



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 354 877**

51 Int. Cl.:

**F23D 1/00** (2006.01)

**F23L 7/00** (2006.01)

**F23N 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04702374 .2**

96 Fecha de presentación : **15.01.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1585920**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.10.2005**

54 Título: **Procedimiento y aparato para el enriquecimiento en oxígeno de gases que transportan combustible.**

30 Prioridad: **21.01.2003 US 441508 P**  
**15.01.2004 US 758607**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**18.03.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**18.03.2011**

73 Titular/es: **L'Air Liquide, Société Anonyme Pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude**  
**75, quai d'Orsay**  
**75007 Paris, FR**

72 Inventor/es: **Marin, Ovidiu;**  
**Chatel-Pelage, Fabienne;**  
**Macadam, Scott y**  
**Penfornis, Erwin**

74 Agente: **Justo Bailey, Mario de**

ES 2 354 877 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

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION

## Campo de la invención

5 Esta invención se refiere al campo del enriquecimiento en oxígeno de gases que transportan combustible para su uso en combustión.

## Técnica relacionada

10 El enriquecimiento en oxígeno en todas las clases de sistemas de combustión es un método bien conocido y en crecimiento ya implementado en muchos procesos industriales para mejorar las características de combustión, tanto en lo que se refiere a la eficacia, calidad del producto, como a los niveles de emisiones contaminantes. Éstos incluyen hogares de vidrio, hornos de calcinación de cemento y cal, y procesos con aluminio o acero. Por ejemplo, el enriquecimiento en oxígeno en hornos de calcinación de cal se ha descrito en Garrido G.F., Perkins A.S., Ayton J.R., UPGRADING LIME RECOVERY WITH O<sub>2</sub> ENRICHMENT, CPPA Conference, Montreal, enero de 1981. Puede usarse oxígeno puro o sustancialmente puro como único oxidante para algunas aplicaciones específicas, a menudo denominadas hogares de "oxígeno completo". También puede ser eficaz cuando se añade como oxidante complementario en un sistema de combustión alimentado por aire existente, o bien a través de los orificios que permiten que la corriente de aire fluya al interior de la cámara de combustión o bien a través de orificios adicionales añadidos para la inyección de oxígeno puro o aire enriquecido en oxígeno. Este último caso se denomina a menudo combustión "enriquecida en oxígeno" o combustión "potenciada por oxígeno".

15 Pueden ponerse en práctica dos alternativas principales para el enriquecimiento en oxígeno, bien mezclar previamente el oxígeno, habitualmente en al menos algo del aire existente para formar una corriente oxidante enriquecida en oxígeno, o bien inyectar el oxígeno directamente en la cámara de combustión. El mezclado previo puede conseguirse inyectando el O<sub>2</sub> en algunos de los conductos de aire principales, para producir una corriente enriquecida en oxígeno, homogénea, para su introducción en la cámara de combustión como en el documento US 5.291.841. La inyección directa puede conseguirse lanzando O<sub>2</sub> sustancialmente puro al interior de la cámara de combustión, a través de orificios específicos aparte de los orificios de aire existentes, o a través de orificios de aire existentes, estando rodeadas las lanzas de oxígeno por la corriente de aire principal sin mezclarse en esta corriente de aire antes de la salida a la cámara de combustión.

20 Los hogares así descritos que emplean corrientes de O<sub>2</sub> puro o corrientes enriquecidas en oxígeno funcionan con combustibles líquidos o gaseosos tales como gas natural o gasoil. En esos casos, todas las corrientes oxidantes pueden clasificarse como corrientes "únicamente oxidantes", puesto que su único papel consiste en proporcionar el oxidante (las moléculas de oxígeno necesarias para la combustión) en la zona de combustión. Hasta la fecha, ninguno de estos esquemas de enriquecimiento en oxígeno se ha adaptado satisfactoriamente a aplicaciones de combustible sólido, tales como calderas de carbón pulverizado, debido a problemas asociados al mismo que son únicos para medios de combustible sólido y su transporte, tal como se describe a continuación.

25 Los hogares de gas o gasoil requieren habitualmente sólo dos tipos de corrientes de aire. El primero de estos tipos está situado normalmente al nivel del quemador, y puede comprender tanto como el 100 por cien del aire requerido para lograr una combustión completa. El segundo tipo, si es necesario, está situado aparte del quemador, y se inyecta en una "segunda zona de combustión" para completar la combustión.

30 En el caso de calderas de carbón pulverizado, y otros dispositivos en los que las partículas de combustible sólido (éstos pueden incluir cualquier aparato para quemar un sólido que está pulverizado, micronizado o que existe de otro modo en un estado suficientemente fino como para transportarse por un flujo de gas) requieren un gas transportador para transportarlas hasta el quemador, la primera corriente oxidante que se pone en contacto con el combustible en una "primera zona de combustión" consiste en el propio gas transportador, normalmente aire. Esta corriente de aire que transporta las partículas de combustible sólido desde un dispositivo de molienda o de depósito (por ejemplo, un pulverizador de carbón) hasta el quemador se denomina frecuentemente "aire primario", y corresponde a de aproximadamente el diez al veinte por ciento del aire global inyectado en la cámara de combustión para efectuar la combustión completa del combustible. Obsérvese que su función es más que la de la corriente de aire "únicamente oxidante" descrita anteriormente; su función primaria es transportar el combustible hasta el quemador. De hecho, no es necesario que sea un oxidante en absoluto (podría ser un combustible gaseoso, tal como gas natural, o un gas inerte, tal

como nitrógeno). Actualmente, a menudo resulta práctico usar aire como gas transportador. En cualquier caso, es deseable que, independientemente de las características oxidantes de este gas, tenga una velocidad de flujo y un volumen suficientes para lograr el transporte del combustible sólido hasta el quemador.

5 Estas calderas convencionales de carbón pulverizado, usan al menos dos, y algunas veces tres, tipos de corrientes de aire. Obsérvese que puede haber múltiples corrientes de cada tipo en uso, dependiendo del diseño específico de la estructura. La primera de éstas es la corriente de aire primario, que transporta el combustible sólido pulverizado. El segundo tipo, el "aire secundario", se inyecta al nivel del quemador, alrededor o cerca de la mezcla de aire primario/combustible. El tercer tipo, denominado "aire terciario" o "aire de sobrefuego (ASF)", se inyecta, si es necesario, fuera del quemador en una segunda zona de combustión, para completar el proceso de combustión. Esta caldera de carbón convencional se ilustra en la figura 1.

15 Algunos estudios notificados en la bibliografía muestran que el aumento de la temperatura en la zona de ignición rica en combustible permitiría una liberación más rápida y más eficaz de los compuestos volátiles contenidos en el combustible pulverizado, aumentándose así la estabilidad de la llama, potenciándose la eficacia de la combustión, lo que permite un funcionamiento más fácil y el ahorro de combustible. También disminuirían las emisiones contaminantes, especialmente la formación de  $\text{NO}_x$ , puesto que se sabe que una combustión rica en combustible junto con altas temperaturas evita que el nitrógeno unido al combustible se oxide a óxidos de nitrógeno, reduciéndolo a nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ). Esto se describe de manera más completa, por ejemplo, en Sarofin, A.F. *et al.*, "Strategies for Controlling Nitrogen Oxide Emissions during Combustion of Nitrogen-bearing fuels", PROCEEDINGS OF THE 69TH ANNUAL MEETING OF THE A.I.C.H.E., Chicago, noviembre de 1976, así como en K. Moore, W. Ellison, "Fuel Rich Combustion, A Low Cost  $\text{NO}_x$  Control Means for Coal-fired Plants", 25TH INTERNATIONAL TECHNICAL CONFERENCE ON COAL UTILIZATION & FUEL SYSTEMS, Clearwater, Florida, marzo de 2000. Para aumentar la temperatura en la combustión, un procedimiento bien conocido es aumentar el contenido en oxígeno localizado, o en otras palabras liberar más energía por unidad de volumen (volumen de combustible/oxidante/gas de combustión). El enriquecimiento en oxígeno en la zona de ignición rica en combustible ayudará entonces a aumentar la temperatura local y a conseguir los beneficios relacionados descritos anteriormente. Como primera corriente de aire en contacto con el combustible y como la única corriente oxidante disponible al comienzo del proceso de combustión, el aire primario puede parecer adecuado para obtener un contenido en  $\text{O}_2$  superior en la zona de ignición.

35 Aunque parece entonces teóricamente deseable enriquecer el aire primario para aumentar la temperatura en la zona de ignición rica en combustible, dos problemas han impedido en el pasado la adaptabilidad de técnicas conocidas ya usadas o descritas para el enriquecimiento de aire secundario o terciario. En primer lugar, el aire primario, en contraposición a todas las otras corrientes oxidantes, contiene partículas de combustible. La corriente de combustible/aire primario existente es entonces un gas inflamable, que se hará incluso más inflamable si se inyecta oxígeno en el mismo. La inyección de oxígeno en el aire primario que transporta combustible debe manipularse con gran cuidado. En segundo lugar, el enriquecimiento en oxígeno del aire primario reemplazando una parte del mismo (cuya función incluye transportar el combustible pulverizado) por el equivalente estequiométrico de oxígeno reduciría el volumen del gas transportador y puede afectar de manera adversa a las características de la corriente de gas que porta combustible.

45 Por tanto, un problema asociado a los quemadores de carbón y otros sistemas de combustión alimentados por aire, de combustible sólido pulverizado que preceden a la presente invención es que producen un nivel de emisión de  $\text{NO}_x$  que es inaceptable en vista de las regulaciones medioambientales existentes.

50 Aún otro problema asociado a los quemadores de carbón pulverizado y otros quemadores de combustible sólido pulverizado que preceden a la presente invención es que no son susceptibles de técnicas de enriquecimiento en oxígeno tradicionales aguas arriba del punto de ignición, ya que entonces conllevarían un riesgo inaceptablemente alto de ignición prematura, explosión u otros efectos perjudiciales.

55 Todavía otro problema asociado a los quemadores de carbón pulverizado y otros quemadores de combustible sólido pulverizado que preceden a la presente invención es que no se han modificado satisfactoriamente para proporcionar características de combustión adecuadas que den como resultado una adecuada reducción de la formación de  $\text{NO}_x$  suficiente para cumplir las directrices medioambientales sin un aparato de tratamiento de  $\text{NO}_x$  complejo y caro.

5 Otro problema asociado a los quemadores de carbón pulverizado y otros quemadores de combustible sólido pulverizado que preceden a la presente invención es que no han podido adaptarse al enriquecimiento en oxígeno que facilita la reducción de NO<sub>x</sub> mientras que al mismo tiempo permite un flujo mantenido de un gas transportador para facilitar el flujo del combustible pulverizado desde el depósito hasta el quemador.

Incluso un problema adicional asociado a los quemadores de carbón pulverizado y otros quemadores de combustible sólido pulverizado que preceden a la presente invención es que no se están provistos de una multiplicidad de herramientas de enriquecimiento en oxígeno que permitan una reducción sustancial de NO<sub>x</sub> con la menor cantidad de oxígeno necesaria.

10 Otro problema asociado con quemadores de carbón pulverizado y otros quemadores de combustible sólido pulverizado que preceden a la presente invención es que están provistos de una multiplicidad de variables de distribución de oxígeno de modo que puedan reequiparse para proporcionar una reducción óptima de NO<sub>x</sub> con la menor cantidad de oxígeno.

15 Por los motivos anteriores, se ha definido una necesidad no resuelta y largamente sentida de un quemador de carbón pulverizado u otro quemador de combustible sólido pulverizado que facilite el enriquecimiento en oxígeno en el mismo para reducir eficazmente la producción de NO<sub>x</sub> mientras que se mantienen, al mismo tiempo, la operabilidad y seguridad del proceso del quemador.

#### SUMARIO DE LA INVENCION

20 Por tanto, la invención se refiere a un procedimiento según la reivindicación 1. Una realización preferida de la presente invención da a conocer un procedimiento para lograr gas que transporta combustible, enriquecido en oxígeno, y un aparato relacionado para inyectar el oxígeno. Pueden utilizarse dos tipos principales de dispositivos de inyección, facilitando cada uno un rápido mezclado previo entre el oxígeno inyectado y la corriente de combustible/gas transportador. Este mezclado se produce antes de que tenga lugar cualquier ignición cuando el oxígeno se inyecta antes del plano de salida del gas combustible, para permitir una rápida reacción con las partículas de combustible. Por tanto, el enriquecimiento se realiza próximo al punto de inyección en el que se introduce el gas que transporta combustible, enriquecido en oxígeno, en la cámara de combustión.

30 Un primer dispositivo de inyección preferido que puede adaptarse a la realización preferida comprende una lanza de oxígeno ubicada en la parte central de la corriente de combustible. Una boquilla descarga oxígeno en la parte central del conducto de combustible próximo al extremo terminal del conducto de combustible. La construcción y el funcionamiento de la boquilla de descarga puede seleccionarse según las características de flujo particulares deseadas. Un segundo dispositivo de inyección preferido comprende un anillo de oxígeno situado alrededor de la corriente de gas transportador y combustible. Un conducto de combustible termina en o a una corta distancia antes del anillo de oxígeno, permitiendo que el oxígeno se mezcle con el combustible y el gas transportador desde la circunferencia del conducto de combustible hasta la parte central del conducto de combustible. La construcción y funcionamiento de la boquilla de descarga pueden seleccionarse también según las características de flujo particulares deseadas.

40 Un objeto de la presente invención es proporcionar un quemador de carbón pulverizado u otro quemador de combustible sólido pulverizado que produce una descarga aceptablemente baja de NO<sub>x</sub>.

45 Aún otro objeto de la presente invención es proporcionar un quemador de carbón pulverizado u otro quemador de combustible sólido pulverizado que puede adaptarse a técnicas de enriquecimiento en oxígeno tradicionales aguas arriba del punto de ignición mientras que al mismo tiempo no posee un riesgo inaceptablemente alto de ignición prematura, explosión u otros efectos perjudiciales.

50 Todavía otro objeto de la presente invención es proporcionar un quemador de carbón pulverizado u otro quemador de combustible sólido pulverizado que puede modificarse satisfactoriamente para proporcionar un enriquecimiento en oxígeno adecuado, proporcionando además una reducción de la producción de NO<sub>x</sub> suficiente para cumplir las directrices medioambientales.

55 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un quemador de carbón pulverizado u otro quemador de combustible sólido pulverizado que puede adaptarse al enriquecimiento en oxígeno que facilita la reducción de NO<sub>x</sub> mientras que al mismo tiempo permite un flujo mantenido de un gas transportador para facilitar el flujo del combustible pulverizado desde el depósito hasta el quemador.

Incluso un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un quemador de carbón pulverizado u otro quemador de combustible sólido pulverizado que puede dotarse de una multiplicidad de herramientas de enriquecimiento en oxígeno que permiten una reducción sustancial de NO<sub>x</sub> con la menor cantidad de oxígeno necesaria.

5 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un quemador de carbón pulverizado u otro quemador de combustible sólido pulverizado que está provisto de una multiplicidad de variables de distribución de oxígeno de modo que puede reequiparse para proporcionar una reducción óptima de NO<sub>x</sub> con la menor cantidad de oxígeno.

10 Estos y otros objetos, ventajas y características de la presente invención resultarán evidentes a partir de la descripción detallada que sigue.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En la descripción detallada que sigue, se hará referencia a las siguientes figuras:

15 la figura 1 es una ilustración esquemática que muestra un sistema de combustión típico, que no es la invención, que quema un combustible sólido transportado por un gas. El gas transportador consiste con frecuencia en aire (aire primario);

la figura 2 es una ilustración esquemática de una realización de la presente invención que muestra la inyección de oxígeno en el gas que transporta combustible de un sistema de combustión;

la figura 3 es una ilustración esquemática de una realización de la presente invención que muestra un dispositivo de inyección que emplea técnicas de lanza;

20 la figura 4 es una ilustración esquemática de una realización de la presente invención que muestra un dispositivo de inyección a través de un anillo de oxígeno;

la figura 5 es una ilustración esquemática de una realización de la presente invención que muestra la ubicación de un dispositivo de inyección de oxígeno;

25 la figura 6 es una ilustración esquemática que muestra boquillas de inyección que van a adaptarse a lanzas de O<sub>2</sub>;

la figura 7 es una ilustración esquemática que ilustra  $\square$  y los diámetros d y D;

la figura 8 es una ilustración esquemática de una realización de la presente invención adaptada para su uso en calderas de caldeo de pared; y

30 la figura 9 es una ilustración esquemática de una realización de la presente invención adaptada para su uso en calderas de caldeo tangencial.

### DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES PREFERIDAS

Las calderas convencionales de carbón pulverizado, del estado de la técnica, usan al menos dos, y a veces tres, tipos de corrientes de aire. Tal como se muestra esquemáticamente en la figura 1 que no representa la invención, se muestra una cámara 20 de combustión que tiene una primera zona 22 de combustión y una segunda zona 24 de combustión. El primero de los tres tipos de corriente de entrada, la corriente primaria 26, comprende aire primario y combustible, y transporta el combustible sólido pulverizado. El segundo tipo, o corriente secundaria 28, es el "aire secundario" inyectado en el quemador, alrededor o cerca de la mezcla 26 de aire primario/combustible. El tercer tipo, o corriente 32 terciaria, se inyecta, si es necesario, fuera de la zona 30 de ignición del quemador, en la segunda zona 24 de combustión, para completar la combustión. Se entiende que en estos aparatos pueden utilizarse múltiples corrientes de aire de cada tipo así descrito (primario, secundario y terciario), de hecho, pueden usarse múltiples quemadores; la siguiente descripción se referirá a cada uno en singular por simplicidad). El gas 34 de combustión se forma y se consume en la cámara 20 de combustión. Por tanto, la primera zona de combustión es la zona en la que el combustible reacciona alrededor del nivel del quemador. A veces son deseables zonas secundarias si el O<sub>2</sub> se proporciona aguas abajo del quemador antes de la salida del hogar para proporcionar una combustión más completa aguas abajo.

50 La figura 2 ilustra una primera realización preferida de un procedimiento para el enriquecimiento en oxígeno y un aparato relacionado para inyectar el oxígeno. Pueden utilizarse dos tipos principales de dispositivos de inyección, que facilitan cada uno el mezclado previo del oxígeno

inyectado con combustible y una corriente de gas transportador. Por seguridad, el enriquecimiento se realiza próximo al punto de inyección en el que el gas que transporta combustible, enriquecido en oxígeno, se introduce en la cámara de combustión. La figura 3 ilustra un primer dispositivo de inyección preferido adaptable a la realización preferida, que comprende una lanza de oxígeno ubicada en la parte central de la corriente de combustible. Una boquilla descarga oxígeno en la parte central del conducto de combustible. La construcción y el funcionamiento de la boquilla de descarga pueden seleccionarse según las características de flujo particulares deseadas. La figura 4 ilustra un segundo dispositivo de inyección preferido que comprende un anillo de oxígeno situado alrededor de la corriente de combustible y gas transportador. Un conducto de combustible termina en o a una corta distancia antes del anillo de oxígeno, permitiendo que el oxígeno se mezcle con el combustible y gas transportador desde la circunferencia del conducto de combustible hasta la parte central del conducto de combustible. La construcción y el funcionamiento de la boquilla de descarga puede seleccionarse también según las características de flujo particulares deseadas.

Con referencia ahora en más detalle a la figura 2, se da a conocer un procedimiento para mejorar las características de combustión y emisión de cualquier sistema de combustión que implique un gas para transportar el combustible sólido, pulverizado. El sistema de combustión es adaptable en calderas de carbón pulverizado o de caldeo tangencial o de pared. El gas transportador, o "aire primario", porta las partículas de combustible sólido en un gas combustible 26 que se transporta hasta la cámara 20 de combustión a través de un conducto 40 de combustible que termina en la cámara 20 de combustión en un plano 50 de salida de combustible. Una corriente 52 de oxígeno que contiene al menos algo de oxígeno se inyecta en el conducto 40 a través de un dispositivo 56 de inyección de oxígeno. El dispositivo 56 de inyección está situado para crear una zona 58 de mezclado para mezclar la corriente 52 de oxígeno y la corriente 26 de gas combustible inmediatamente antes de la combustión del combustible.

Este procedimiento comprende las siguientes etapas. En primer lugar, se crea un "gas combustible" mezclando las partículas de combustible con un gas transportador. En segundo lugar, se inyecta la corriente 52 de oxígeno en el gas combustible 26 en un punto ubicado cerca del plano 50 de salida de combustible (tal como se ilustra, el punto de inyección se encuentra antes del plano 50 de salida de combustible). En tercer lugar, se ajusta la cantidad equivalente de oxígeno de oxidante en las otras corrientes oxidantes (oxidante secundario y, si es aplicable, terciario) para mantener una cantidad predeterminada de oxígeno en exceso en vista del equilibrio estequiométrico necesario para una combustión completa. Esta cantidad de oxígeno en exceso se mantiene preferiblemente de modo que el contenido en  $O_2$  del gas de combustión se mantenga entre el 1,5 por ciento y el 4,5 por ciento, y más preferiblemente entre el 2,5 por ciento y el 3,5 por ciento, y de la manera más preferible de aproximadamente el 3,0 por ciento. Para los fines de esta solicitud, todos los contenidos en  $O_2$  se indican en volumen de gas seco (excluyendo el  $H_2O$ ).

En lo anterior, el gas transportador comprende cualquier gas para transportar partículas de combustible desde una ubicación de generación o de depósito de las partículas, por ejemplo, molinos, hasta el nivel del quemador y la cámara de combustión. Por ejemplo, este gas puede comprender el aire primario usado para transportar carbón pulverizado o micronizado en una caldera de carbón. Este gas transportador puede ser aire, una mezcla de gas de combustión recirculado y oxígeno (lo más preferiblemente mantenida para que comprenda aproximadamente el 80% de  $CO_2$  y aproximadamente el 20% de  $O_2$ ), una mezcla de gas natural y aire, o incluso quizás gas natural. Generalmente, puede utilizarse cualquier corriente de gas apropiada que se encuentre fácilmente disponible. El enriquecimiento en oxígeno del gas transportador se consigue aumentando el contenido en oxígeno en este gas transportador. En el caso de aire, esto significaría aumentar el contenido en oxígeno del gas transportador mencionado por encima del 21%. El "oxígeno" o "corriente de oxígeno" inyectado se refiere a cualquier gas que contenga del 21% al 100% de  $O_2$ . El "plano de salida de combustible" es perpendicular a la dirección del flujo de gas combustible e incluye el punto de inyección en el que se introduce el gas combustible en la cámara de combustión.

En otras realizaciones preferidas, dos categorías de dispositivos de inyección están adaptadas para proporcionar enriquecimiento en oxígeno en gases que portan combustible. Con referencia ahora a la figura 3, la primera de estas realizaciones comprende una lanza 60 de oxígeno situada en la parte central del conducto 40 de combustible y adaptada para inyectar oxígeno 62 en el gas combustible 26. La lanza 60 termina en una boquilla 64 que permite la liberación de oxígeno en el gas combustible 26. Para determinar una cantidad óptima de oxígeno que va a inyectarse en el gas combustible, es deseable determinar las cantidades de oxígeno presentadas desde todas las fuentes para mantener el equilibrio estequiométrico de oxígeno con respecto a combustible (incluyendo un exceso predeterminado) para dar como resultado una combustión completa. Es deseable mejorar las

características de mezclado del aparato, para permitir la selección de una concentración de oxígeno más cercana al máximo teórico.

5 Con referencia ahora a la figura 4, se construye otra realización preferida y se dispone para inyectar oxígeno 62 en el gas combustible introduciendo el oxígeno alrededor del conducto 40 de combustible con un anillo 70 de oxígeno. El conducto 40 de combustible termina antes del extremo terminal del conducto de oxígeno para proporcionar una zona 72 de mezclado ubicada aguas arriba de la cámara 20 de combustión. En esta realización preferida, el contenido en oxígeno de la corriente de gas puede enriquecerse hasta en más del 25%, puesto que sólo el anillo 70 de oxígeno, y no el conducto 40 de combustible, está en contacto con la zona 72 de mezclado. Esto proporciona una ventaja adicional con respecto al aparato que, para evitar el requisito del aparato de transporte de "oxígeno limpio", limita la concentración de O<sub>2</sub> en el gas combustible a menos del 25%.

10 Con referencia ahora a la figura 5, se da a conocer una posición preferida de la inyección de oxígeno en el gas combustible. Se da a conocer la longitud x de la trayectoria recta del conducto 40 de gas combustible desde una primera curva 80 del conducto 40 hasta la cámara 20 de combustión. Adicionalmente, se da a conocer la distancia e entre el punto 82 de inyección en el gas combustible y el plano 50 de salida de combustible. Por seguridad, e se selecciona para que sea inferior a x para evitar altas concentraciones de O<sub>2</sub> cerca de la superficie interna del conducto al nivel de la curva. Debido a que es innecesaria una larga zona de mezclado previo, e se selecciona para que sea inferior a seis veces el diámetro de la corriente de gas combustible.

15 Con referencia ahora a la figura 6, se dan a conocer cuatro realizaciones de boquillas de lanza. Las dos realizaciones 90, 92 en la parte superior de la figura 6 comprenden un aparato 96 de inyección de O<sub>2</sub> frontal, en el que la inyección de O<sub>2</sub> está orientada paralela a la dirección de la corriente de combustible entrante. Las dos realizaciones 94, 96 en la parte inferior de la figura 6 comprenden un aparato 98 de inyección de O<sub>2</sub> radial, en el que la inyección de O<sub>2</sub> está orientada con un ángulo definido, preferiblemente perpendicular, con respecto a la dirección de la corriente de combustible entrante. Los aparatos 98 de inyección de O<sub>2</sub> lateral de remolino preferidos se dan a conocer y se describen de manera más completa en la patente estadounidense n.º 5.356.213 de Air Liquide y su documento EP 474.524, cuyas enseñanzas se venden por las filiales de Air Liquide con la marca comercial, The Oxynator™. Tal como puede apreciarse, este aparato particular puede diseñarse de cualquier modo que logre un mezclado óptimo en la geometría particular del conducto y la cámara de combustión, proporcionando chorros paralelos, chorros inclinados, una combinación de cada uno, u otras configuraciones disponibles para los expertos en la técnica.

20 Estos aparatos de inyección de O<sub>2</sub> pueden o bien inyectar la corriente de oxígeno en la misma dirección promedio que la dirección del combustible, tal como se muestra en la parte más superior de la figura 6 (boquilla recta), o con un ángulo preseleccionado (un único ángulo o diferentes ángulos desde la misma boquilla), tal como se muestra en la representación ubicada en segundo lugar desde la parte superior de la figura 6. En este último caso, al menos una parte del O<sub>2</sub> se inyecta con un ángulo que oscila desde 0 hasta  $\alpha \neq 0$ . Se selecciona el ángulo máximo de inyección para que permanezca inferior al ángulo  $\alpha$  ilustrado en la figura 7, formado por la intersección de la línea A y la línea B. En consecuencia, no se crean puntos de concentración de O<sub>2</sub> cerca de la pared del conducto debido a la formación de bolsas de oxígeno. Por tanto, la corriente de oxígeno puede inyectarse usando una lanza de oxígeno que tiene o bien una boquilla 90 de inyección frontal recta, una boquilla 92 de inyección frontal inclinada, una boquilla de inyección lateral con aberturas laterales separadas 94 o bien una boquilla de inyección lateral con aberturas laterales 96 de remolino, o una combinación de las mismas.

25 Obsérvese que las puntas 110, 112 de boquilla están provistas en los extremos de las boquillas de las lanzas. Se aprecia además que, para seleccionar una velocidad de gas dada de la corriente de oxígeno que sale de la lanza, puede seleccionarse una punta de boquilla con un área de abertura de sección transversal apropiada. Por ejemplo, si una velocidad de gas de la corriente de oxígeno en la lanza es X, dado el volumen deseado de aire especificado por los cálculos de oxígeno que rigen el proceso de combustión, y que el área de sección transversal de una lanza no obstruida es Y, la velocidad de gas que sale de la lanza puede doblarse simplemente proporcionando una punta de boquilla que tenga un área de abertura de sección transversal de la mitad de Y. Para las boquillas de inyección frontales, el área de abertura de sección transversal de la punta de la boquilla es siempre inferior a Y, de modo que la velocidad de gas que sale de la lanza sólo puede hacerse mayor que la velocidad de gas en la lanza. Sin embargo, para las boquillas de inyección laterales, puede apreciarse que el área de abertura de sección transversal puede ser mayor que Y, de modo que la velocidad de gas que sale de la lanza puede hacerse menor que la velocidad de gas en la

lanza. Dependiendo de las geometrías de mezclado y otras variables que afectan al mezclado de la corriente enriquecida con la corriente de combustible, estas consideraciones pueden ser importantes.

5 Con referencia ahora de manera más completa a la figura 7, se muestra una lanza 60 de oxígeno que tiene una boquilla 64. El conducto 40 de combustible tiene un diámetro interno terminal D. La lanza 60 de oxígeno tiene un diámetro interno terminal d. La lanza 60 de oxígeno está orientada en el conducto 40 de combustible para que se extienda en una dirección 120 de inyección, definiendo de ese modo un ángulo  $\alpha$  que es el menor ángulo formado entre (1) una línea que se extiende desde la superficie interna terminal de la lanza hasta la intersección del plano de salida de combustible y la superficie interna terminal del conducto de combustible (tal como se ilustra, la línea de puntos inferior que forma un ángulo  $\alpha$  y (2) una línea que se extiende desde la superficie interna terminal de la lanza en la dirección de inyección hasta el plano de salida de combustible (tal como se ilustra, la línea de puntos superior que forma un ángulo  $\alpha$ ). Para impedir la colisión no deseada de la inyección enriquecida en oxígeno a lo largo de las paredes del conducto de combustible, el punto de inyección se selecciona para que esté a una distancia e desde el plano 50 de salida de combustible de manera que la tangente del ángulo  $\alpha$  es inferior o igual a  $(D-d)/2(e)$ . Aunque no es necesario, es preferible situar la lanza de manera que el conducto 40 de combustible se extienda en una dirección sustancialmente paralela a la dirección de la dirección 120 de inyección de la lanza oxígeno, y que la ubicación de inyección de oxígeno se ubique aproximadamente en el centro del conducto 40 de combustible.

20 Las realizaciones de lo anterior pueden adaptarse a dos tipos de calderas de carbón pulverizado, calderas de caldeo de pared y calderas de caldeo tangencial. Con referencia ahora a la figura 8, las calderas de caldeo de pared (mostradas en 130 en sección transversal a lo largo de la línea AA) usan comúnmente quemadores circulares, en los que el "aire secundario" se inyecta a través de un anillo 128 alrededor del conducto 126 de combustible/aire primario. La caldera de caldeo de pared tiene uno o varios de estos quemadores, que pueden situarse en la misma pared o en diferentes paredes (generalmente opuestas) de la caldera. Las calderas de caldeo tangencial (caldeo T) están frecuentemente provistas de múltiples quemadores, ubicados en las cuatro esquinas de la caldera. Tal como se muestra en la figura 9, en 140 (en sección transversal a lo largo de la línea BB), un "quemador" consiste en una serie vertical de conductos 148 de "aire secundario" y conductos 146 de combustible/aire primario alternos. Si se implementa más de un quemador en una caldera específica, la realización preferida puede aplicarse o bien a todos o bien a algunos de estos quemadores.

35 Por tanto, se da a conocer un procedimiento mejorado para quemar partículas de combustible sólido en una cámara de combustión y crear un gas de combustión. El método comprende crear una corriente de gas combustible mezclando las partículas de combustible sólido con un gas transportador, transportar la corriente de gas combustible a través de un conducto de combustible que termina en la cámara de combustión en un plano de salida de combustible e inyectar una corriente de oxígeno a través de un dispositivo de inyección en dicho gas combustible en una ubicación de inyección de oxígeno seleccionada para crear una zona de mezclado para mezclar la corriente de oxígeno y la corriente de gas combustible inmediatamente antes de o coincidiendo con la combustión del combustible. Los parámetros de funcionamiento del procedimiento pueden variarse para reducir de manera óptima las emisiones de  $\text{NO}_x$ .

45 Aunque en la memoria descriptiva anterior se ha descrito esta invención con relación a ciertas realizaciones preferidas de la misma, y se han expuesto muchos detalles para fines de ilustración, para los expertos en la técnica resultará evidente que la invención es susceptible de realizaciones adicionales y que ciertos de los detalles descritos en el presente documento pueden variarse considerablemente sin apartarse de los principios básicos de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para mejorar un sistema de combustión para quemar partículas de combustible sólido en una cámara de combustión y crear un gas de combustión, comprendiendo el método:
  - 5 crear una corriente de gas combustible mezclando las partículas de combustible sólido con un gas transportador;
 

transportar la corriente de gas combustible a través de un conducto de combustible que termina en la cámara de combustión en un plano de salida de combustible;
  - 10 inyectar una corriente de oxígeno a través de un dispositivo de inyección en dicho gas combustible en una ubicación de inyección de oxígeno seleccionada para crear una zona de mezclado para mezclar la corriente de oxígeno y la corriente de gas combustible, estando el punto de inyección de la corriente de oxígeno próximo y antes del plano de salida de combustible;
 

seleccionar un contenido en O<sub>2</sub> objetivo en el gas de combustión;
  - 15 seleccionar el contenido en O<sub>2</sub> de la corriente de oxígeno;
 

seleccionar la velocidad de flujo del gas transportador deseada para mantener las partículas de combustible sólido y el gas transportador en relación mezclada de manera que la corriente de gas combustible puede transportarse a través del conducto de combustible hasta la cámara de combustión sin separación; y
  - 20 ajustar la cantidad total de oxígeno que entra en la cámara de combustión para proporcionar el contenido en O<sub>2</sub> objetivo en el gas de combustión.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:
  - 25 seleccionar el dispositivo de inyección para potenciar el mezclado de la corriente de oxígeno y la corriente de gas combustible para reducir la formación de NO<sub>x</sub> durante la combustión del combustible;
 

seleccionar un contenido en O<sub>2</sub> objetivo en el gas de combustión;

seleccionar el contenido en O<sub>2</sub> de la corriente de oxígeno;
  - 30 seleccionar la velocidad de flujo del gas transportador deseada para mantener las partículas de combustible sólido y el gas transportador en relación mezclada de manera que la corriente de gas combustible puede transportarse a través del conducto de combustible hasta la cámara de combustión sin separación; y
 

ajustar la cantidad total de oxígeno que entra en la cámara de combustión para proporcionar el contenido en O<sub>2</sub> objetivo en el gas de combustión.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, seleccionándose el contenido en O<sub>2</sub> objetivo en el gas de combustión para que esté entre el 1,5 por ciento y el 4,5 por ciento en volumen del gas de combustión.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, seleccionándose el contenido en O<sub>2</sub> objetivo en el gas de combustión para que sea de aproximadamente el 3,0 por ciento en volumen del gas de combustión.
- 40 5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho gas transportador comprende aire y gas de combustión recirculado.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho gas transportador es una mezcla de oxígeno y gas de combustión recirculado.
- 45 7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha corriente de oxígeno se inyecta usando una lanza de oxígeno con una boquilla de inyección frontal, que es recta o inclinada.

8. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha corriente de oxígeno se inyecta usando una lanza de oxígeno con una boquilla de inyección lateral y en el que dicha boquilla de inyección lateral tiene aberturas laterales separadas.
- 5 9. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha corriente de oxígeno se inyecta usando un anillo de oxígeno.
10. Procedimiento según la reivindicación 1, teniendo el conducto de combustible una parte recta interpuesta entre el plano de salida de combustible y una curva, teniendo la parte recta una longitud  $x$ ;
- 10 seleccionándose la ubicación de inyección de oxígeno para que esté a una distancia  $e$  desde el plano de salida de combustible;
- teniendo el conducto de combustible un diámetro interno  $D$ ; y
- comprendiendo el procedimiento situar la ubicación de inyección de oxígeno para que sea mayor de cero pero menos de 6 veces  $D$ .
11. Procedimiento según la reivindicación 7, que comprende además:
- 15 seleccionar un conducto de combustible que tiene un diámetro interno terminal  $D$ ;
- seleccionar una lanza de oxígeno que tiene un diámetro interno terminal  $d$ ;
- 20 orientar la lanza de oxígeno en el conducto de combustible para que se extienda en una dirección de inyección, definiendo de ese modo un ángulo  $\alpha$  que es el menor ángulo formado entre (1) una línea que se extiende desde la superficie interna terminal de la lanza hasta la intersección del plano de salida de combustible y la superficie interna terminal del conducto de combustible y (2) una línea que se extiende desde la superficie interna terminal de la lanza en la dirección de inyección hasta el plano de salida de combustible; y
- 25 situar la lanza de oxígeno en el conducto de combustible de manera que la ubicación de inyección de oxígeno esté ubicada a una distancia  $e$  desde el plano de salida de combustible, de manera que la tangente del ángulo  $\alpha$  es inferior o igual a  $(D-d)/2(e)$ .
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que el conducto de combustible se extiende en una dirección sustancialmente paralela a la dirección de la dirección de inyección de la lanza de oxígeno.
13. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la ubicación de inyección de oxígeno está ubicada aproximadamente en el centro del conducto de combustible.
- 30 14. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además seleccionar el dispositivo de inyección para potenciar el mezclado de la corriente de oxígeno y la corriente de gas combustible para reducir la formación de  $\text{NO}_x$  durante la combustión del combustible.

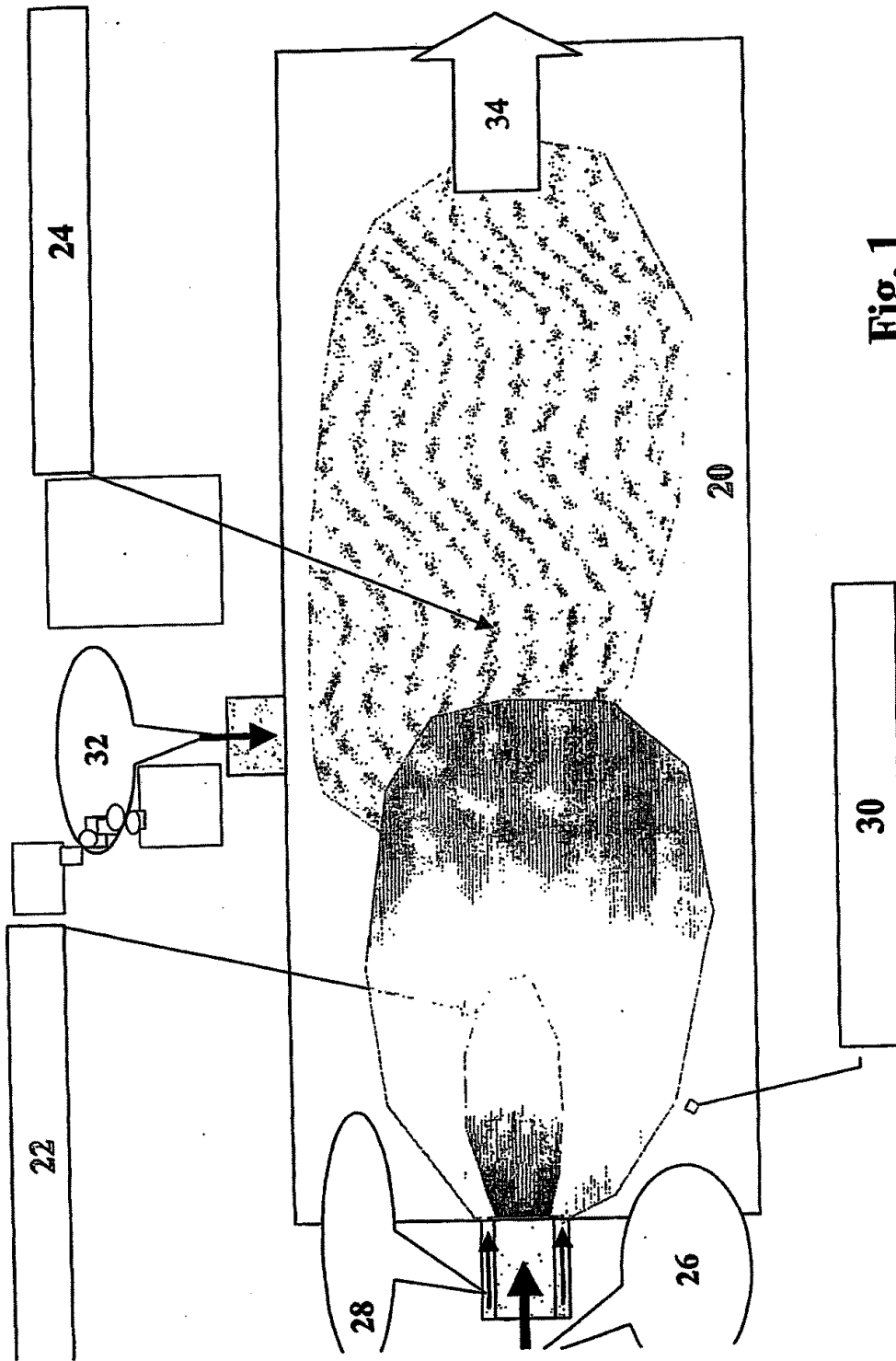


Fig. 1

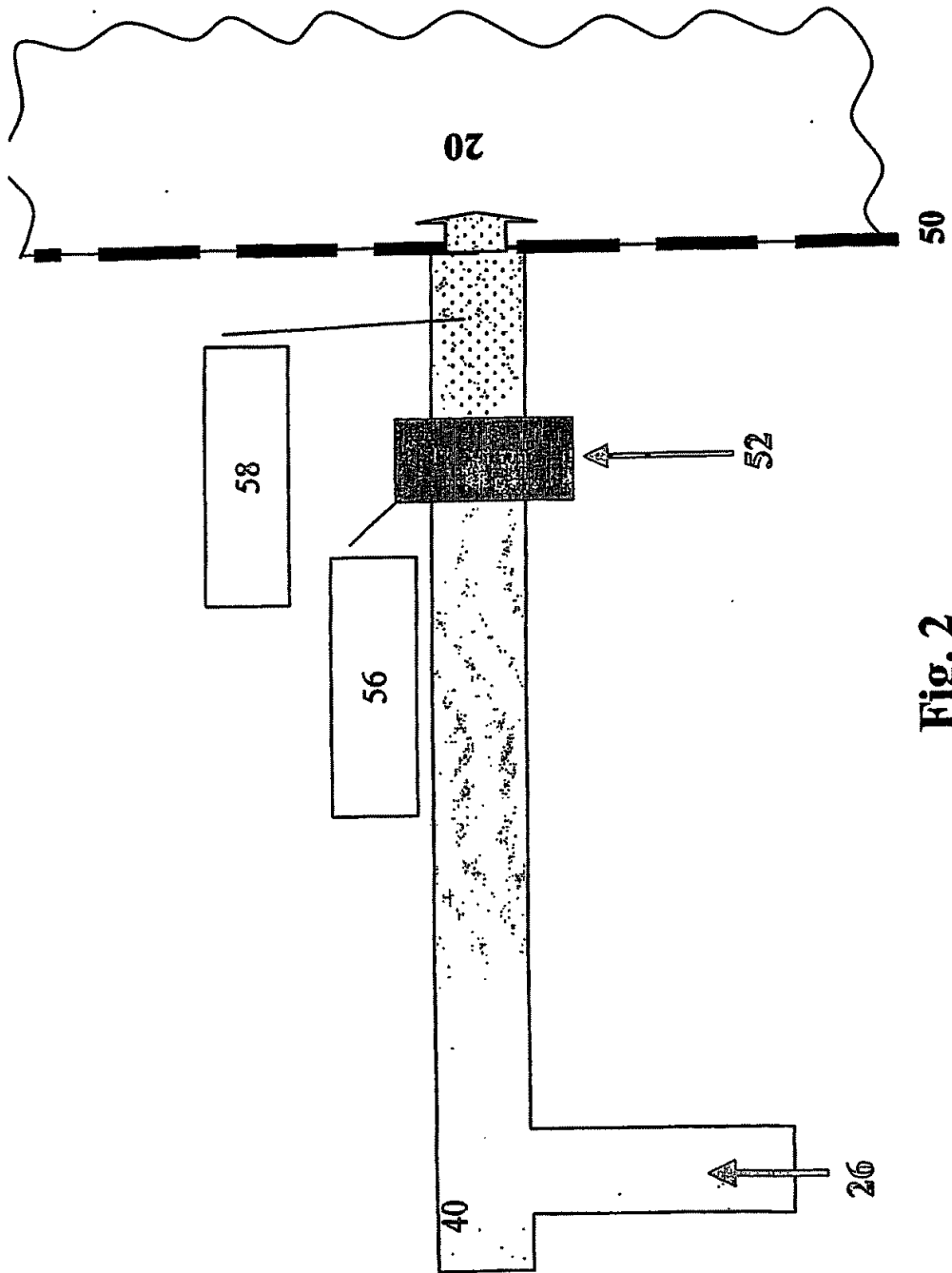


Fig. 2

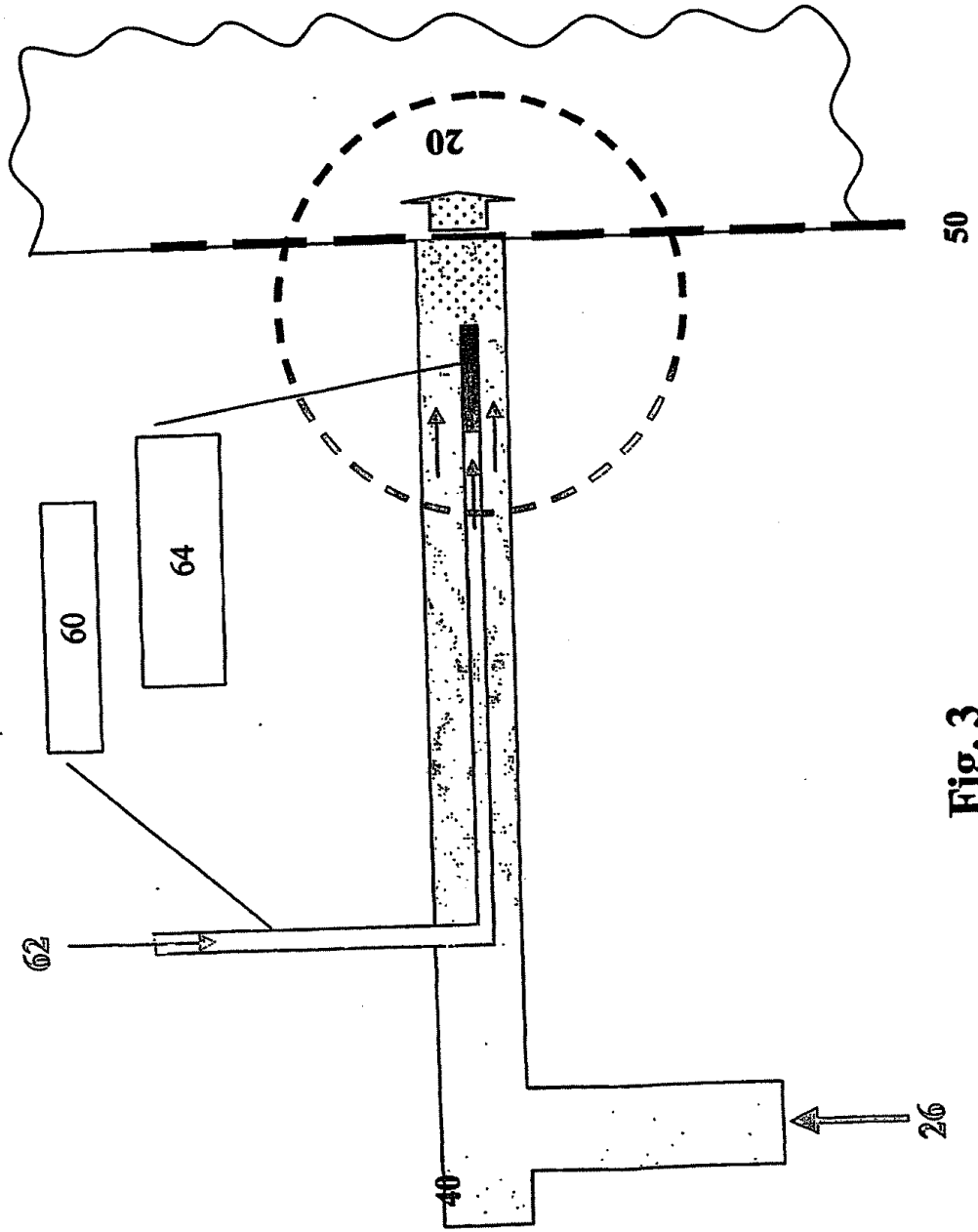


Fig. 3

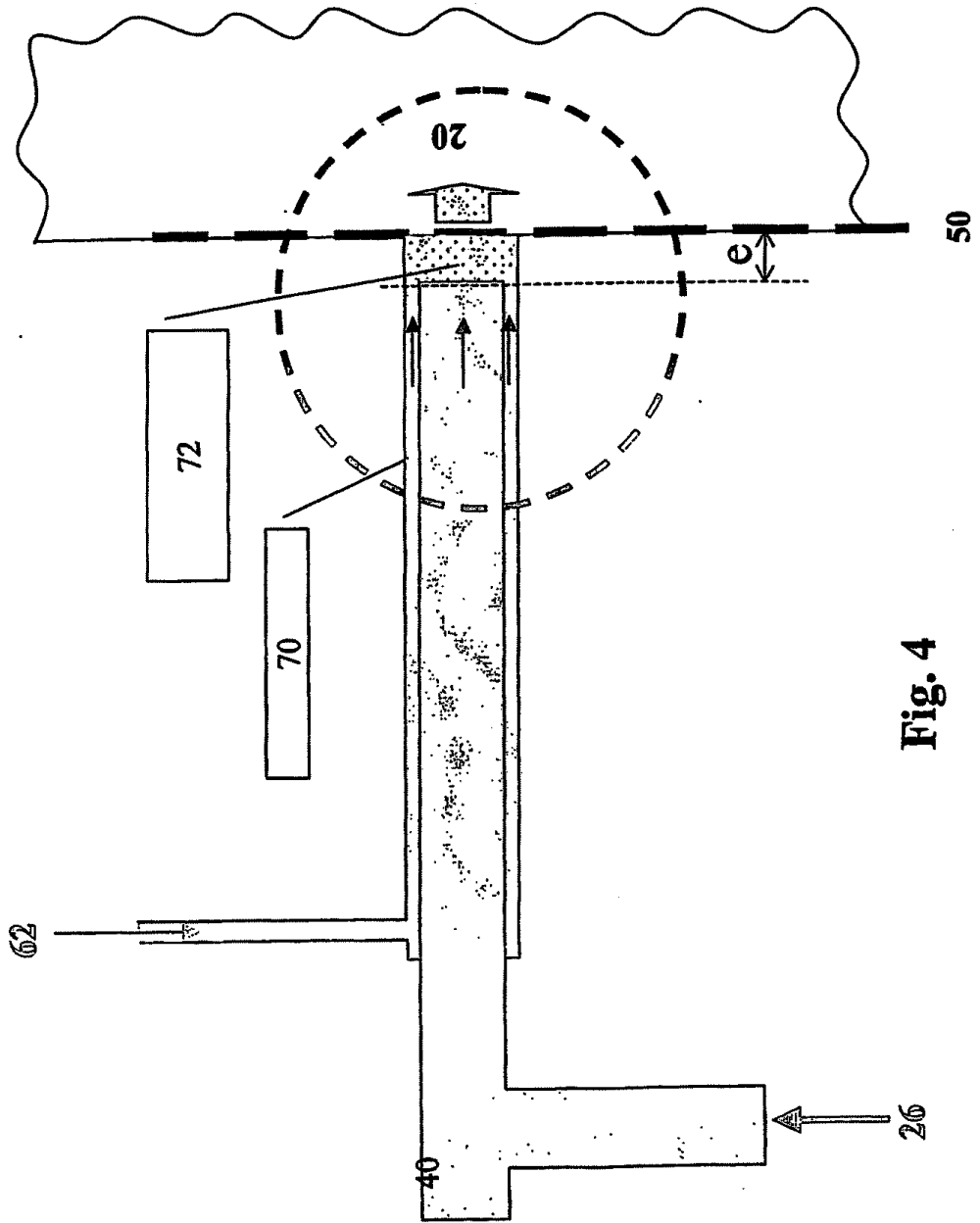


Fig. 4

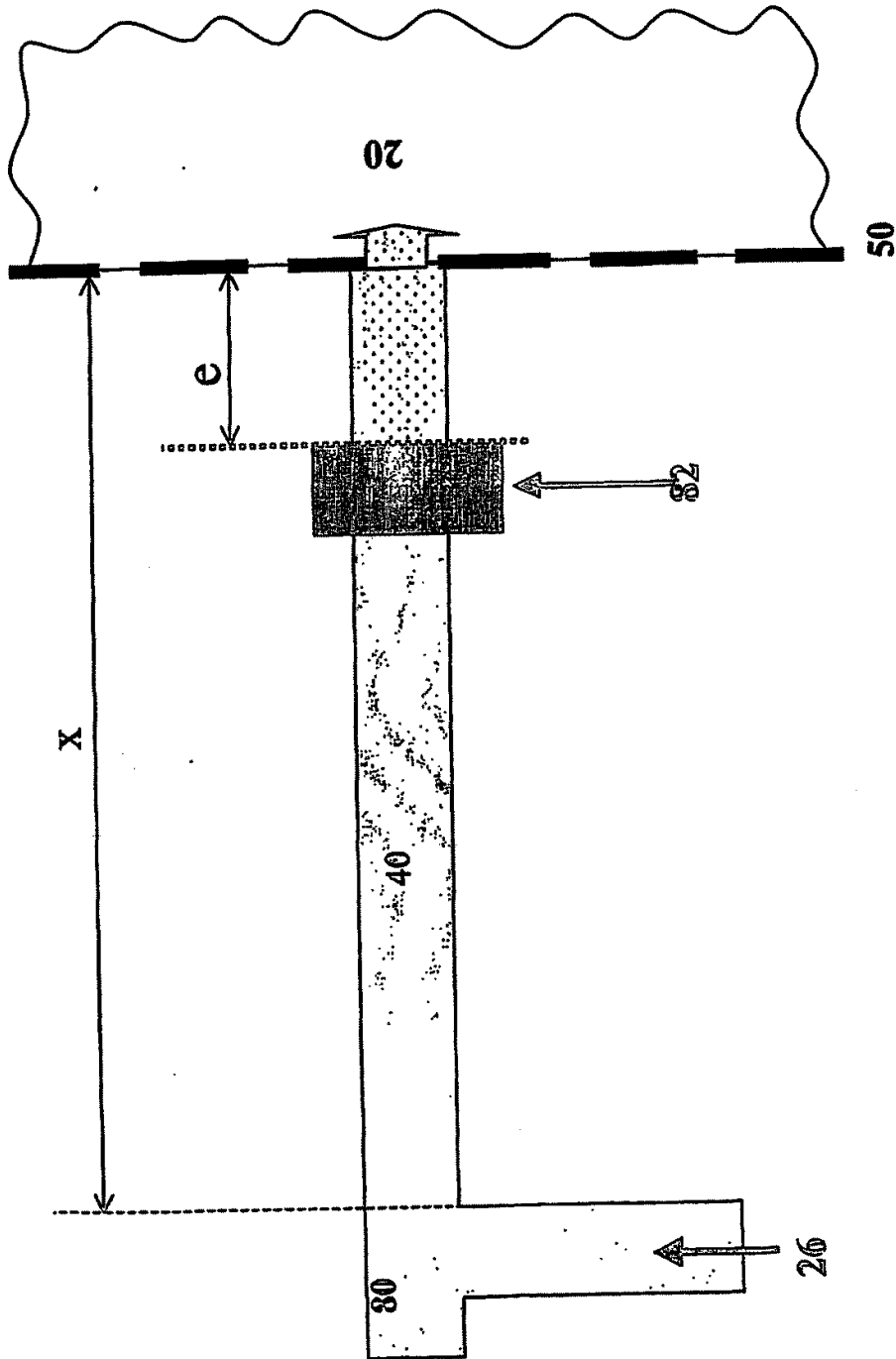
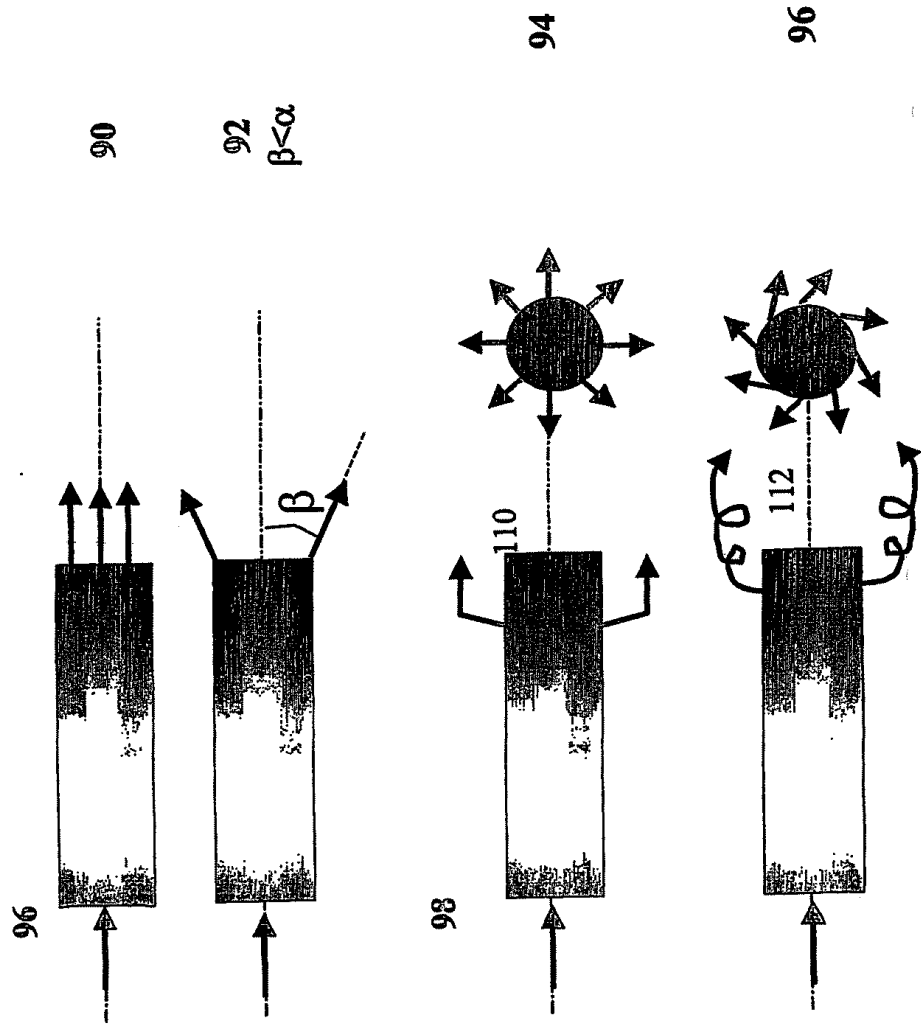


Fig. 5

Fig. 6





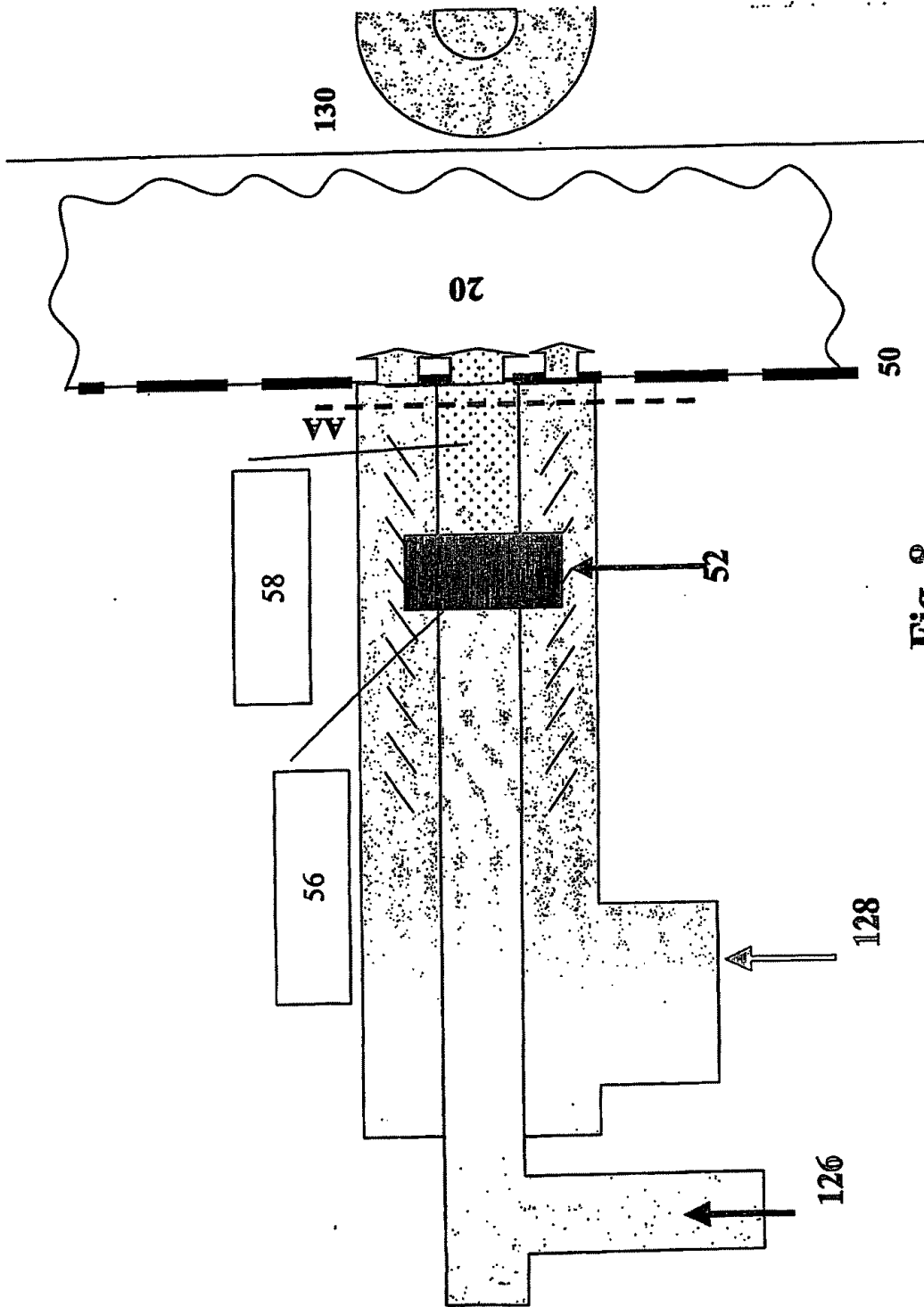


Fig. 8

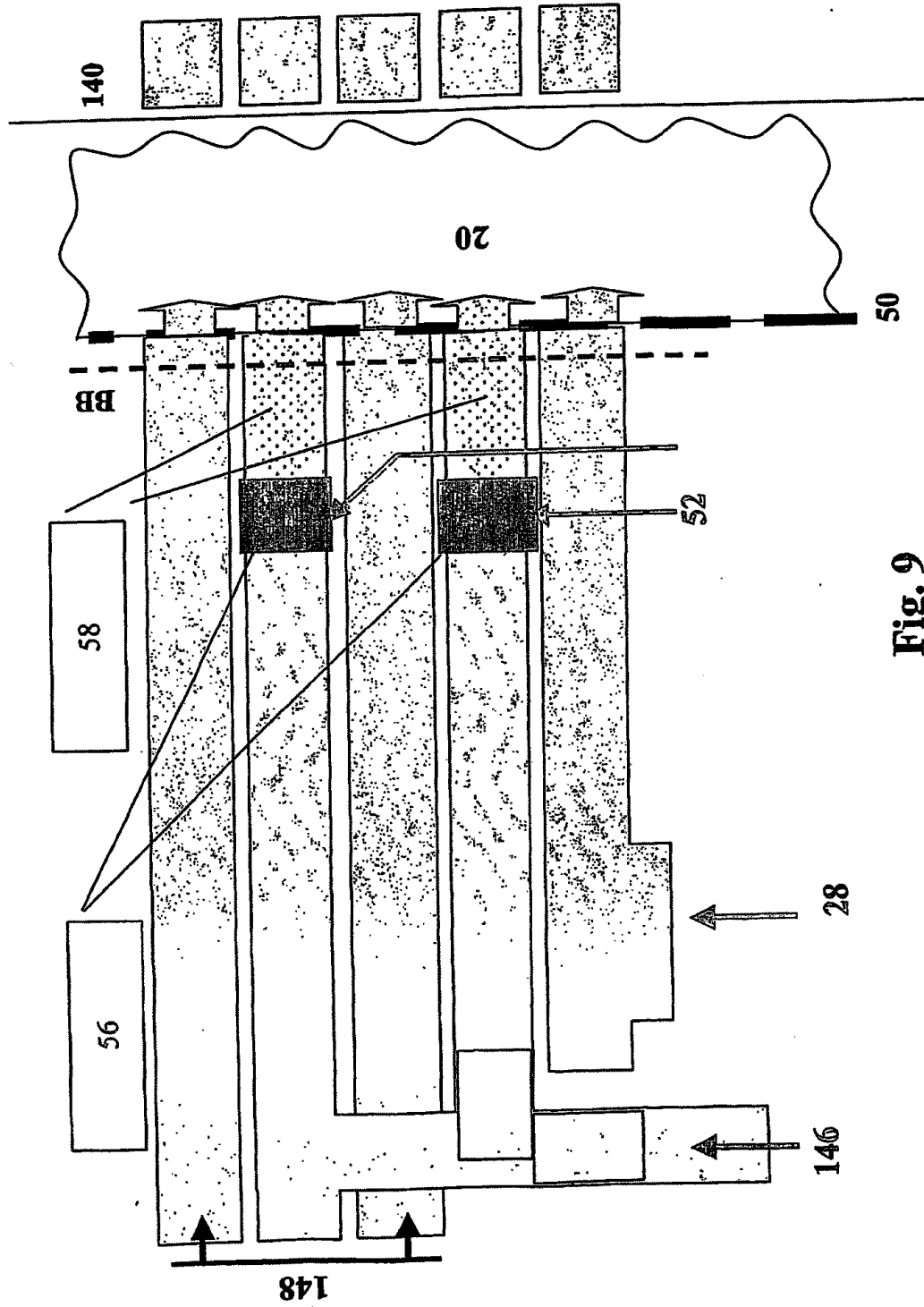


Fig. 9