

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 473 990**

51 Int. Cl.:

**F23C 6/04** (2006.01)

**F23K 3/00** (2006.01)

**F23N 5/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2010 E 10707560 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2527735**

54 Título: **Sistema y procedimiento de optimización de combustión en calderas de combustible sólido pulverizado, y caldera que incorpora dicho sistema**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.07.2014**

73 Titular/es:

**INERCO, INGENIERÍA, TECNOLOGÍA Y  
CONSULTORÍA, S.A. (100.0%)  
C/ Tomás Alba Edison, 2  
41092 Sevilla, ES**

72 Inventor/es:

**RODRÍGUEZ BAREA, FRANCISCO J.;  
TOVA HOLGADO, ENRIQUE;  
CAÑADAS SERRANO, LUIS;  
DELGADO LOZANO, MIGUEL ÁNGEL;  
PORTILLA DE LA CONCHA COBANO, MIGUEL A. y  
MORALES RODRÍGUEZ, MIGUEL**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 473 990 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

5 Sistema y procedimiento de optimización de combustión en calderas de combustible sólido pulverizado, y caldera que incorpora dicho sistema.

**Objeto de la invención**

10 La invención se refiere, tal y como expresa el enunciado, a un sistema de combustión para calderas de combustible sólido (por ejemplo carbón o biomasa) pulverizado y un método, asociado a dicho sistema, para la optimización del proceso con vistas a reducir las emisiones de gases contaminantes, tales como los óxidos de nitrógeno, así como para optimizar el rendimiento y la operación de la caldera.

**Campo de aplicación**

15 El campo de aplicación de la presente invención es el de las calderas industriales.

**Antecedentes de la invención**

20 Gran parte de los desarrollos de los últimos años para la optimización de las calderas industriales (por ejemplo, en unidades de generación eléctrica) se ha enfocado a la reducción de las emisiones de gases contaminantes. Entre estos gases cabe destacar los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), generados en la combustión de combustibles fósiles como el carbón, el fueloil o el gas natural en calderas industriales. Los NO<sub>x</sub> comprenden principalmente NO y NO<sub>2</sub> y se encuentran entre los contaminantes gaseosos más perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

25 Los óxidos de nitrógeno son precursores del smog fotoquímico y la lluvia ácida, fenómenos con efectos directos sobre la salud de los animales, la vegetación y los seres humanos.

30 Las tecnologías aplicadas para la reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub> en este tipo de instalaciones pueden clasificarse principalmente en dos grupos: modificaciones y ajustes del proceso de combustión, o medidas primarias, y abatimiento de postcombustión, o medidas secundarias.

35 Dentro del grupo de las medidas primarias, unas de las estrategias aplicadas son las basadas en la estratificación de los aportes de aire y combustible a la caldera. En este sentido, las líneas de actuación en unidades existentes van desde el ajuste de los parámetros de operación del grupo térmico hasta la implementación de modificaciones en las calderas tales como la instalación de quemadores de bajo NO<sub>x</sub>, registros de OFA (Over Fire Air), UFA (Under Fire Air), etc.

40 La estratificación persigue la combustión en dos o más etapas, de las que la primera o inicial es rica en combustible y la segunda o siguientes son pobres en combustible. Se trata de disminuir el oxígeno disponible en aquellas zonas en las que es crítico para la formación de NO<sub>x</sub> y de reducir la cantidad de combustible que se quema a la máxima temperatura de llama. Mediante este método se actúa sobre el NO térmico (desfavorecido por mezclas ricas) y sobre el NO del combustible (propiciando su transformación a N<sub>2</sub> en la fracción procedente de la combustión de los volátiles).

45 Un modo de ejecución del concepto de combustión estratificada en etapas es el detallado en la patente US 6,790,031. Dicha patente es de aplicación en calderas tangenciales en las que el combustible es inyectado en la caldera a través de varios conjuntos de quemadores (normalmente asociados a un mismo molino) dispuestos en alturas sucesivas. Respecto al reparto habitual de combustible de forma homogénea por niveles, la mencionada patente establece como invención la estratificación del aporte de combustible, de tal forma que sea mayor en el nivel inferior de quemadores y se reduzca gradualmente en los niveles superiores hasta el mínimo en el nivel más elevado. El empleo de esta configuración produce una zona reductora (con déficit de oxígeno) en la zona inferior de la cámara de combustión y una zona oxidante en la zona superior, lo cual se traduce en una reducción significativa en las emisiones de NO<sub>x</sub>.

55 El ámbito de actuación del objeto definido en el documento anteriormente referido se restringe exclusivamente al de la caldera de una unidad termoeléctrica. De esta forma no se hace alusión a los medios físicos ni al método para lograr la estratificación de combustible que propugna como clave para la reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

60 En el documento JP 59145406 se define una caldera de carbón pulverizado de baja generación de NO<sub>x</sub> equipada con una pluralidad de quemadores agrupados en varios niveles o etapas. Los quemadores se dividen en dos grupos, en función de la relación aire/combustible con la que se alimentan: quemadores principales y quemadores de desnitrificación. La caldera dispone de varios niveles de quemadores principales y varios niveles de quemadores de desnitrificación estando en estos últimos la relación aire/combustible en el rango 0.2-0.8. Según los inventores, los radicales hidrocarbonados generados por las condiciones subestequiométricas en los quemadores de desnitrificación

originan una reducción global de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

El sistema de aporte de carbón a la caldera se diseña de tal forma que se garantice la alimentación a los niveles de quemadores de desnitrificación considerados como claves para el proceso de reducción global de los NO<sub>x</sub>, aún en los casos de parada de un molino.

Para ello se establece que dichos quemadores clave estén conectados a dos molinos distintos, de tal forma que al producirse un fallo en uno de ellos los quemadores sean abastecidos por el otro molino. Esta forma de actuar presenta limitaciones respecto al grado de mantenimiento de los patrones de aportación del combustible establecido como óptimos ya que, aunque cada quemador dispone de un sistema paralelo de conducciones de combustible asociado a dos molinos, en su operación sólo vehicula carbón de uno de ellos. De hecho, el dar servicio a un nivel determinado de quemadores de desnitrificación es a costa de interrumpir o reducir drásticamente el suministro de carbón a un nivel de quemadores principales u otro nivel de quemadores de desnitrificación no considerados clave.

En algunos casos el objeto del desarrollo tecnológico se enfoca a la resolución de una problemática asociada a la operación de la planta más que a una optimización en sí del proceso de combustión. Tal es el caso de la invención recogida en la patente GB 582,593. En dicho documento se plantea una solución a la problemática de inestabilidad derivada del desequilibrio producido por la indisponibilidad de un molino y la consiguiente puesta fuera de servicio de los quemadores por él alimentados. La invención está enfocada a una configuración muy concreta del sistema de transporte de combustible en la que se definen varios grupos de quemadores, alimentado cada uno de dichos grupos por un sistema de conductos, y un número mayor de molinos. La conexión entre los molinos y los sistemas de conductos se realiza de tal forma que cada grupo de quemadores puede ser alimentado por más de un molino, de forma que, siempre que el número de molinos activos iguale al número de sistemas de conductos, se asegura la alimentación a todos los quemadores.

La selección del molino que alimenta a cada sistema de conductos se realiza a través de válvulas selectoras todo/nada, especialmente diseñadas y objeto de protección, que conectan el grupo de quemadores en cuestión con uno u otro molino.

Además, el documento DE 833099 G1 da a conocer el preámbulo de la reivindicación 1.

La invención en sí no propugna ningún tipo de ajuste en los aportes de combustible a cada grupo de quemadores. En su concepción se establece como objetivo meramente operativo que, independientemente del molino que pueda quedar fuera de servicio, se mantengan las condiciones de diseño respecto a la inyección de carbón.

### Descripción de la invención

La presente invención se refiere en primer lugar a un sistema de combustión para calderas de combustible sólido pulverizado de acuerdo con la reivindicación 1 con vistas a reducir las emisiones de gases contaminantes, tales como los óxidos de nitrógeno, y/o mejorar el rendimiento y la operación de calderas industriales, como las existentes en las unidades de generación eléctrica.

Dicho sistema está constituido por una pluralidad de quemadores distribuidos en varios grupos dispuestos en distintos niveles o en zonas, estando cada grupo constituido por varios quemadores, un grupo de molinos de combustible sólido que supere en al menos uno el número de molinos necesarios para generar la máxima carga de la caldera y medios de transporte de combustible sólido que comunican los molinos con los quemadores.

La principal particularidad que introduce la invención consiste en que permite establecer patrones de aporte diferencial de combustible sólido entre cada grupo de quemadores, asociados a la consecución de un determinado objetivo operativo (reducción de NO<sub>x</sub>, mejora de rendimiento, reducción de inquemados, etc.), de forma que dichos patrones no se vean modificados por la indisponibilidad puntual de uno de los molinos.

Para ello se establece una organización de los equipos de aporte de combustible a la caldera que comprende los siguientes elementos:

- Grupos de quemadores denominados quemadores principales situados en diferentes zonas o niveles, a través de los cuales se inyecta en la caldera el combustible sólido pulverizado de forma preferencial.
- Molinos de combustible sólido, denominados molinos principales, conectado cada uno de ellos a los quemadores principales de un grupo. Estos molinos estarán en funcionamiento siempre que la demanda de carga lo requiera.

- 5 - Un molino de combustible sólido, denominado molino de sustitución, que solamente operaría ante la parada de uno de los molinos principales. Dicho molino estaría conectado a los quemadores de cada uno de los grupos de quemadores principales y, de forma opcional, a un grupo de quemadores auxiliares. De esta forma, cada grupo de quemadores principales estaría conectado a su molino principal correspondiente y en paralelo todos ellos al molino de sustitución. La alimentación del molino de sustitución en su totalidad se derivaría, a través de las conexiones y los juegos de compuertas oportunos, al grupo de quemadores principales cuyo molino haya sufrido una parada.
- 10 - Un grupo de distribuidores de combustible sólido pulverizado coincidente en número con el número de quemadores constitutivos de cada grupo. Cada distribuidor conecta el molino de sustitución con un quemador de cada uno de los grupos de quemadores principales al que deriva la corriente bifásica aire-combustible sólido, en caso de parada de su molino principal asociado,
- 15 - Un molino de combustible sólido, denominado molino de apoyo, conectado igualmente a cada uno de los grupos de quemadores principales y, de forma opcional, a un grupo o nivel adicional de quemadores auxiliares. Dicho molino estaría siempre en funcionamiento, generando un caudal de combustible sólido que se añadiría a los grupos de quemadores principales. Por tanto, cada grupo de quemadores principales vehicularía el combustible sólido producido por su molino principal asociado más un porcentaje de reparto del caudal de combustible sólido producido por el molino de apoyo.
- 20 - Un grupo de divisores de caudal de combustible sólido pulverizado coincidente en número con el número de quemadores constitutivos de cada grupo de quemadores principales. Cada divisor conecta el molino de apoyo con un quemador de cada uno de los grupos de quemadores principales y genera flujos de caudal regulable de mezcla bifásica aire-combustible sólido que se adicionan a las corrientes vehiculadas a través de dichos quemadores a los que está conectado. La división de las corrientes de salida de los divisores se efectúa mediante deflectores de flujo que son posicionados en función del reparto requerido.
- 25

30 Además se contempla la posibilidad de incorporar conexiones entre las secciones de entrada de los distribuidores y los divisores de caudal. Estas conexiones serían habilitadas cuando se produzca una parada del molino de apoyo. De esta forma el molino de sustitución cumpliría las funciones del molino de apoyo en caso de fallo de este último.

35 La organización anterior confiere una gran flexibilidad a la operación de la unidad ya que, además de garantizar el aporte de combustible sólido a determinados grupos de quemadores en cualquier caso de parada de un molino, posibilita el establecimiento de estrategias extremas de estratificación del combustible alimentado a la caldera, al permitir alimentar a determinados quemadores con combustible sólido procedente de dos molinos distintos.

40 Cabe destacar que los medios disponibles para establecer estrategias de estratificación del combustible en calderas convencionales se reducen normalmente al ajuste de la producción de los molinos. En este sentido, los normalmente estrechos márgenes operativos de éstos respecto a su capacidad nominal imponen una cota insalvable a los potenciales beneficios que una mayor estratificación puede ofrecer. Además, y no menos importante, esta forma de operar, alejada del punto óptimo de diseño de los molinos, tiene una influencia negativa en su funcionamiento que puede derivar en problemas mecánicos (desgaste, vibración, rechazo de combustible sólido, etc.) como en un empeoramiento en la granulometría del combustible sólido producido.

45 La presente invención, por tanto, permite asegurar y ajustar los aportes de combustible a determinados grupos de quemadores principales, permitiendo establecer patrones de alimentación que pueden conllevar una gran estratificación entre distintos grupos de quemadores, sin la necesidad de operar los molinos alejados de su punto normal de diseño e independientemente del molino que eventualmente pueda quedar fuera de servicio para mantenimiento u otra finalidad.

50 Es objeto asimismo de esta invención un método de operación de acuerdo con la reivindicación 10 que, haciendo uso de los elementos descritos, permite efectuar una estratificación del combustible a través del siguiente proceso:

- 55 - Selección de un patrón de inyección diferencial entre los distintos grupos de quemadores principales.
- Selección de los molinos que alimentarán a los quemadores principales. Dicha selección se realizará, en función de la carga demandada a la caldera, entre los molinos principales y el molino de sustitución ante la parada de un molino principal.
- Ajuste de los deflectores de los divisores que reparten la producción del molino de apoyo entre los grupos de quemadores principales, para establecer aportes diferenciales entre ellos.

## 60 Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción, y con objeto de facilitar la comprensión de las características de la invención, se adjunta una serie de figuras con carácter ilustrativo y no limitativo:

La figura 1 muestra una realización de la invención aplicada a una caldera tangencial equipada con 24 quemadores, dispuestos en 6 niveles de 4 quemadores cada uno ubicados en las esquinas. Se representan los quemadores y los conductos de transporte asociados a una de las esquinas, siendo la disposición análoga a las otras tres.

La figura 2 representa un patrón típico de alimentación de combustible sólido (carbón típicamente) en calderas convencionales, con vistas a producir una estratificación del combustible por niveles para la reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

La figura 3 muestra un patrón de estratificación del combustible, más acentuado que en el caso de la figura 2, obtenido por aplicación de la presente invención para la consecución de una mayor reducción de los NO<sub>x</sub>.

La figura 4 muestra un patrón obtenido por aplicación de la presente invención para la reducción de los NO<sub>x</sub> en compromiso con el control del nivel de inquemados del combustible.

### Realización preferente de la invención

A continuación se realiza una descripción de un modo posible de ejecución de la invención descrita. Su aplicación es extensiva tanto en el caso de ejecución de una caldera nueva como en el caso de adaptación de una planta existente.

Consideremos en este caso la caldera tangencial (1) representada en la figura 1, equipada con 24 quemadores agrupados en 6 niveles o alturas en grupos de quemadores (2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F) que comprenden cada uno 4 quemadores por nivel ubicados en las esquinas de la caldera (1), donde los grupos de quemadores de los cuatro niveles inferiores consisten en grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) y los grupos de quemadores de los dos niveles superiores consisten en grupos de quemadores auxiliares (2A, 2B). La alimentación de combustible sólido (carbón típicamente) a la caldera (1) procede de 6 molinos (3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F), desde donde se distribuye una mezcla bifásica aire-combustible sólido a los quemadores (2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F) a través de una red de conductos de transporte neumático. La plena carga de la caldera (1) puede obtenerse con la aportación de sólo 5 de los molinos en funcionamiento operando en su punto nominal. En la figura 1 se ha representado por simplicidad los conductos de transporte hacia los quemadores de los grupos (2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F) localizados en una de las esquinas de la caldera (1), siendo la distribución para el resto de las tres esquinas totalmente análoga.

De los molinos (3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F) distinguimos en primer lugar unos molinos principales (3F, 3E, 3D y 3C), que alimentan respectivamente a los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C). De cada uno de dichos molinos principales (3F, 3E, 3D y 3C) se derivan 4 conductos que transportan combustible a los quemadores principales de su nivel correspondiente.

De los molinos arriba citados se distingue asimismo un molino de sustitución (3B), del que parten igualmente 4 conductos de transporte, uno para cada esquina. Dichos conductos ascienden hasta el nivel en el que se encuentra el primer grupo de quemadores auxiliares (2B) donde se bifurcan por medio de unas primeras conexiones de tres vías (4) (una por esquina) en 2 grupos de líneas alternativas; unas hacia el primer grupo de quemadores auxiliares (2B) y otras hacia los distribuidores (5) (existen 4 distribuidores, uno por esquina) descendentes con salidas a los 4 niveles inferiores. Las primeras conexiones de tres vías (4) disponen conectadas a sus 2 salidas sendas válvulas de guillotina (6, 7) para garantizar el cierre total de una de las líneas cuando se activa la opuesta. Adicionalmente disponen de un primer deflector (8) para minimizar las pérdidas de carga producidas por el cambio de dirección. Los distribuidores (5) derivan el caudal de combustible sólido procedente del molino de sustitución (3B) hacia uno de los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2B, 2C), aquél cuyo molino principal correspondiente se encuentre fuera de servicio. La selección del grupo de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2B, 2C) alimentado por el molino de sustitución (3B) se realiza mediante unas válvulas de guillotina (9, 10, 11, 12) y unos deflectores de flujo (13, 14, 15) asociados a cada salida de los distribuidores (5).

Por otra parte las salidas de los distribuidores (5) se unen con los conductos procedentes de los molinos principales (3F, 3E, 3D y 3C) mediante entronques (16, 17, 18, 19) ubicados aguas abajo de las válvulas de guillotina (9, 10, 11, 12).

Se contempla asimismo la incorporación de un molino de apoyo (3A), del que parten 4 conductos de transporte, uno para cada esquina, que ascienden hasta el nivel en el que se encuentra un segundo grupo de quemadores auxiliares (2A) donde se bifurcan por medio de unas segundas conexiones de tres vías (20) (una por esquina) en 2 grupos de líneas alternativas; unas hacia el segundo grupo de quemadores auxiliares (2A) y otras hacia unos divisores de caudal (21) (existen 4 divisores, uno por esquina) descendentes con salidas a los 4 niveles inferiores de quemadores. Las segundas conexiones de tres vías (20) disponen en sus 2 salidas de sendas válvulas de guillotina (22, 23) para garantizar el cierre total de una de las líneas cuando se activa la opuesta. Adicionalmente dispone de un segundo deflector (24) para minimizar las pérdidas de carga producidas por el cambio de dirección. El divisor (21) de cada esquina divide el caudal de combustible sólido procedente del molino de apoyo (3A) en 4 corrientes de mezcla bifásica

aire-combustible sólido dirigidas hacia los quemadores de esa esquina pertenecientes a los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C). Cada una de estas corrientes de apoyo se une a cada conducto que conecta las salidas del distribuidor (5) de esa esquina con los quemadores pertenecientes a los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) a través de los entronques (25, 26, 27, 28) ubicados entre las válvulas de guillotina (9, 10, 11, 12) y los entronques (16, 17, 18, 19) con los conductos procedentes de los molinos principales (3F, 3E, 3D, 3C).

El reparto de la mezcla bifásica de apoyo entre los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) se regula mediante deflectores de flujo (29, 30, 31, 32) dotados de mecanismos para su posicionamiento intermedio en función de la distribución requerida en caudales y granulometría del combustible sólido.

En cada esquina, el distribuidor (5) y el divisor (21) se conectan a través de un conducto de unión (33) dotado de una válvula de guillotina (34) y unos terceros deflectores del flujo (35, 36). Esta conexión permite al molino de sustitución (3B) hacer las labores del molino de apoyo (3A) cuando éste se encuentre fuera de servicio.

La configuración descrita del sistema de transporte de combustible a la caldera (1) permite la aplicación de metodologías de operación que no son factibles o mantenibles en las unidades de combustión convencionales, en las que cada nivel de quemadores está alimentado exclusivamente por un único molino.

Como ejemplo de estas metodologías se destaca la estrategia de estratificación del combustible para la reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub>. Para una caldera tangencial convencional, normalmente capaz de generar la plena carga con 5 molinos en operación, se ha constatado una reducción significativa de los NO<sub>x</sub> cuando se para uno de los 2 niveles superiores y se fuerzan los molinos inferiores para producir un patrón de alimentación caracterizado por una aportación superior por el quemador inferior y descendente hacia los quemadores superiores, tal y como se muestra en la figura 2. En dicha figura se ha representado, mediante una cifra en porcentaje, la cantidad de combustible sólido aportado por cada nivel de quemadores y la producida por cada molino, tomando como referencia una producción nominal de 100% para cada uno de ellos.

Esta forma de operar está limitada por la capacidad máxima de producción de los molinos y, en cualquier caso, condicionada por la disponibilidad de éstos. En este sentido, una parada del molino del nivel inferior obligaría al arranque del molino superior para generar la máxima carga de la caldera, lo que iría asociado a una mayor generación de NO<sub>x</sub>.

El sistema descrito en el presente documento permite establecer patrones de estratificación más acentuados desde el punto de vista de la reducción de los NO<sub>x</sub>, como el representado en la figura 3. En dicha figura se muestra en porcentaje la producción de cada molino, el reparto de la producción del molino de apoyo (3A) entre cada nivel de grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) y el caudal total vehiculado por cada nivel de grupo de quemadores. Igualmente se representa la posición de las válvulas de guillotina y deflectores que permiten la consecución del patrón. Tal y como se observa, se alimentarían los 4 niveles de grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) a través de sus respectivos molinos (3F, 3E, 3D, 3C) operando a su carga nominal. El molino de sustitución (3B) permanecería parado mientras que el molino de apoyo (3A) estaría en operación nominal aportando su producción a los 4 niveles inferiores dividida, en base a la posición de los deflectores (29, 30, 31, 32), en fracciones del 30% para los dos niveles inferiores y 20% para el tercero y el cuarto.

Respecto a la situación de base anterior, en caso de parada de uno de los molinos principales, por ejemplo el molino principal (3E) que alimenta al segundo nivel de grupos de quemadores (2E), se pondría en funcionamiento el molino de sustitución (3B), se abrirían las válvulas de guillotina (11) de los grupos de quemadores (2E) correspondientes al segundo nivel y se accionarían los deflectores de flujo (15) de los distribuidores (5) para que se derive la alimentación del molino de sustitución (3B) a dichos grupos de quemadores (2E). En paralelo se mantendría el reparto a los demás grupos de quemadores principales (incluidos los del segundo nivel) de la producción del molino de apoyo (3A).

Igualmente, respecto a la situación base, en el caso de parada del molino de apoyo (3A) se pondría en funcionamiento el molino de sustitución (3B), se abrirían las válvulas de guillotina (34) de los conductos de unión (33) que comunican los distribuidores (5) y los divisores (21) y se accionarían los segundos deflectores (35, 36) para derivar las corrientes del molino de sustitución (3B) a los divisores (21) realizando este molino la función del molino de apoyo (3A).

El patrón anterior de aporte de combustible sólido es muy práctico en los casos en los que se plantee la co-combustión de carbón con algún otro combustible sólido (por ejemplo, biomasa). En este caso el combustible alternativo (por ejemplo, biomasa) puede ser pulverizado en el molino de apoyo (3A) y de éste, en virtud del sistema de transporte definido, ser alimentado a los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) junto con las respectivas corrientes de carbón pulverizado procedentes de los otros molinos.

Además, la configuración propuesta para el sistema de transporte proporciona una gran flexibilidad en cuanto a otras posibles estrategias de distribución del combustible por niveles. Un ejemplo de ello es operar a plena carga de caldera,

con 6 molinos en operación, haciendo por tanto uso de toda la masa moledora de la unidad, con la consiguiente mejora en la granulometría global del combustible pulverizado.

La figura 4 muestra, con la misma simbología que la figura 3, la configuración que permite establecer un patrón de operación de acuerdo a la estrategia definida. En este caso la producción del molino de sustitución (3B) se deriva al quinto nivel en el que se encuentra el primer grupo de quemadores auxiliares (2B) abriendo las válvulas de guillotina (6), cerrando las válvulas de guillotina (7) y accionando el deflector (8) de las primeras conexiones de 3 vías (4). El único nivel de quemadores sin alimentación sería en este caso el correspondiente al segundo grupo de quemadores auxiliares (2A), mientras que los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) estarían alimentados por sus molinos correspondientes, funcionando ligeramente por debajo de su carga nominal y adicionalmente cada uno de ellos por un porcentaje de la producción del molino de apoyo (3A), que también funcionaría por debajo de su carga nominal. Este patrón de inyección permite efectuar un mejor control de los inquemados del combustible en compromiso con una reducción significativa de los NO<sub>x</sub>.

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Sistema de combustión para calderas (1) de combustible sólido pulverizado que comprende:  
 5       unos grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) situados en distintos niveles o zonas, a través de los cuales se inyecta combustible sólido pulverizado en la caldera (1),  
       unos molinos principales (3F, 3E, 3D, 3C) de combustible sólido, en el que cada uno de ellos está conectado a cada uno de los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) a los que dirigen un caudal de combustible sólido, que comprende:  
 10       un molino de sustitución (3B) destinado a operar únicamente sobre aquel grupo de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) cuyo molino principal (3F, 3E, 3D, 3C) asociado sufre una parada, caracterizado por que comprende adicionalmente:  
       un grupo de distribuidores (5), cuyo número de elementos coincide con el número de quemadores constitutivos de cada grupo, cada uno de los cuales conecta en paralelo el molino de sustitución (3B) con un quemador de cada grupo de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C), con intermediación de deflectores de flujo (35, 13, 14, 15) y válvulas (9, 10, 11, 12) que, de acuerdo con su posición, dirigen el caudal desde el molino de sustitución (3B) hacia el grupo de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) cuyo molino principal (3F, 3E, 3D, 3C) sufre la parada,  
       un molino de apoyo (3A) de funcionamiento permanente que dirige un caudal adicional de combustible sólido hacia el o los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C) seleccionados, suplementando al caudal de combustible sólido proporcionado por los molinos principales (3F, 3E, 3D, 3C),  
 20       un grupo de divisores de caudal (21), cuyo número de elementos coincide con el número de quemadores constitutivos de cada grupo, cada uno de los cuales conecta en paralelo el molino de apoyo (3A) con uno de los quemadores de cada grupo de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2C), con intermediación de deflectores de flujo (36, 29, 30, 31, 32) que, de acuerdo con su posición, dirigen el caudal desde el molino de apoyo (3A) hacia los quemadores a los que está conectado, en función del reparto requerido, y unos conductos de unión (33) entre los distribuidores (5) y los divisores de caudal (21) que incorporan una válvula (34) que permite establecer la comunicación entre los distribuidores (5) y los divisores de caudal (21) para que el molino de sustitución (3B) realice las funciones de molino de apoyo (3A).  
 25
- 30   2.- Sistema de combustión para calderas de combustible sólido pulverizado de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por que las válvulas (9, 10, 11, 12, 34) son válvulas de guillotina.
- 35   3.- Sistema de combustión para calderas de combustible sólido pulverizado de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por que adicionalmente comprende un primer grupo de quemadores auxiliares (2B), situados a un nivel superior a los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2E), que están conectados al molino de sustitución (3B) y a los distribuidores (5).
- 40   4.- Sistema de combustión para calderas de combustible sólido pulverizado de acuerdo con la reivindicación 3 caracterizado por que comprende un primer grupo de conexiones de tres vías (4), cuyo número de elementos coincide con el número de quemadores constitutivos de cada grupo, que establecen la conexión entre el primer grupo de quemadores auxiliares (2B), el molino de sustitución (3B) y los distribuidores (5).
- 45   5.- Sistema de combustión para calderas de combustible sólido pulverizado de acuerdo con la reivindicación 4 caracterizado por que el primer grupo de conexiones de tres vías (4) incorporan un primer deflector flotante (8) que minimiza las pérdidas de carga en el cambio de dirección.
- 50   6.- Sistema de combustión para calderas de combustible sólido pulverizado de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 3 caracterizado por que adicionalmente comprende un segundo grupo de quemadores auxiliares (2A), situados a un nivel superior a los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2E), que están conectados al molino de apoyo (3A) y a los divisores de caudal (21).
- 55   7.- Sistema de combustión para calderas de combustible sólido pulverizado de acuerdo con la reivindicación 6 caracterizado por que comprende un segundo grupo de conexiones de tres vías (20), cuyo número de elementos coincide con el número de quemadores constitutivos de cada grupo, que establecen la conexión entre el segundo grupo de quemadores auxiliares (2A), el molino de apoyo (3A) y los divisores de caudal (21).
- 60   8.- Sistema de combustión para calderas de combustible sólido pulverizado de acuerdo con la reivindicación 7 caracterizado por que el segundo grupo de conexiones de tres vías (20) incorporan un segundo deflector flotante (24) que minimiza las pérdidas de carga en el cambio de dirección.
- 9.- Caldera de combustible sólido pulverizado que incorpora el sistema descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

10.- Método de optimización de combustión de calderas de combustible sólido pulverizado que emplea el sistema descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que comprende las etapas de:

selección de un patrón de inyección diferencial entre los distintos grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2E),

selección de los molinos principales (3F, 3E, 3D, 3C) que alimentarán a los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2E) en función de la carga demandada a la caldera (1),

ajuste de los deflectores de flujo (36, 29, 30, 31, 32) de los divisores (21) que reparten el caudal del molino de apoyo (3A) entre los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2E) situados en distintos niveles, para establecer aportes diferenciales entre dichos niveles.

11.- Método de optimización de combustión de calderas de combustible sólido pulverizado de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque comprende la etapa de activación del molino de sustitución (3B) ante la parada de un molino principal (3F, 3E, 3D, 3C, 3B) y ajuste de los deflectores (35, 13, 14, 15) para dirigir el caudal hacia aquel grupo concreto de entre los grupos de quemadores principales (2F, 2E, 2D, 2E) cuyo molino principal correspondiente (3F, 3E, 3D, 3C) sufre parada.

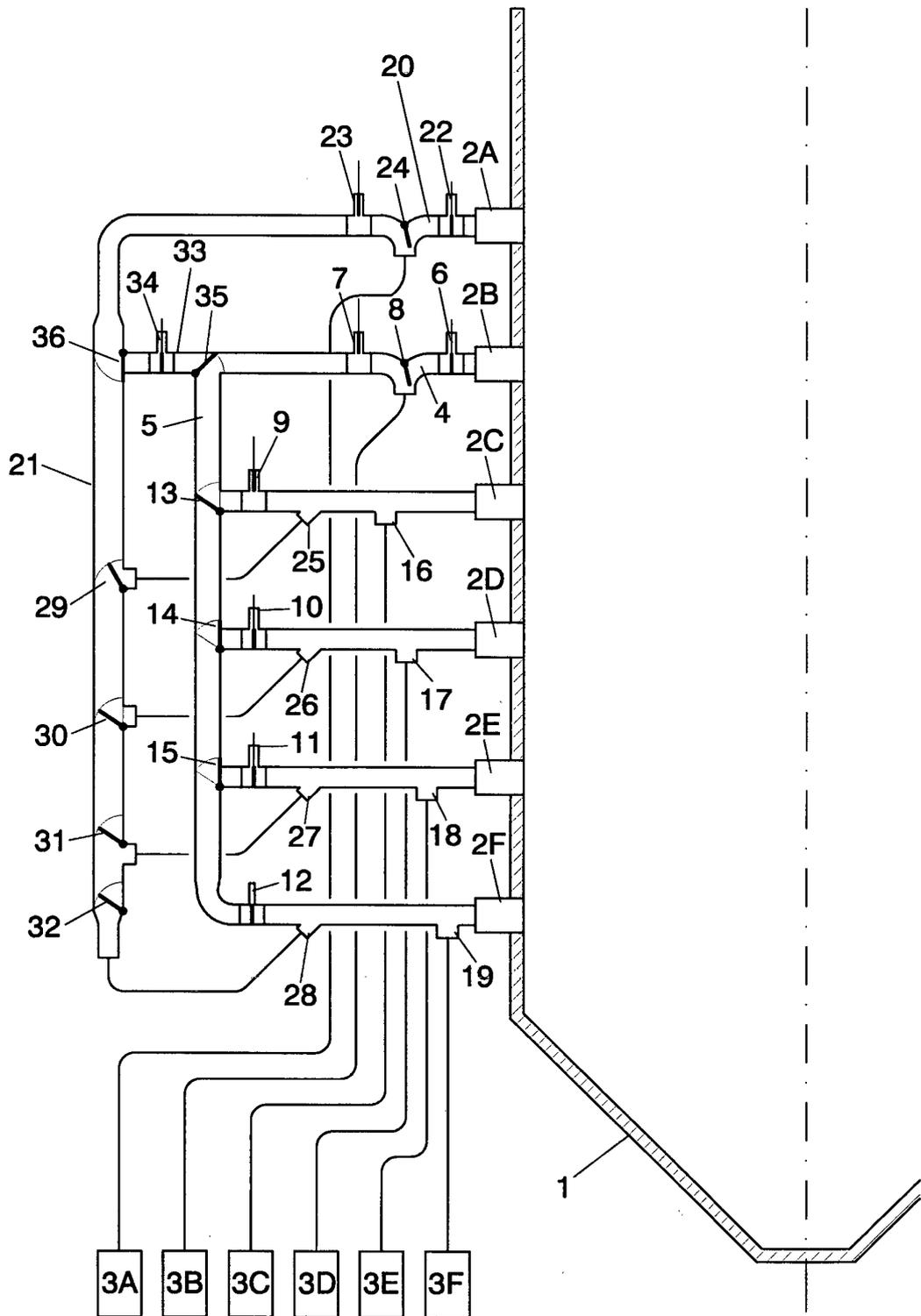
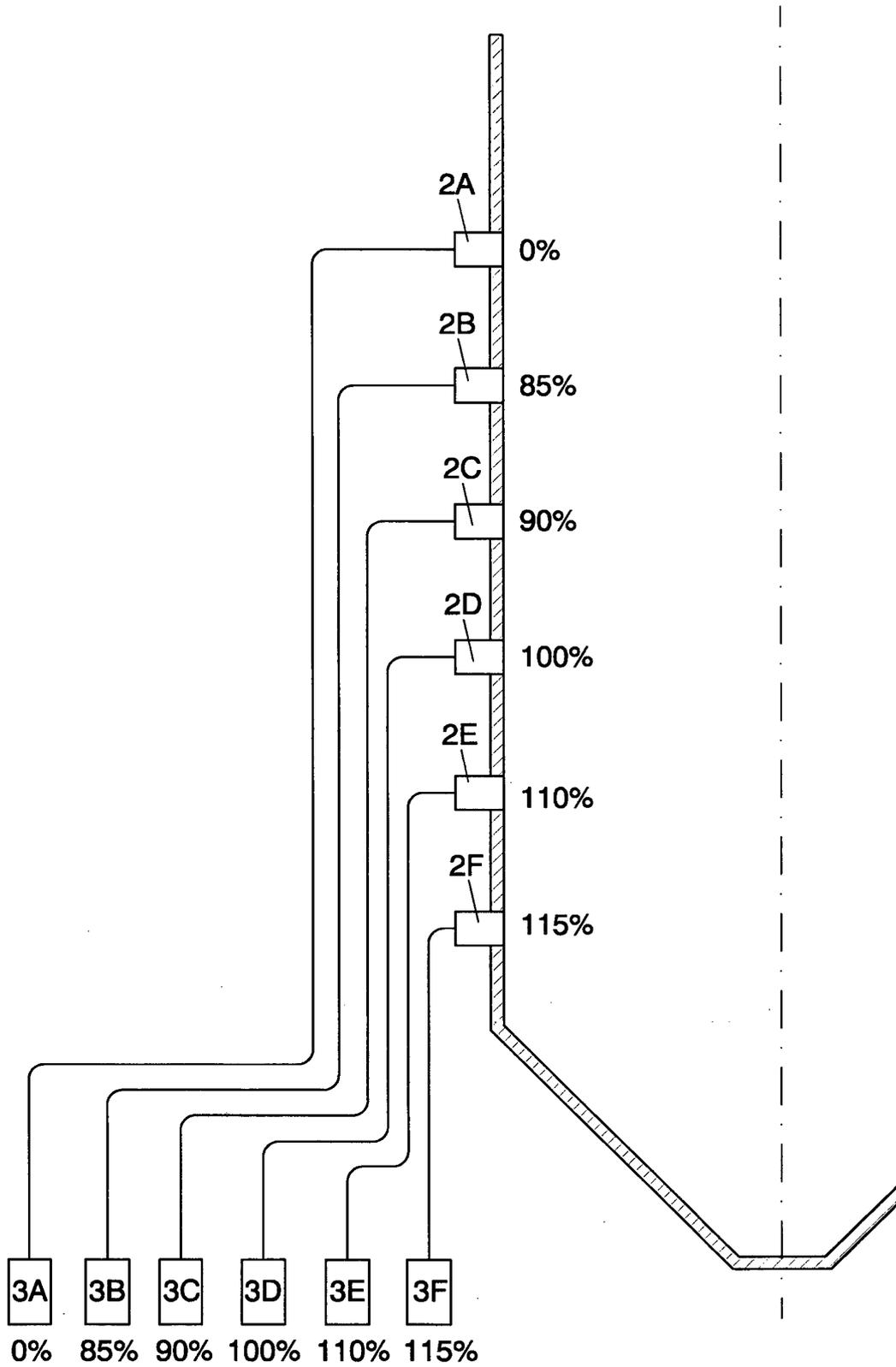


FIG. 1



**FIG. 2**

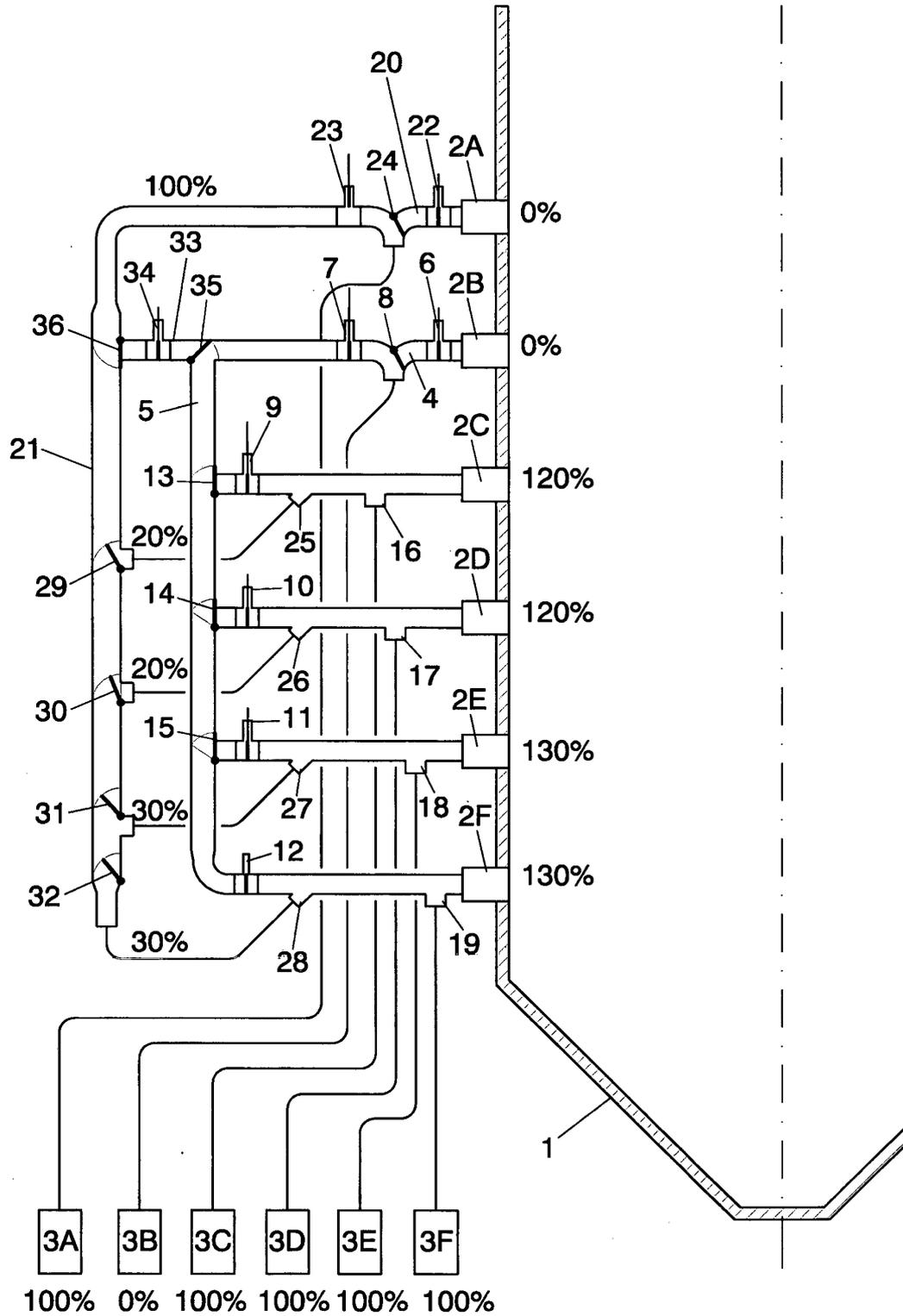


FIG. 3

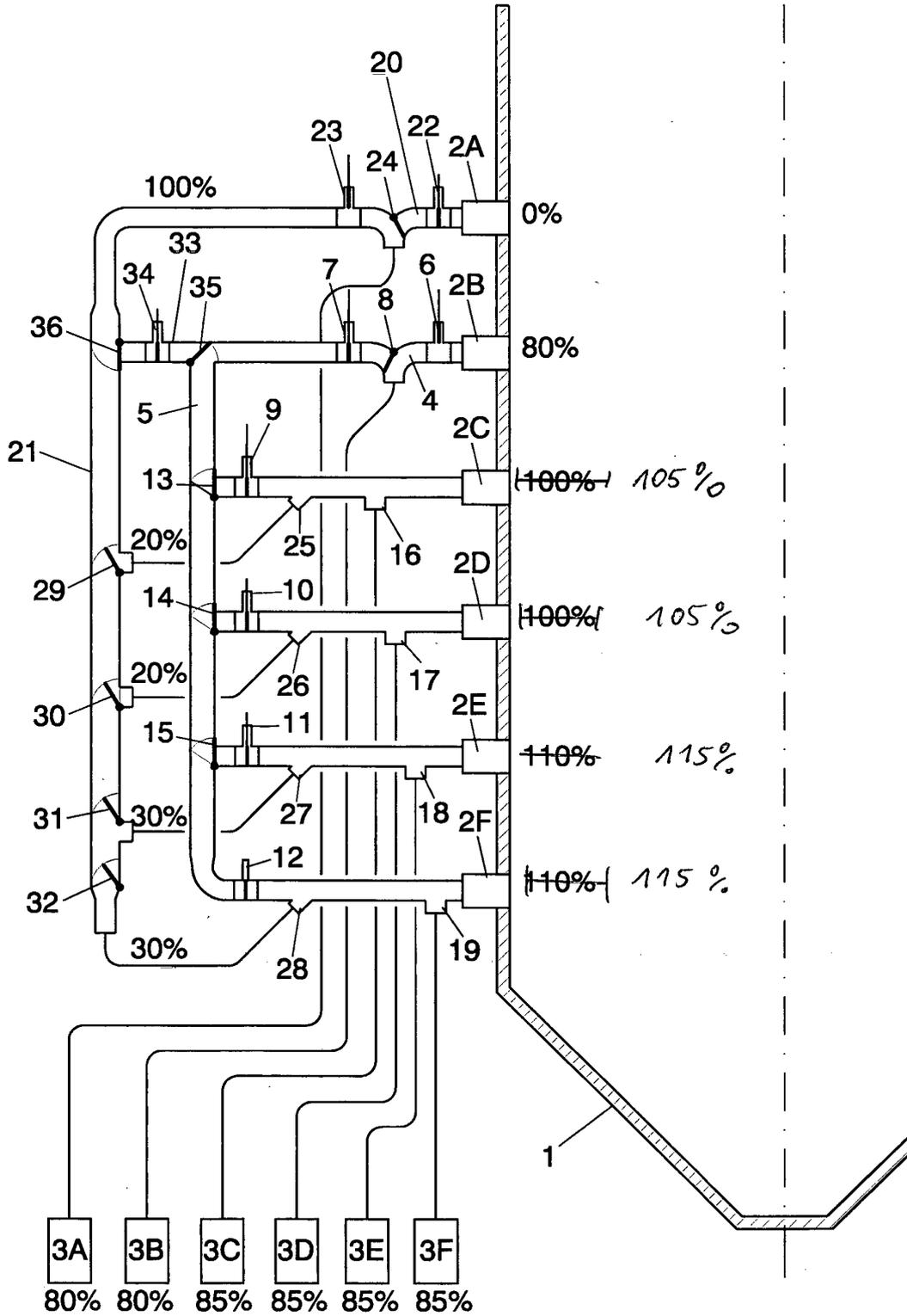


FIG. 4