador de gas-gas 62 (Corrientes 4 y 5) que se usa para precalentar el gas de combustión entrante de la parte reciclada de oxcombustible en las Corrientes 20 y 23. Al gas de combustión en la Corriente 5, que abandona el calentador de gas-gas 62, se le quita el polvo mediante la planta 122 de eliminación de partículas antes de ser enfriado en una unidad de recuperación de calor 156 aguas abajo. El gas de combustión despolvado y enfriado en la Corriente 7 se alimenta al ventilador de tiro por inducción 66 aguas abajo.

Aguas abajo del ventilador de tiro por inducción 66 (Corriente 8), el gas de combustión entra en la planta de DeSOx 68. La planta de DeSOx 68 se emplea para tratar todo el gas de combustión y proporcionar una parte reciclada limpia del gas de combustión de oxcombustible a fin de limitar los componentes gaseosos corrosivos en la corriente de la parte reciclada del gas de combustión de oxcombustible al equipo de molienda 44 y a la planta de calderas 10 hasta concentraciones no peores que las experimentadas durante el caldeo con aire.

- 5 Aguas abajo de la planta de DeSOx 68, el gas de combustión de oxicomcombustible frío se divide en dos corrientes. Una corriente (Corriente 10) proporciona la corriente de alimentación del gas de combustión de oxicomcombustible neto a la planta 84 de purificación y compresión de dióxido de carbono. La corriente limpia restante del gas de combustión (Corriente 11) se vuelve a reciclar al sistema de calderas a través de un ventilador de tiro forzado 80 y de la Corriente 16. Después de esta división, el gas de combustión en la Corriente 11 es recalentado, según se requiera, mediante un calentador de gas-gas dentro de la planta de DeSOx 68. El gas de combustión en la Corriente 12 pasa a continuación a través del ventilador aguas abajo y una tubería de recirculación del gas de combustión.
- 10 El gas de combustión en la Corriente 11 se divide para proporcionar una corriente primaria de la parte reciclada del gas de combustión (Corriente 17) y una corriente secundaria de la parte reciclada del gas de combustión (Corriente 23). El gas de combustión de oxicomcombustible frío en la Corriente 20 se usa también para proporcionar la corriente de gas de templado (Corriente 26) a fin de controlar la temperatura de la salida del molino y sellar dicho molino.
- 15 El contenido de humedad del gas de combustión de oxicomcombustible estará en un nivel mayor que con gas de combustión obtenido del caldeo con aire usual debido al efecto de la parte reciclada del gas de combustión. Además, el uso de un sistema de DeSOx depurador en húmedo, si se considera apropiado, aumentará el contenido de humedad en el gas de combustión, y el gas de combustión de la parte reciclada estará saturado a la temperatura final a la que es enfriado dicho gas de combustión. Según sea apropiado, una planta de eliminación de humedad puede estar situada en toda la corriente del gas de combustión (Corriente 9) o en la corriente primaria de la parte reciclada del gas de combustión (Corriente 20) al calentador de gas-gas 62. La corriente seca del gas de combustión de oxicomcombustible (Corriente 20) es precalentada en el calentador de gas-gas 62 y se temple según se requiera (Corriente 26), proporcionando la corriente primaria de la parte reciclada del gas de combustión (Corriente 21).
- 20 La corriente secundaria de la parte reciclada del gas de combustión de oxicomcombustible se suministra precalentada (Corriente 24) al sistema de combustión de la caldera desde el calentador de gas-gas 62. Tanto la corriente primaria de la parte reciclada del gas de combustión como la secundaria son precalentadas con el calor recuperado del gas de combustión de oxicomcombustible caliente que sale del sistema de calderas a lo largo de la Corriente 4.
- 25 Un sistema usual 160 de manipulación de cenizas sirve las cenizas bastas de caldera ASC a través de la Corriente 30, las cenizas volantes a través de la Corriente 31 y las cenizas volantes ESP a través de la Corriente 32. El comportamiento global de la planta de oxicomcombustible se optimiza mediante la integración de procesos, incluyendo la recuperación de clase baja desde la zona separada de calderas de oxicomcombustible (Corriente 35).
- 30 Los quemadores de aire/oxicomcombustible dobles están diseñados para funcionar hasta su dimensionamiento térmico completo a fin de quemar aire al 100% o quemar oxicomcombustible al 100%, o cualquier proporción entre los mismos. Los quemadores están diseñados para ser tan robustos y sencillos mecánicamente como sea posible, ofreciendo larga vida y largos períodos de funcionamiento continuo y simplificando espectacularmente los procedimientos de entrada en servicio y funcionamiento.
- 35 Cada quemador incluye una corriente primaria de combustión bien como aire primario o como parte reciclada del gas de combustión primario enriquecida con oxígeno, proporcionado por los ventiladores de aire primario, que se combina con el combustible pulverizado en los molinos 44. La mezcla resultante se alimenta al quemador y se suministra al interior de la cámara de combustión.
- 40 Se suministra oxígeno adicional para finalizar la combustión, bien como aire de la caja de viento o bien como parte reciclada del gas de combustión enriquecida con oxígeno a través de una o más corrientes. Cada quemador incorpora unos reguladores de dosificación de las corrientes de combustión, que permiten que el flujo a los quemadores individuales esté equilibrado dentro de la caja de viento y ajustan la distribución a las corrientes de combustión dentro del quemador. Unas varillas de ajuste, conectadas a los reguladores de dosificación de las corrientes de combustión, pasan a través de la placa delantera del quemador permitiendo ajustar la posición del regulador, externa al quemador.
- 45 Las corrientes pasan a través de tubos concéntricos en el quemador, admitiendo las corrientes de combustión en el horno en diferentes etapas del proceso de combustión, y controlando por ello la estequiometría y las temperaturas locales y la formación de NOx, particularmente cuando se caldea con aire. Uno o más reguladores en el quemador dosifican la cantidad de corrientes dentro de cada quemador. Unas varillas de ajuste, conectadas al regulador o reguladores de cuerpo cilíndrico, pasan a través de la placa delantera del quemador, permitiendo ajustar la posición del regulador de cuerpo cilíndrico durante el funcionamiento del quemador. Unos generadores de turbulencia independientes imparten la turbulencia necesaria a cada corriente. El ajuste de control del NOx se consigue variando la estequiometría del quemador al ajustar la proporción del aire de combustión o de la parte reciclada del gas de combustión enriquecida con oxígeno, entre el quemador y las cajas de viento de combustión sobrecaldeaada.
- 50 El quemador tiene también un tubo testigo de aire a través del que se inserta el equipo de encendido. Cada quemador está ajustado, en el interior del tubo testigo, con un quemador de combustible ligero para el encendido, la estabilización del caldeo con carbón a baja carga y (opcionalmente) la realización de una carga parcial de la caldera. Durante el encendido, se requiere un pequeño flujo de aire hacia abajo de este tubo, para proporcionar oxígeno de combustión. La parte reciclada del gas de combustión enriquecido con aire u oxígeno se usa para mantener libre de
- 55

formación de cenizas el tubo testigo de aire durante el tiempo en servicio. Los elementos de ignición por chispa apropiados comienzan directamente la ignición de los quemadores de puesta en marcha.

5 Las aberturas de aire sobrecalentado/combustión del sistema de combustión multietapa comprenden varias corrientes de combustión independientes, tales como una corriente interior que está sin turbulencias y que suministra la corriente de combustión al centro de la cámara de combustión, y una o más corrientes exteriores que están con turbulencias y estimulan la mezcla con los gases de combustión ascendentes más próximos a las paredes del horno. El grado de turbulencia y la división entre las corrientes se controlan mediante unas sencillas varillas de ajuste y se fijan después de entrar en servicio.

10 Durante el funcionamiento de la caldera, un equipo de supervisión de la llama puede supervisar continuamente la condición de la llama desde cada quemador, proporcionando una indicación a distancia de las condiciones de la llama del quemador a una sala de control principal.

15 El aparato de combustión de la invención proporciona la capacidad de caldeo a plena carga de aire con una planta apropiada de control de emisiones. El diseño con zonas separadas de calderas de tiro equilibrado incluye un intervalo de control total, adecuado para el funcionamiento usando aire, oxcombustible o proporciones de ambos. Los quemadores de combustible pulverizado de bajo NOx son adecuados para quemar aire u oxcombustible o una proporción de ambos, y permiten también la combustión multietapa. Los calentadores de gas-gas 62 son adecuados también para su uso en un funcionamiento con aire y oxcombustible.

20 El aparato de combustión de la invención cubre la misma gama de combustibles que la cubierta por la tecnología de caldeo con aire usual, particularmente con respecto al contenido de azufre y cloro en el carbón. A fin de asegurar que la planta de calderas de oxcombustible ya no es susceptible a la corrosión a altas temperaturas debido a concentraciones aumentadas de SO₂ (y SO₃) y HCl, el gas de combustión de oxcombustible se limpia antes de ser reciclado hasta la planta de molienda 44 y la caldera 10. La planta de DeSOx 68 proporciona la parte reciclada limpia del gas de combustión de oxcombustible, que asegura que los componentes gaseosos corrosivos dan como resultado concentraciones en la caldera 10 que no son peores que las experimentadas quemando aire.

25 Toda la corriente de la parte reciclada del gas de combustión se divide en las corrientes primaria y secundaria. La cantidad de corriente primaria se fija según los requisitos de la planta de molienda 44. La cantidad de corriente secundaria se fija para proporcionar el equilibrio óptimo entre los requisitos del equipo de combustión y el horno/caldera.

30 El aparato de combustión de la invención es adecuado como una instalación a posteriori para una planta existente de calderas caldeadas con carbón o para nuevos diseños de plantas de calderas caldeadas con carbón, subcríticas o supercríticas. El aparato permite el uso de un equipo habitual (directo o indirecto) de manipulación y molienda de carbón y cenizas. El aparato se puede caldear de modo selectivo y conmutable usando aire o un gas enriquecido con oxígeno.

35 Los calentadores de gas-gas son adecuados para su uso tanto en un funcionamiento con aire al 100% como en un funcionamiento con oxcombustible al 100%, y cualquier proporción entre los mismos.

40 Además de la parte reciclada del gas de combustión primario, el remanente de oxígeno requerido se suministra al horno radiante a través de la corriente secundaria y de otras corrientes de gas del sistema de combustión multietapa. El aparato incluye la capacidad para permitir la medida independiente justa de las concentraciones de oxígeno en cada corriente, según sea apropiado. Se suministra oxígeno directamente al equipo de combustión de la caldera, según sea apropiado, distinto del proporcionado a las corrientes primaria y secundaria de gas de combustión de oxcombustible. Se suministra también oxígeno, mezclado con gas de combustión reciclado, a los quemadores (a través del conducto de entrada secundario) y, así, dichos quemadores pueden utilizar combustión escalonada para minimizar la oxidación del nitrógeno presente en el carbón.

45 Dado que el carbón se suministra a la caldera 10, que usa una mezcla de oxígeno y gas de combustión, se reducen sustancialmente la fusión de cenizas y la formación de NOx y monóxido de carbono. La reducción de una combustión prematura del carbón aumenta el rendimiento del aparato de combustión.

Las características de combustión de la mezcla de oxígeno y gas de combustión son similares, en algunos aspectos, a las del aire. Por lo tanto, es posible conmutar entre caldeo con aire y caldeo usando esta mezcla, sin modificar significativamente las características térmicas respecto al aparato global de combustión.

50 El aparato de la invención puede variar el contenido de oxígeno durante la combustión, lo que permite un comportamiento óptimo independientemente del combustible utilizado (tal como carbón bajo o rico en volátiles).

Se pueden realizar diversas modificaciones y mejoras sin salirse del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de combustión, que comprende:
 - una cámara de combustión (15);
 - al menos un quemador de carbón pulverizado (52) con turbulencia axial;
- 5 un conducto de entrada de combustible primario (40) para suministrar combustible de carbón pulverizado a dicho al menos un quemador;
- un conducto de entrada secundario (50) para suministrar un gas de combustión a dicho al menos un quemador;
- medios (70, 71, 72, 73, 74, 76) de suministro de gas de combustión;
- 10 una unidad (150) de separación de aire para suministrar oxígeno sustancialmente puro a los medios de suministro de gas de combustión;
- un conducto de recirculación de gas de combustión, conectado para circulación de fluido a, al menos, el conducto de entrada de combustible primario (40) y el conducto de entrada secundario (50);
- caracterizado por que los medios de suministro de gas de combustión están adaptados para suministrar de modo conmutable uno de aire y de una mezcla de oxígeno sustancialmente puro y un segundo gas que comprende gas de combustión, tanto al conducto de entrada de combustible primario como al conducto de entrada secundario.
- 15
2. El aparato de combustión según la reivindicación 1, en el que el segundo gas no incluye aire.
3. El aparato de combustión según la reivindicación 1 ó 2, en el que el segundo gas no incluye nitrógeno.
4. El aparato de combustión según cualquier reivindicación anterior, en el que los medios de suministro de gas de combustión incluyen medios de variación (73) para variar una proporción de uno de aire y de gas rico en oxígeno, suministrada a, al menos, uno del conducto de entrada de combustible primario (40) y del conducto de entrada secundario (50).
- 20
5. El aparato de combustión según la reivindicación 4, en el que los medios de variación comprenden una válvula (73).
6. El aparato de combustión según cualquier reivindicación anterior, en el que el aparato de combustión comprende una caldera (10) para generar vapor de agua.
- 25
7. El aparato de combustión según cualquier reivindicación anterior, en el que los medios de suministro de gas de combustión están adaptados para suministrar uno de aire y del gas rico en oxígeno al conducto de entrada de combustible primario (40) de manera que uno de aire y del gas rico en oxígeno ayuda, al menos, a transportar el combustible a la cámara de combustión (15).
- 30
8. El aparato de combustión según cualquier reivindicación anterior, en el que el conducto de entrada secundario (50) suministra uno de aire y de gas rico en oxígeno a, al menos, un quemador (52) dispuesto en la cámara de combustión.
9. El aparato de combustión según cualquier reivindicación anterior, que incluye, al menos, un conducto de entrada terciario conectado para circulación de fluido a los medios de suministro de gas de combustión, para suministrar uno de aire y del gas rico en oxígeno directamente a, al menos, uno del aparato de combustión y de otro componente del
- 35
- aparato de combustión.

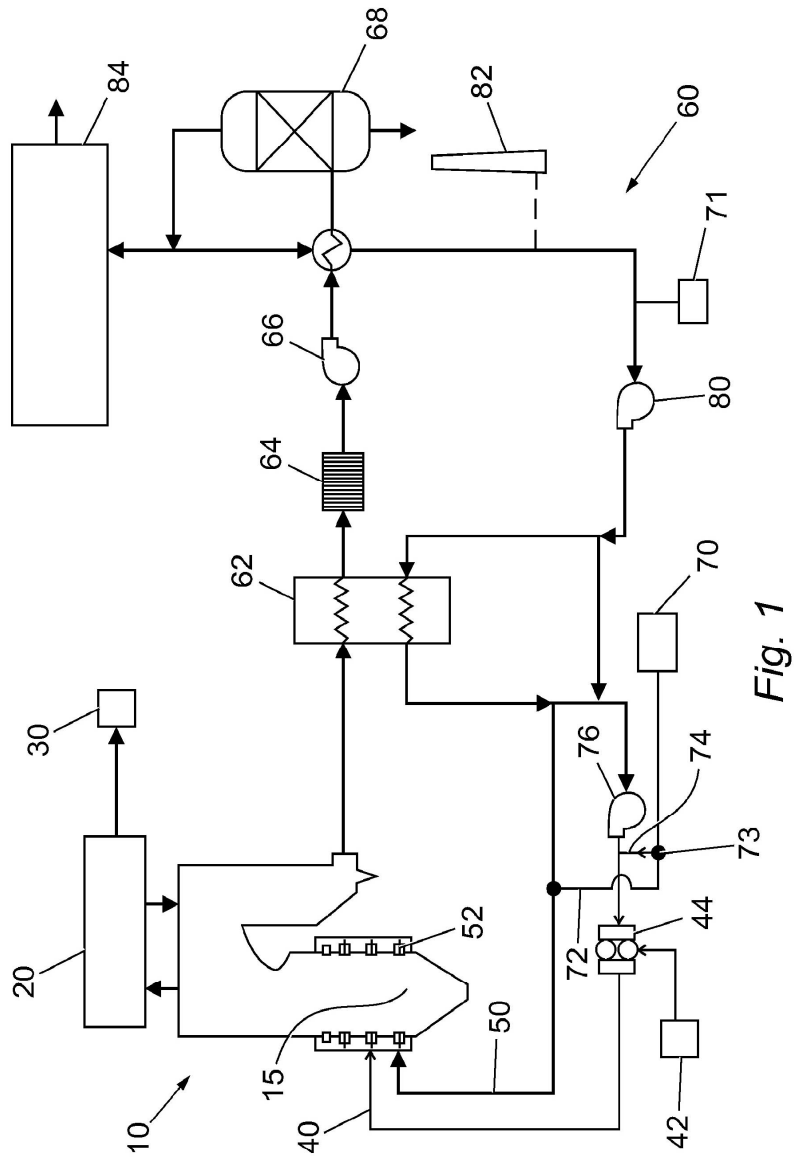
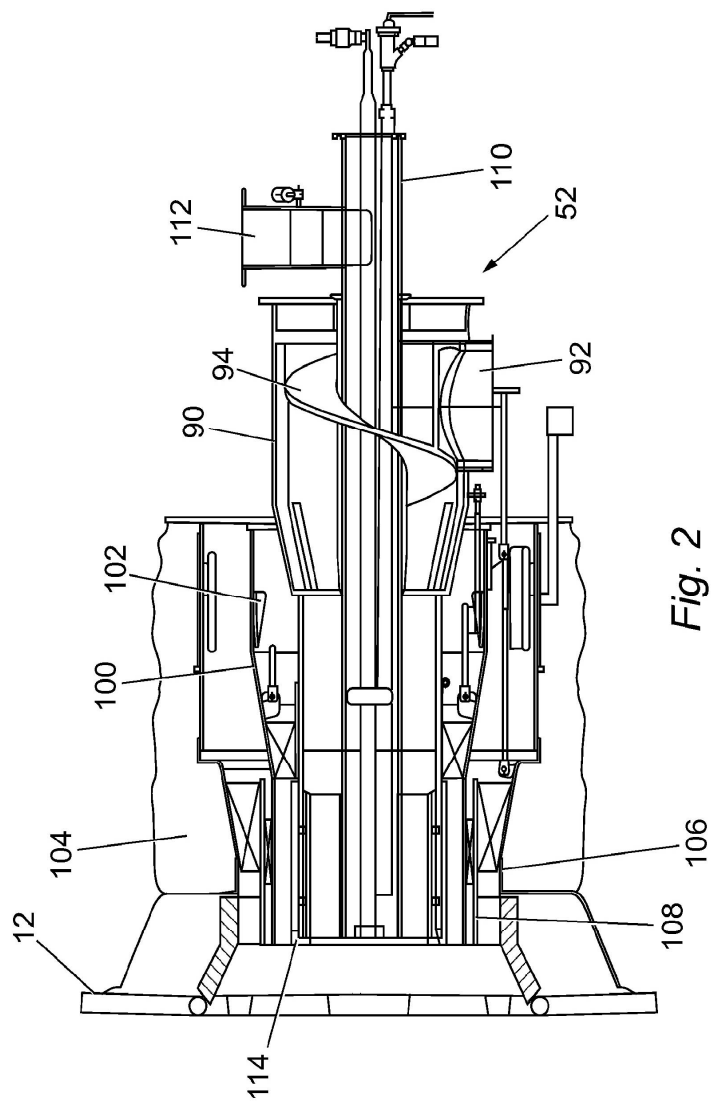


Fig. 1



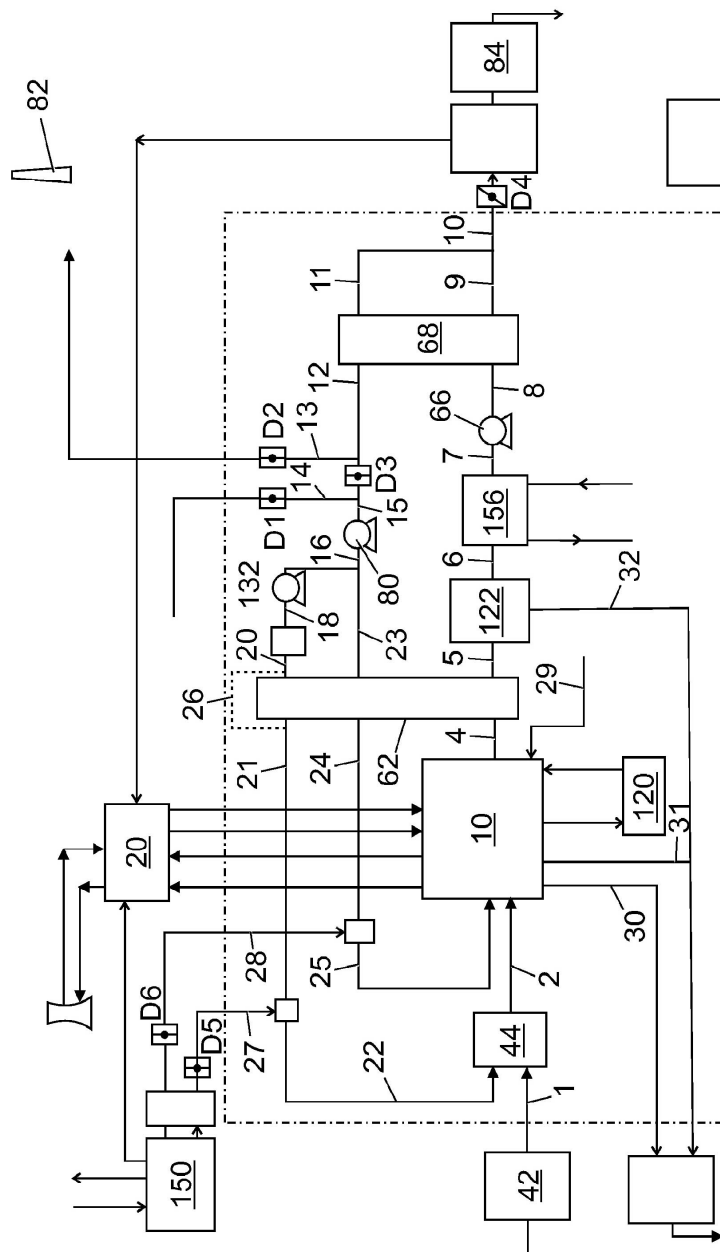


Fig. 3

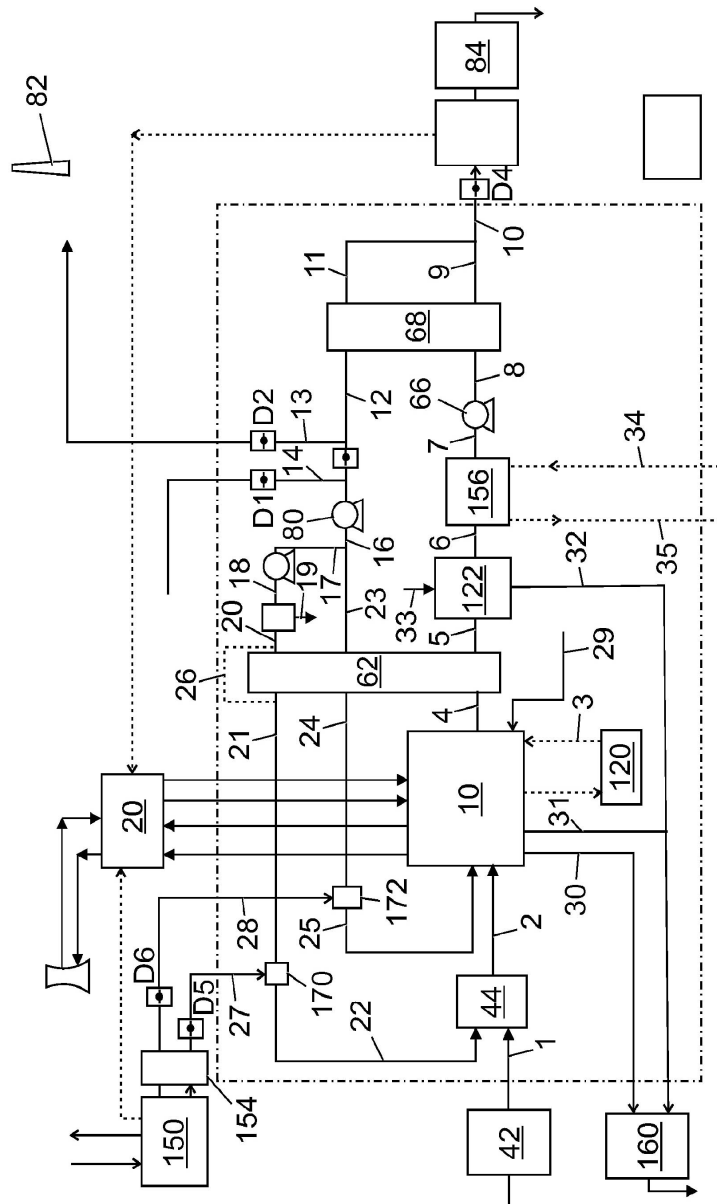


Fig. 4