

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 715**

51 Int. Cl.:

B03C 3/155 (2006.01)

B03C 3/017 (2006.01)

B03C 3/019 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2009 E 09174340 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2316576**

54 Título: **Sistema colector híbrido de partículas de polvo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.09.2013

73 Titular/es:

ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH

72 Inventor/es:

BÄCK, ANDREAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 421 715 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

Sistema colector híbrido de partículas de polvo

Campo del Invento

5 El presente invento se refiere a un sistema colector híbrido de partículas de polvo que comprende un precipitador electrostático y un filtro de barrera situado aguas abajo de dicho precipitador electrostático. El invento también se refiere a un método para eliminar partículas de polvo en tal colector híbrido de partículas.

Antecedentes del Invento

10 En calderas y otros tipos de instalaciones de combustión, existe a menudo la necesidad de eliminar sustancias en partículas, tales como cenizas volantes, procedentes de gases de combustión generados en el proceso de combustión. La Patente Norteamericana nº 5.024.681 describe un método para eliminar partículas de un gas, comprendiendo el método las operaciones de hacer pasar en primer lugar el gas y las partículas a través de un precipitador electrostático convencional (ESP) por lo que el 90-99% de dichas partículas son eliminadas, y a continuación hacer pasar las partículas restantes y dicho gas que deja dicho ESP a un filtro de barrera situado aguas abajo de dicho precipitador electrostático.

15 El documento JP 2008 012060 se refiere a un ventilador para la limpieza de aire que comprende un filtro previo de tipo de barrera, en serie con un filtro electrostático. El filtro previo está situado, con respecto a la dirección de un flujo de aire principal, aguas arriba del filtro electrostático. Una corriente de aire filtrado es devuelta aguas arriba del filtro de barrera, y "especies activas", es decir radicales hidroxilo son generados en el aire filtrado en el trayecto de retorno por medio de una unidad de descarga inicial eléctrica.

20 Un sistema de eliminación de partículas requiere un mantenimiento periódico y consume energía durante el funcionamiento; por tanto, existe una necesidad de reducir el consumo de energía y facilitar la demanda de mantenimiento de tales sistemas. Hay también un esfuerzo constante para aumentar la eficiencia total de recogida de partículas de sistemas colectores híbridos de partículas.

Resumen del Invento

25 Es un objeto del presente invento resolver, o al menos mitigar, la totalidad o parte de los problemas antes mencionados. Con este fin, se ha proporcionado un método para eliminar partículas de polvo de una corriente de gas crudo o en bruto, que comprende partículas de polvo de gas crudo, en un sistema colector híbrido de partículas de polvo que comprende un precipitador electrostático (ESP), y un filtro de barrera situado aguas abajo, con respecto a una dirección de flujo de gas principal a través del sistema, de dicho precipitador electrostático, comprendiendo el método

30 limpiar al menos una parte importante de la corriente de gas crudo en el precipitador electrostático, de modo que se obtenga una porción de corriente de gas limpiada en ESP y

transferir una fracción de derivación de dichas partículas de polvo de gas crudo a una región de retorno de fracción de derivación situada en una salida de dicho precipitador electrostático o aguas abajo de la misma, y aguas arriba de dicho filtro de barrera, teniendo dicha fracción de derivación una composición de partículas de polvo más basta comparada con la composición de partículas de polvo que permanecen en la porción de corriente de gas limpiada en ESP.

35 El "calificativo de basta" de una composición de partículas de polvo está definido por el diámetro medio de masa D_{MMD} de una muestra de polvo que tiene esa composición de partículas de polvo. El diámetro medio de masa D_{MMD} de una muestra de polvo que comprende n partículas es calculado como

$$D_{MMD} = \frac{\sum m_i d_i}{\sum m_i}$$

40 dónde d_i y m_i se refieren al diámetro y masa de cada partícula i para $i = 1$ a n de la muestra. Cuanto mayor sea el diámetro medio de masa D_{MMD} de una muestra de polvo, más basta es la composición de partículas de polvo de dicha muestra. En términos más generales, esto significa que cuanto mayor es la masa total M de partículas de polvo transportada por una corriente de gas que está representada por partículas más grandes, más basta es la composición de las partículas de polvo transportada por esa corriente de gas.

45 D_{MMD} también puede ser aproximado exactamente haciendo las sumas no sobre partículas individuales, sino sobre intervalos de tamaño de partículas.

Las partículas de polvo de gas crudo relativamente gruesas transferidas a la región de retorno de derivación formarán por

- 5 ello una torta o masa sin prensar de polvo relativamente porosa y permeable sobre el filtro de barrera. Comparada con la torta de polvo compacta, relativamente impermeable formada por una corriente de gas limpiado en ESP solamente, una torta de polvo porosa, formada con la ayuda de unas partículas de polvo de fracción de derivación gruesas puede permitir un intervalo más largo de limpieza del filtro de barrera. Una limpieza menos frecuente del filtro de barrera reduce el desgaste en el filtro de barrera, y prolonga por tanto su intervalo de servicio. Una limpieza menos frecuente puede también reducir la emisión total de partículas al aire ambiente, ya que se ha observado a menudo un pico de polvo de emisión en el gas de combustión limpiado inmediatamente después de limpiar el filtro de barrera. Además, una torta de polvo más porosa puede dar como resultado una caída de presión de gas inferior sobre el filtro de barrera. Esto reduce la cantidad de energía requerida para forzar el gas a través del filtro de barrera.
- 10 De acuerdo con una realización, dicha fracción de derivación es transportada a dicha región de retorno de fracción de derivación por una porción de derivación que no ha sido limpiada en ESP de dicha corriente de gas crudo. Transportando la fracción de derivación por medio del propio gas crudo, no son necesarios transportadores diseñados para transportar la fracción de derivación.
- 15 A modo de ejemplo, dicha porción de derivación que no ha sido limpiada en ESP puede ser transferida desde una región de entrada de derivación aguas arriba del precipitador electrostático a dicha región de retorno de fracción de derivación por medio de un conducto de derivación. Un conducto puede ser dimensionado fácilmente para adaptarse a las necesidades exactas de derivación de instalaciones existentes, de tal manera que se facilitan las actualizaciones o modernizaciones del invento.
- 20 Como otra alternativa, dicha porción de derivación que no ha sido limpiada en ESP puede ser transferida a dicha región de retorno de fracción de derivación mediante un trayecto de derivación a través de una porción inactiva de dicho precipitador electrostático, de tal manera que dicha porción de derivación que no ha sido limpiada en ESP es transferida a través del precipitador electrostático sin ser limpiada por medio de un campo eléctrico. Evidentemente, esta es una realización muy barata y compacta. Además, sólo desactivando temporalmente una parte del precipitador electrostático de modo que se cree dicho trayecto de derivación, la derivación a través del precipitador electrostático puede ser abierta y cerrada a voluntad, por ejemplo desactivando o activando sobre secciones de bus o línea de transmisión.
- 25 De acuerdo con una realización, dicha fracción de derivación comprende una porción de las partículas de polvo separadas a partir de la porción de corriente de gas limpiada en ESP en un primer campo del precipitador electrostático. El primer campo del precipitador electrostático elimina típicamente las partículas más gruesas de la corriente de gas crudo. Devolviendo una porción de la fracción de partículas gruesas recogida en el primer campo, puede obtenerse una torta de polvo incluso más porosa sobre el filtro de barrera.
- 30 Preferiblemente, dicha fracción de derivación de dichas de partículas de polvo de gas crudo asciende a 2 - 30%, en masa, y más preferiblemente del 3 - 20% en masa, de la cantidad total de partículas de polvo en la corriente de gas crudo. Dentro de este rango, el beneficio de la eliminación de polvo en el ESP es aún mantenido en un nivel atractivo, mientras el polvo que entra en el filtro de barrera tiene una composición de tamaño de partícula que permite la formación de una torta de polvo porosa.
- 35 Preferiblemente, el método comprende ajustar la cantidad de fracción de derivación que ha de ser transferida a la región de retorno de fracción de derivación a una cantidad seleccionada de fracción de derivación. Ajustando la cantidad, es posible adaptar la cantidad de fracción de derivación a las condiciones de proceso particulares.
- 40 De acuerdo con una realización, el método comprende controlar, basándose en un evento en equipo aguas abajo o aguas arriba del precipitador electrostático, la cantidad de fracción de derivación que ha de ser transferida a la región de retorno de fracción de derivación. Por ello, es posible ajustar la cantidad de fracción de derivación en respuesta a las condiciones cambiantes del proceso.
- 45 De acuerdo con una realización, la transferencia de dicha fracción de derivación es controlada basándose en el inicio de una limpieza del filtro de barrera, de tal manera que el filtro de barrera es cebado por la fracción de derivación. Algunos tipos de filtros de barrera son particularmente sensibles a la obturación justo después de haber sido limpiados. De acuerdo con esta realización, una torta de polvo porosa protectora puede ser formada rápidamente, antes de que el filtro de barrera haya sido expuesto a grandes cantidades de las partículas finas arrastradas en la corriente de gas limpiado en ESP.
- 50 De acuerdo con otro aspecto del invento, se han resuelto, o al menos mitigado, parte o la totalidad de los problemas antes mencionados, mediante un sistema colector híbrido de partículas de polvo para eliminar partículas de polvo de una corriente de gas crudo o en bruto, que comprende partículas de polvo de gas crudo, comprendiendo el sistema un precipitador electrostático y un filtro de barrera, estando conectado dicho filtro de barrera aguas abajo de dicho precipitador electrostático, estando configurado el precipitador electrostático para limpiar al menos una parte principal de la corriente de gas crudo de manera que se obtenga una porción de corriente de gas limpiada en ESP, comprendiendo el sistema

5 un dispositivo de transferencia configurado para transferir una fracción de derivación de dichas partículas de polvo de gas crudo a una región de retorno de fracción de derivación situada en una salida de dicho precipitador electrostático o aguas debajo de la misma, y aguas arriba de dicho filtro de barrera, estando configurado el dispositivo de transferencia para transferir una fracción de derivación que tiene una composición de partículas de polvo más basta comparada con la composición de las partículas de polvo que permanecen en la porción de corriente de gas limpiada en ESP.

De nuevo, el "calificativo de basta" de una composición de partículas de polvo es definido por el diámetro medio de masa D_{MMD} de una muestra de polvo que tiene esa composición de tamaño de partículas.

10 El polvo de gas crudo relativamente basto transferido por el dispositivo de transferencia a la región de retorno de derivación formará una torta de polvo relativamente porosa y permeable sobre el filtro de barrera. Comparada con la torta de polvo compacta, relativamente impermeable formada por una corriente de gas limpiado en ESP solamente, una torta de polvo porosa formada con la ayuda de una fracción de derivación basta puede permitir un intervalo mayor de limpieza del filtro de barrera. Una limpieza menos frecuente del filtro de barrera reduce el desgaste sobre el filtro de barrera. Una limpieza menos frecuente también puede reducir la emisión total de partículas al aire ambiente, ya que un pico de emisión de polvo es a menudo observado en el gas de combustión limpio inmediatamente después de limpiar el filtro de barrera.

15 Además, una torta de polvo más porosa puede dar como resultado una caída menor de presión del gas sobre el filtro de barrera. Por ello, se reduce la cantidad de energía requerida para forzar el gas limpiado en ESP a través del filtro de barrera.

20 De acuerdo con una realización, dicho dispositivo de transferencia está configurado para transferir dicha fracción de derivación a dicha región de retorno de fracción de derivación transportada por una porción de derivación que no ha sido limpiada en ESP de dicha corriente de gas crudo.

De acuerdo con una realización, dicho dispositivo de transferencia comprende un conducto de derivación, que conecta una región de entrada de derivación aguas arriba del precipitador electrostático a dicha región de retorno de fracción de derivación. El conducto de derivación puede, de acuerdo con una realización particular, estar provisto con una válvula de control, de tal manera que la transferencia de una fracción de derivación puede ser iniciada o ajustada a voluntad.

25 De acuerdo con una realización, dicho dispositivo de transferencia comprende un conducto de derivación a través de una parte inactiva de dicho precipitador electrostático, de tal manera que dicha porción de derivación que no ha sido limpiada en ESP puede ser transferida a través del precipitador electrostático sin ser limpiada por medio de un campo eléctrico.

30 El dispositivo de transferencia puede de acuerdo con una realización particular comprender además un controlador, que está configurado para, durante la operación del sistema colector híbrido de partículas de polvo, desactivar temporalmente al menos dicha parte del precipitador electrostático, de tal manera que dicha porción de corriente de gas que no ha sido limpiada en ESP puede ser transferida a través del precipitador electrostático sin ser limpiada.

35 De acuerdo con una realización, dicho dispositivo de transferencia comprende un conducto de derivación, que conecta una tolva de recogida de polvo de un primer campo del precipitador electrostático a dicha región de retorno de fracción de derivación, estando configurado dicho conducto de derivación para transferir polvo recogido que ha sido separado de dicha corriente de gas limpiada en ESP a dicha región de retorno de derivación.

Preferiblemente, dicho dispositivo de transferencia está adaptado para transferir del 2 - 30% en masa, y más preferiblemente, del 3 - 20% en masa, de la cantidad total de partículas de polvo en la corriente de gas crudo.

40 De acuerdo con una realización, dicho dispositivo de transferencia comprende un sistema de control para controlar la transferencia de la fracción de derivación a la región de retorno de fracción de derivación. El sistema de control está, de acuerdo con una realización, configurado para controlar, basándose en un caso en el equipo aguas abajo o aguas arriba del precipitador electrostático, la cantidad de fracción de derivación que ha de ser transferida a la región de retorno de derivación. De acuerdo con una realización particular, el sistema de control está configurado para iniciar una transferencia de dicha fracción de derivación basándose en el inicio de una limpieza del filtro de barrera, de tal manera que el filtro de barrera es cebado por la fracción de derivación.

45 De acuerdo con una realización, dicho precipitador electrostático y dicho filtro de barrera están comprendidos en el mismo alojamiento. Esta realización es particularmente muy adecuada para instalaciones compactas.

Otros objetos y características del presente invento resultarán evidentes a partir de la descripción y de las reivindicaciones.

Breve Descripción de los Dibujos

50 Los anteriores, así como objetos, características y ventajas adicionales del presente invento, serán mejor comprendidos a través de la siguiente descripción detallada ilustrativa y no limitativa de realizaciones preferidas del presente invento, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que los mismos números de referencia serán utilizados para elementos similares,

en los que

La fig. 1 es una vista lateral diagramática de una primera realización de un sistema colector híbrido de partículas de polvo;

La fig. 2 es una gráfica que ilustra un desplazamiento ejemplar en la composición de tamaño del polvo;

5 La fig. 3a es una vista lateral diagramática de una segunda realización de un sistema colector híbrido de partículas de polvo;

La fig. 3b es una vista superior diagramática del ESP del sistema colector híbrido de partículas de polvo de la fig. 3a;

La fig. 4 es un diagrama de flujo, que ilustra un método para eliminar partículas de polvo de una corriente de gas crudo;

La fig. 5 es un diagrama de flujo, que ilustra un método para eliminar partículas de polvo de una corriente de gas crudo; y

La fig. 6 es una vista lateral diagramática de una tercera realización de un sistema colector híbrido de partículas de polvo.

10 Descripción Detallada de las Realizaciones Ejemplares

La fig. 1 ilustra una primera realización de un sistema colector híbrido 10 de partículas de polvo según es visto desde el lado y en sección transversal. El sistema 10 de la fig. 1 comprende un precipitador electrostático (ESP) 12, que está conectado en serie con un filtro de barrera 14. El filtro de barrera 14 ilustrado en la fig. 1 es en este ejemplo un filtro de tejido del tipo de filtro de cámara de bolsas descrito con más detalle en el documento US-4.336.035.

15 El ESP 12 tiene una entrada 16 de ESP para gas crudo 18 cargado de partículas de polvo, y una salida 20 de ESP para gas 22 limpiado en ESP, del que se han eliminado la mayor parte de las partículas de polvo. El gas crudo 18 puede, por ejemplo, ser gas de combustión procedente de una caldera 24, en la que es quemado un combustible tal como carbón. La caldera 24 de la fig. 1, que es controlada por un sistema 25 de control de caldera, está conectada al ESP 12 a través de un conducto 26 de gas crudo.

20 El precipitador electrostático 12 tiene una envolvente o alojamiento 28 en el que hay previsto un primer campo, un segundo campo, y un tercer, y último campo. Cada campo está provisto con un número de electrodos de descarga, de los cuales se han mostrado dos electrodos de descarga 30 en la fig. 1, y un número de placas de electrodo de recogida, de las que una placa de electrodo de recogida 32 está mostrada en la fig. 1, como es conocido en la técnica, por ejemplo a partir de la Patente Norteamericana nº 4.502.872. En la fig. 1, sólo se han ilustrado los electrodos del primer campo del ESP 12 por razones de claridad. Típicamente, los electrodos de recogida 32 son mantenidos a potencial de tierra, mientras los electrodos de descarga 30 operan a un potencial positivo o negativo de varios kV.

25 Cada uno de los campos de ESP es alimentado con corriente desde una alimentación de energía eléctrica. En la fig. 1, el primer campo del ESP 12 recibe una corriente de electrodo desde una primera alimentación de energía eléctrica 34, el segundo campo recibe corriente desde una segunda alimentación de energía eléctrica 36, y el tercer campo recibe corriente desde una tercera alimentación de energía eléctrica 38. La corriente de salida de cada alimentación de energía eléctrica 34, 36, 38 es controlada por un sistema de control 40. El sistema de control 40 controla también el golpeo o sacudidas de las placas de electrodo de recogida 32, de la manera bien conocida por los expertos en la técnica.

30 Cada campo del ESP 12 está también provisto con una tolva 42, que está dispuesta por debajo de esas placas 32 de electrodos de recogida respectivas del campo, de tal manera que, cuando las placas 32 de electrodos de recogida son golpeadas o sacudidas, las partículas de polvo recogidas caerán desde las placas de electrodos de recogida a la tolva 42. El polvo recogido 44 es retirado de la tolva 42 y dispuesto en otro lugar.

35 El filtro de bolsa 14 está provisto con una entrada 46 de filtro de bolsa, que está conectada a la salida 20 del ESP a través de un conducto 36, y una salida 50 de filtro de bolsa, que está conectada a través de un conducto 48 de gas limpio a una chimenea 52 para emitir gas de combustión limpio al aire ambiente. El filtro de bolsa 14 está provisto además con un compartimiento de entrada 54, que comunica con la entrada 46 del filtro de bolsa de modo que reciba gas 22 limpiado en ESP desde el ESP 12, y un compartimiento de salida 56, que comunica con el conducto 48 de gas limpio a través de la salida 50 del filtro de bolsa. El conducto 48 de gas limpio puede comprender un ventilador opcional 49 para extraer el gas a través del filtro de bolsa 14. Los dos compartimientos 54, 56 están separados por una pared 58, que está configurada de modo que permita que el gas pase desde el compartimiento de entrada 54 al compartimiento de salida 56 sólo a través de un filtro de tejido. En el ejemplo particular mostrado en la fig. 1, el filtro de tejido consiste de un número de bolsas de filtro 60, de los cuales sólo se han mostrado dos por razones de claridad. El polvo que permanece en la corriente de gas filtrado en ESP será por ello recogido en el exterior de las bolsas de filtro 60, y formará eventualmente una torta de polvo sobre la superficie de las bolsas de filtro 60. Después de un período de funcionamiento del filtro de bolsa 14, esta torta de polvo será formada tan gruesa y compacta que obturará las bolsas de filtro 60, e inducirá por ello una caída de presión significativa sobre las bolsas 60. Por tanto, las bolsas de filtro 60 son limpiadas periódicamente por impulsos de aire limpio

dirigidos, con respecto al flujo de gas de combustión, en sentido inverso a través de las bolsas de filtro 60, de tal manera que la torta de polvo es forzada a liberarse de las bolsas de filtro 60 y a caer a una tolva 61. Con este fin, las boquillas 62 de aire limpio, alimentadas por un depósito 63 de aire a presión, están dispuestas en cada bolsa de filtro 60. Los impulsos de aire limpio son controlados por un sistema 64 de control de filtro de barrera. La limpieza de aire impulsado es, de acuerdo con la técnica establecida, realizada típicamente lo suficientemente a menudo para mantener la caída de presión sobre las bolsas de filtro 60 razonablemente baja, pero se evita la limpieza innecesaria. La limpieza por aire impulsado demasiado a menudo consume energía y expone las bolsas de filtro a un desgaste mecánico excesivo. Además, la torta de polvo contribuye también significativamente al efecto de filtrado total del filtro de bolsa 14; cuando la torta de polvo es eliminada, la eficiencia de limpieza del filtro de bolsa se reduce algo temporalmente.

La obturación u obstrucción de la bolsa puede en términos generales ser descrita como el estado en el que la torta de polvo obtura el paso de gas a través de las bolsas de filtro. Un tipo particular de obturación de bolsa ocurre cuando partículas finas penetran profundamente al tejido de las bolsas de filtro; una cantidad relativamente pequeña de polvo fino puede ser suficiente para provocar una obturación significativa de las bolsas. Los sistemas colectores híbridos de partículas de la técnica anterior están basados en el paradigma de que cuantas más partículas son eliminadas en cada filtro consecutivo, mejor. Por ello, en un sistema híbrido de la técnica anterior, todo el gas crudo es hecho pasar a través del ESP, y limpiado por el mismo. Sin embargo, el ESP no solo elimina partículas; sino que también cambia la composición de tamaño de las partículas, ya que las partículas mayores tienen una tendencia más elevada a ser recogidas por el ESP. La composición de tamaño de las partículas de la fracción que permanece en la corriente de gas limpiada en ESP tiene por ello una porción relativa más elevada de partículas finas, y es más propensa a obturar una bolsa de filtro que la composición de tamaño de las partículas de una corriente de gas crudo que no ha sido limpiada en ESP. El efecto de obturación más elevado de la corriente de gas limpiada en ESP es atribuido al hecho de que las partículas finas son propensas a penetrar profundamente en el tejido de las bolsas de filtro, y también al hecho de que las partículas finas tienden a formar una torta de polvo más compacta que la que forman las partículas gruesas. Las partículas gruesas, por otro lado, no penetran profundamente en el tejido de las bolsas de filtro, e incluso impiden la penetración de partículas finas en el tejido de las bolsas de filtro. La contribución a la obturación de la bolsa de partículas inferiores a una micra, es decir partículas finas que tiene un diámetro menor de aproximadamente 1 μm , es particularmente severa.

Las partículas de polvo gruesas, en particular partículas que tienen un diámetro de más de aproximadamente 30 μm , tienden a formar una torta de polvo muy porosa, que no solo permite un flujo de gas elevado a su través, sino que también es capaz de absorber una cantidad relativamente grande de partículas de polvo más finas. En otras palabras, la presencia de partículas muy gruesas aguas abajo del ESP puede ser particularmente beneficiosa para la eficiencia en la recogida de polvo del filtro de barrera; un cambio de composición de tamaño de partículas de la corriente de gas inducido en ESP puede por ello reducir la eficiencia de la recogida de polvo del filtro de barrera.

Con el fin de mitigar tales problemas, el sistema colector híbrido de partículas de la fig. 1 comprende un conducto de derivación o puenteado 66 conectado entre el conducto 26 de gas crudo y el conducto 36 de gas limpiado en ESP. El conducto de derivación 66 opera de modo que permite una porción 68 de derivación que no ha sido limpiada en ESP de la corriente de gas crudo 18, transportando dicha porción de derivación 68 una fracción de derivación del polvo en la corriente de gas crudo 18, para puentear el ESP 12, y mezclarse con la corriente 22 de gas limpiado en ESP en una región 70 de retorno de fracción de derivación aguas abajo del ESP 12. La fracción de derivación del polvo en la corriente de gas crudo 18, siendo transportada dicha fracción de derivación a través del conducto de derivación 66 por la porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18, entra en el conducto de derivación 66 en una región 67 de entrada de derivación situada en el conducto 26 de gas crudo, y por tanto tiene esencialmente la misma composición de partículas, con respecto al tamaño, que la corriente de gas crudo 18 en el conducto 26 de gas crudo.

La corriente 22 de gas limpiado en ESP que deja el ESP 12 a través de la salida 20 de ESP, por otro lado, transporta principalmente partículas de polvo relativamente finas, ya que el ESP 12 por sus principios operativos fundamentales elimina partículas gruesas más eficientemente de lo que elimina las partículas finas. Mezclando la fracción de partículas de polvo finas de la corriente 22 de gas limpiada en ESP con la fracción de derivación relativamente más basta transportada por la porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18, el polvo que entra en el filtro de bolsa 14 formará una torta de polvo más porosa sobre las bolsas de filtro 60 de la que lo haría el polvo fino de la corriente 22 de gas limpiado en ESP solamente. En otras palabras, la obturación de las bolsas de filtro 60 será reducida gracias a la composición de polvo más basta que entra en el filtro de bolsa 14.

El conducto de derivación 66 puede ser provisto con una válvula de control opcional 72, para controlar la cantidad de polvo que ha de ser derivada, y por tanto, también para controlar la cantidad de polvo que será derivada a una posición aguas abajo del ESP 12 completamente no afectada por el ESP 12. La válvula de control 72 puede, a modo de ejemplo, ser un regulador o compuerta o cualquiera de los tipos conocidos por los expertos en la técnica. El conducto de derivación puede también estar provisto con un ventilador opcional 73, para mantener el flujo de la porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18 a una velocidad elevada. Para algunos tipos de composiciones de polvo de gas crudo, la utilización de un ventilador puede ser beneficiosa para asegurar que las partículas de polvo más gruesas de la fracción de derivación no

caigan hacia abajo sobre el piso del conducto de derivación 66, sino que son mantenidas en el flujo de derivación todo el camino hasta la región 70 de retorno de la fracción de derivación. El ventilador 73 también puede ser utilizado en lugar de, o en combinación con la válvula 72 para controlar el caudal de derivación a través del conducto de derivación 66. De modo preferible, aproximadamente del 70 al 98%, y más preferiblemente, aproximadamente del 80 al 97% de la corriente de gas crudo 18 en el conducto de gas crudo 26 es hecho pasar y limpiado a través del ESP 12, mientras que el resto aproximado de un 2-30%, o más preferiblemente, de un 3-20%, de la corriente de gas crudo 18 en el conducto de derivación 26 es derivado mediante el conducto de derivación 66 a la región 70 de retorno de la fracción de derivación aguas abajo del ESP 12.

La fig. 2 ilustra un ejemplo numérico, basado en los resultados de las mediciones actuales en una planta de combustión de carbón. El ejemplo numérico ilustrado en la fig. 2 supone una eficiencia de eliminación de polvo (por masa de polvo M) del 97% del ESP 12, y una porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18 que asciende al 7% de la corriente de gas crudo 18. La porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18 se ha supuesto que transporta una fracción de derivación que tiene una composición idéntica, con respecto al tamaño de partícula, que la corriente de gas crudo 18. La gráfica de la fig. 2 ilustra la masa de polvo M como una función del diámetro de partícula d; más precisamente, la masa de polvo dM por intervalo de diámetro logarítmico $d(\log(d))$, que pasa una porción respectiva del colector híbrido 10 de partículas por unidad de tiempo, es trazada en función del logaritmo del diámetro, $\log(d)$. Las curvas respectivas ilustran la masa total 19 de partículas de polvo de gas crudo transportada por la corriente de gas crudo 18 desde la caldera; la masa de la fracción de derivación 17 transportada por la porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18; la masa de la fracción 21 de polvo de finos que permanece en la corriente 22 de gas limpiada en ESP; y la masa total de la fracción 23 de partículas de polvo mezcladas, es decir la suma de la fracción 21 de polvo de finos y la fracción de derivación 17, que entra en el filtro de bolsa 14 aguas abajo de la región 70 de retorno de la fracción de derivación. Una fracción 21 de polvo de finos (partículas de pequeño tamaño) que comprende el 3% en masa del polvo de gas crudo que entra en el ESP 12 sale del mismo, transportada por la corriente 22 de gas limpiada en ESP. En la región 70 de retorno de derivación, la fracción 21 de polvo de finos es mezclada con la fracción de derivación 17, que corresponde al 7% del polvo de gas crudo 19, de modo que forme una fracción mezclada 23. Como puede verse en la fig. 2, en la fracción 21 de polvo de finos transportada por la corriente 22 de gas limpiado en ESP, más del 10% de la masa de partículas pertenece a la fracción de tamaño inferior a una micra que tiene un diámetro d por debajo de $1 \mu\text{m}$ ($\log(d) < 0$). Por otro lado, en la fracción mezclada 23, aguas abajo de la región 70 de retorno de derivación, menos del 5% de la masa de partículas pertenece a la fracción de tamaño que tiene un diámetro inferior a $1 \mu\text{m}$. Como para el contenido relativo de partículas de polvo muy gruesas, que pertenece a la fracción de tamaño que tiene un diámetro d de más de $30 \mu\text{m}$ ($\log(d) < 1,5$), la diferencia entre la fracción 21 de finos y la fracción mezclada 23 es aun más sorprendente; una parte grande de la fracción mezclada 23 está compuesta de partículas de polvo muy gruesas, mientras que la fracción 21 de finos contiene muy pocas de tales partículas de polvo gruesas. En otras palabras, el polvo transportado por la corriente de gas de combustión, aguas abajo de la región 70 de retorno de la fracción de derivación, se comportará esencialmente como una corriente de gas crudo con respecto a la obturación de la bolsa de filtro, mientras que al mismo tiempo comprende menos del 10% de la masa de polvo transportada inicialmente por la corriente de gas crudo 18.

Con referencia de nuevo a la fig. 1, un efecto adicional de derivar una porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18 es que en la región 70 de retorno de la fracción de derivación, la fracción de derivación, que es transportada por la porción de derivación 68 del gas crudo, será mezclada con la fracción de finos de partículas de polvo finas cargadas eléctricamente que permanecen en la porción 22 de gas limpiada en ESP. Cuando la mezcla de las dos fracciones ocurre, partículas de polvo finas, que están cargadas electrostáticamente después de haber pasado por el ESP 12, se aglomerarán con partículas relativamente gruesas, descargadas, derivadas, de modo que formen incluso partículas aglomeradas más gruesas. Las partículas aglomeradas son mantenidas juntas por fuerzas electrostáticas, fuerzas de van der Waals, y otras fuerzas coloidales, al efecto de que se impida que las partículas finas unidas a tales partículas aglomeradas penetren profundamente en el tejido de las bolsas de filtro. Este efecto contribuye incluso más a aumentar la porosidad de la capa de polvo sobre las bolsas de filtro 60. Con el fin de mejorar la mezcla de la corriente 22 de gas limpiado en ESP con la porción de derivación 68 de gas crudo, el conducto 36 está provisto con un mezclador estático opcional 71 justo aguas abajo de la región 70 de retorno de derivación. El mezclador estático 71 de la fig. 1, que también podría haber estado situado dentro de la región 70 de retorno de derivación, es mostrado como un conjunto de dos paletas mezcladoras dentro del conducto 36, incluso aunque muchos tipos diferentes de mezcladores estáticos son bien conocidos para los expertos en la técnica.

La fig. 3a es una vista lateral diagramática de una segunda realización de un sistema colector híbrido 10 de partículas de polvo. El sistema 10 de la fig. 3a comprende un precipitador electrostático (ESP) 12, que está conectado en serie con un filtro de bolsa 14, de manera similar a como se ha descrito antes con referencia a la fig. 1. El ESP 12 tiene una entrada 16 de ESP para gas crudo 18 cargado de partículas de polvo y una salida 20 de ESP.

De modo similar al ESP 12 de la fig. 1, el precipitador electrostático 12 de la fig. 3a está dividido en campos consecutivos, cuya operación puede ser controlada independientemente. En la fig. 3a, el ESP 12 está dividido en dos campos; un primer campo, y un segundo, último campo. Cada campo está provisto con un número de electrodos de descarga 30 y un

número de placas 32 de electrodos de recogida, como se esclarecerá adicionalmente más adelante con referencia a la fig. 3b. En la fig. 3a, sólo un electrodo de recogida 32 y dos electrodos de descarga 30 están, por razones de claridad, ilustrados esquemáticamente en sólo el primer campo del ESP 12.

5 Como se ha mostrado mejor en la fig. 3b, que es una vista superior esquemática del precipitador electrostático 12 de la fig. 3a, cada campo está, en este ejemplo, dividido en tres unidades independientes paralelas, denominadas secciones bus. Una sección bus es definida como una unidad individual del ESP 12, que tiene su propia alimentación de energía eléctrica para suministrar corriente al electrodo o electrodos de esa sección de bus. En el ejemplo de las figs. 3a-b, el primer campo tiene tres secciones de bus paralelas 74a-c, y el segundo campo tiene también tres secciones de bus 76a-c.

10 Cada sección de bus 74a-c, 76a-c está provista con electrodos de descarga 30 y placas 32 de electrodos de recogida. Cada una de las secciones de bus 74a-c, 76a-c está también provista con una fuente de corriente eléctrica independiente 34a-c, 36a-c, cada una de las cuales aplica una corriente y una tensión entre los electrodos de descarga respectivos 30 y las placas 32 de electrodos de recogida de esa sección de bus específica 74a-c, 76a-c. Cada una de las fuentes de corriente 34a-c, 36a-c es controlada individualmente por un sistema de control 40 (fig. 3a).

15 Todos los electrodos 30, 32 están dispuestos en un alojamiento 28, que comprende un embudo de entrada 27 y un embudo de salida 29.

20 De modo similar al sistema descrito antes con referencia a la fig. 1, el precipitador 12 de las figs. 3a-b está configurado de modo que reciba una corriente de gas crudo 18 procedente de un conducto 26 de gas crudo. La división del ESP 12 en secciones de bus paralelas, controladas individualmente 74a-c, 76a-c hace posible lograr un trayecto seleccionado 74b, 76b a través del ESP 12 inoperante. Esto puede ser hecho, por ejemplo, ajustando la corriente y la tensión a través de los electrodos de un subconjunto 74b, 76b de las secciones de bus 74a-c, 76a-c, a cero. Por ello una porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18 que no ha sido limpiada en ESP, que transporta una fracción de derivación del polvo desde la corriente de gas crudo 18, puede pasar a lo largo del trayecto desactivado 74b, 76b del ESP 12 sin ser limpiada por el ESP 12. La fracción de polvo de derivación transportada a lo largo del trayecto desactivado 74b, 76b del ESP 12 por la porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18 tiene esencialmente la misma composición de partículas, con respecto al tamaño, que la corriente de gas crudo 18 en el conducto de gas crudo 26.

25 La parte de derivación 68 es mezclada con la corriente 22 de gas limpiada en ESP en una región 70 de retorno de la fracción de derivación aguas abajo de los electrodos 30, 32 del ESP 12; en este ejemplo, la región 70 de retorno de la fracción de derivación está situada en la salida 20 del ESP 12. La salida 20 del ESP 12 es definida como la posición inmediatamente aguas abajo de los electrodos 30, 32 del último campo del ESP. En el ejemplo mostrado en la fig. 3b, esto significa que la salida 20 está situada aguas arriba del embudo de salida 29 del ESP 12.

30 Mezclando la fracción de partículas de polvo finas de la corriente 22 de gas limpiada en ESP con la fracción de derivación relativamente más basta de la parte de derivación 68 de la corriente de gas crudo, el polvo que entra en el filtro de bolsa 14 formará una torta de polvo más porosa sobre las bolsas de filtro 60 de lo que lo haría el polvo fino de la corriente 22 de gas limpiada en ESP solamente. En otras palabras, el trayecto desactivado 74b, 76b a través del ESP 12 de la fig. 3a-b tiene esencialmente la misma función que el conducto de derivación 66 de la fig. 1.

35 Las secciones de bus que han de ser desactivadas son seleccionadas por un sistema de control 40, o por un operador; de tal manera que la cantidad seleccionada 68 de gas crudo es hecha pasar a través del ESP 12 sin ser limpiada. De manera preferible, aproximadamente del 70 al 98%, e incluso más preferiblemente, del 80 al 97%, del gas crudo en el conducto 26 de gas crudo es limpiado por el ESP 12, mientras que aproximadamente del 2 al 30% restante, o más preferiblemente, del 3 al 20% del gas crudo en el conducto 26 de gas crudo es derivado a través de las secciones de bus desactivadas 74b, 76b a la región 70 de retorno de la fracción de derivación.

40 Un experto en la técnica es consciente de que, con el fin de activar una sección de bus, no es necesario disminuir la tensión y la corrientes sobre los electrodos de esa sección de bus a cero; es suficiente con disminuirla a un valor situado por debajo de un valor máximo seleccionado, a cuyo valor máximo la sección de bus se hace esencialmente inoperante con respecto a la eficiencia de eliminación del polvo.

45 De modo similar, no es necesario que el trayecto de derivación 74b, 76b esté dispuesto en secciones de bus separadas provistas con fuentes de energía eléctrica 34b, 36b. Una alternativa sería conectar los electrodos del trayecto de derivación 74b, 76b, a través de un interruptor de desactivación respectivo, a las fuentes de energía 34a, 36a. De esa manera, los electrodos del trayecto de derivación 74b, 76b pueden ser operados como esclavos de las secciones de bus 74a, 76a durante instantes en los que no se desea trayecto de derivación. Siempre que se desea un trayecto de derivación, los electrodos de la sección esclava 74b, 76b pueden ser desactivados desconectándolos de las fuentes de energía 34a, 36a por medio de los interruptores de desactivación.

Si se desea un trayecto de derivación permanente, es posible, durante la construcción del ESP, reservar un trayecto de

5 derivación a través del ESP 12 omitiendo simplemente prever una parte del ESP 12 con electrodos de descarga, y preferiblemente protegiendo o apantallando también este trayecto desde cualesquiera partes del ESP 12 que sean utilizables para limpiar gas. Esta alternativa también puede ser atractiva para actualizaciones o modificaciones de instalaciones existentes. Sin embargo, la capacidad de abrir o cerrar un trayecto de derivación a voluntad durante el funcionamiento del filtro abre también posibilidades adicionales, como se esclarecerá más adelante de manera adicional.

10 Como puede verse en las figs. 3a-b, el sistema de control 40 para controlar la operación de los electrodos 30, 32 de las secciones de bus 74a-c, 76a-c también está conectado a un sistema de control 64 para controlar la limpieza de las bolsas de filtro 60 del filtro de bolsa 14. En lugar de derivar continuamente una porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18, a veces es preferible variar la fracción de polvo derivada de una manera dependiente del tiempo. A modo de ejemplo, puede ser beneficioso derivar una fracción de derivación basta de polvo inmediatamente después de limpiar las bolsas de filtro 60, de tal manera que cuando el polvo comienza a depositarse de nuevo sobre las bolsas de filtro limpiadas 60, se depositará primero una capa de polvo más grueso. Cebando las bolsas de filtro 60 de esta manera, serán menos sensibles a la obturación por fracciones de polvo más finas recibidas desde el ESP. Un método para operar el sistema colector híbrido de partículas de polvo de las figs. 3a-b de modo que ceba las bolsas de filtro 60 con partículas de polvo relativamente gruesas será descrito a continuación con referencia a la fig. 4.

20 En la operación 110, el controlador 64 de filtro de bolsa inicia la limpieza de al menos una parte de las bolsas de filtro 60 del filtro de bolsa 14, por ejemplo liberando un chorro de aire comprimido, mediante las boquillas 62 de aire limpio, a la bolsa o bolsas de filtro 60 que han de ser limpiadas. Este acontecimiento desencadena, en la operación 112, una señal de limpieza del filtro de bolsa que ha de ser enviada al controlador 40 de ESP, que en este ejemplo actúa también como un controlador de derivación, de tal manera que el controlador 40 de ESP será informado de que las bolsas de filtro 60 están ahora limpiadas y expuestas a ser obturadas por polvo de finos.

25 Basándose en la señal de limpieza del filtro de bolsa, el controlador 40 de ESP, en la operación 114, abre un trayecto de derivación a través del ESP 12 a la región 70 de retorno de derivación desactivando todas las secciones de bus 74a-c, 76a-c, es decir el ESP 12 completo.

30 En la operación 116, el trayecto de derivación es mantenido abierto durante un tiempo de derivación, de tal manera que una parte de derivación seleccionada 68 de la corriente de gas crudo 18, que transporta una fracción de derivación de polvo, puede pasar. Esta fracción de derivación, que tiene una composición de partículas de polvo más basta que el polvo transportado por la corriente 22 de gas limpiada en ESP antes de desactivar el ESP 12, cebará a continuación las bolsas de filtro limpiadas 60.

Después de haber permitido que la porción de derivación 68 pase por el trayecto de derivación, es decir el ESP 12, las secciones de bus 74a-c, 76a-c son una vez más reactivadas de modo que reanuden la operación de retirada de polvo, normal, del ESP 12.

35 Con el fin de derivar una porción de derivación adecuada 68 de gas crudo a la región 70 de retorno de derivación, el tiempo de derivación, es decir la duración de derivación, está basado preferiblemente en la frecuencia de derivación, que en el ejemplo anterior es idéntica a la frecuencia de limpieza del filtro de bolsa. Preferiblemente, el tiempo de derivación es seleccionado de modo que mantenga la derivación abierta entre el 2 y el 30%, y más preferiblemente, entre el 3 y el 20% del tiempo.

40 Como una alternativa a derivar todo el flujo de gas de combustión a través del ESP, también es posible desactivar sólo unas pocas secciones de bus, correspondientes a la capacidad de flujo de gas deseada del trayecto de derivación, cuando se abre la derivación. A modo de ejemplo, cuando se abre el trayecto de derivación en la operación 114, el trayecto de derivación puede estar limitado a las secciones de bus 74b, 76b inhabilitando sólo las fuentes de energía 34b, 36b. Además, también es posible abrir un trayecto de derivación ya existente, de tal manera que un flujo de derivación ya existente es aumentado, o cerrar un derivación de tal manera que el flujo de derivación es reducido. En otras palabras, una derivación ya abierta puede ser abierta incluso más, o un grado de apertura de una derivación abierta puede ser reducido sin cerrar completamente la derivación.

50 En sistemas híbridos de partículas que tienen una larga distancia desde el ESP 12 al filtro de bolsa 14, puede ser beneficioso iniciar la limpieza del filtro de bolsa 14 un corto periodo de tiempo después de abrir el trayecto de derivación, de tal manera que la fracción de derivación llegará al compartimiento de entrada 54 del filtro de bolsa 14 justo a tiempo para la limpieza de la bolsa o bolsas 60.

Como puede verse en las figs. 3a-b, el sistema de control 40 para controlar la operación de los electrodos 30, 32 de las secciones de bus 74a-c, 76a-c también está conectado al sistema 25 de control de caldera. La apertura y cierre de un trayecto de derivación pueden por tanto también ser controladas basándose en eventos que tienen lugar en la caldera 24 (fig. 1). Tales eventos pueden ser a modo de ejemplo, eventos que afecta a la composición de las partículas de gas crudo

- transportadas por la corriente de gas crudo 18, de tal manera que se motive un cambio en el flujo de derivación. Un ejemplo particular es la puesta en marcha de una caldera que quema carbón, que utiliza petróleo como un combustible de puesta en marcha para precalentar la caldera. La combustión del petróleo puede producir partículas de polvo más finas que la combustión de carbón; la derivación del gas de combustión de petróleo a un filtro de barrera es por ello en la mayoría de los casos no deseada. Además, el gas de combustión procedente de la combustión de petróleo puede contener residuos de aerosol de petróleo, que pueden atascar el material de la bolsa de filtro de un filtro de bolsa 14 y por tanto dañar permanentemente las bolsas de filtro 60. La fig. 5 ilustra un ejemplo de un procedimiento de puesta en marcha para operar el sistema colector híbrido 10 de partículas de polvo de las figs. 3a-b.
- 5
- En la operación 210, el sistema 25 de control de caldera transmite una señal de aviso de puesta en marcha al controlador 40 de ESP, con el fin de notificar al controlador 40 de ESP que la caldera 24 (fig. 1) será sometida a un procedimiento de puesta en marcha.
- 10
- Basándose en la señal de aviso de puesta en marcha, el controlador de ESP en la operación 212 verifica que el ESP 12 está en funcionamiento y que cualesquiera derivaciones están cerradas. El controlador 40 de ESP transmite una señal de verificación al sistema 25 de control de caldera.
- 15
- En respuesta a la señal de verificación, la combustión en la caldera 24 es, en la operación 214, iniciada por el sistema 25 de control de caldera o por un operador. En esta operación, la caldera 25 es puesta en marcha utilizando un combustible a base de petróleo.
- En la operación 216, el trayecto de derivación es mantenido cerrado, es decir todas las secciones de bus 74a-c, 76a-c del ESP 12 son mantenidas operativas, mientras la caldera 24 está funcionando con petróleo o una mezcla de petróleo y carbón.
- 20
- En la operación 218, el sistema 25 de control de caldera cambia sobre la caldera 24 a combustión de carbón. Después de haber verificado que se ha obtenido la operación normal, estable de la caldera, es decir que la caldera 24 ha sido hecha funcionar sobre un 0% de petróleo durante un período predeterminado de tiempo, el sistema 25 de control de caldera transmite una señal de verificación de operación normal al controlador de ESP.
- 25
- Basándose en la señal de verificación del sistema 25 de control de caldera, el controlador 40 de ESP, en la operación 220, abre un trayecto de derivación a través del ESP, por ejemplo desactivando las secciones de bus 74b, 76b. El trayecto de derivación así formado permitirá ahora una porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18, transportando dicha porción de derivación 68 una fracción de derivación de polvo, para derivar el ESP 12 y ser mezclada con la corriente 22 de gas limpiado en ESP en la región 70 de retorno de derivación.
- 30
- Utilizando este procedimiento de puesta en marcha, es posible evitar transferir una fracción de derivación potencialmente perjudicial del polvo de gas crudo mientras la caldera funciona con petróleo. Esto es de uso particular en un sistema colector híbrido de partículas de polvo optimizado para la limpieza del gas de combustión procedente de un proceso de combustión de carbón.
- Los métodos descritos antes con referencia a las figs. 4-5 están basados simplemente en ejemplos de situaciones en las que puede ser deseable controlar la derivación basándose en eventos que tienen lugar en el equipo aguas arriba o aguas abajo del colector híbrido 10 de partículas. Se ha apreciado que muchas de tales situaciones resultarán evidentes para un experto en la técnica; a modo de ejemplo, también puede ser deseable disminuir un flujo de derivación durante el soplado de hollín de la caldera 24. Otra situación cuando es deseable reducir, o incluso cerrar, la derivación es cuando se ha detectado que una o varias de las bolsas de filtro 60 han sido dañadas, siendo detectado tal daño de una o varias bolsas de filtro 60 por el sistema de control 64, o por un nivel de partículas de polvo detectado en el apilamiento 52 que sobrepasa un valor de umbral predeterminado.
- 35
- 40
- Evidentemente, los métodos descritos antes con referencia a las figs. 4-5 no están limitados a su uso en conjunción con el sistema colector híbrido de partículas de polvo de las figs. 3a-b; también pueden ser ventajosamente combinados con la realización de la fig. 1. Con este fin, la válvula de control de derivación 72 de la fig. 1 puede estar configurada de manera que responda a señales de control procedentes de cualquiera de los sistemas de control 25, 40 ó 64. Los métodos también pueden ser combinados con la realización que será descrita a continuación con referencia a la fig. 6.
- 45
- El sistema colector híbrido 10 de partículas de polvo de la fig. 6 comprende un precipitador electrostático (ESP) 12, que está conectado en serie con un filtro de bolsa 14, de una forma similar a la que se ha descrito antes con referencia a las figs. 1 y 3a-b. El ESP 12 tiene una entrada 16 de ESP para una corriente de gas crudo 18, cargada de partículas de polvo, y una salida 20 de ESP para una corriente 22 de gas limpiada en ESP.
- 50
- Similar a los precipitadores de las figs. 1 y 3a-b, el precipitador electrostático 12 de la fig. 6 está dividido en campos consecutivos, cuyo funcionamiento, incluso aunque no es necesario, puede ser controlado de manera independiente. En

la fig. 6, el ESP 12 está dividido en dos campos: un primer campo, y un segundo, último campo. Cada campo está provisto con un número de electrodos de descarga 30 y un número de placas 32 de electrodos de recogida; de nuevo, sólo los electrodos 30, 32 del primer campo del ESP 12 están ilustrados esquemáticamente por razones de claridad. La energía eléctrica es suministrada al primer campo por medio de una primera alimentación de energía 34, y al segundo campo por medio de una segunda alimentación de energía 36. El primer campo del ESP 12 está además provisto con una tolva 41 de primer campo, que está dispuesta por debajo de las primeras placas 32 de electrodo de recogida de campo, de tal modo que, cuando las placas 32 de electrodos de recogida de campo son golpeadas, una porción recogida de partículas de polvo de gas crudo 44 caerá desde las placas 32 de electrodos de recogida a la tolva 41 del primer campo. El segundo campo también está provisto con una tolva 42.

Como se ha explicado antes con referencia a la fig. 1, el ESP 12 por sus principios operativos fundamentales elimina las partículas gruesas de manera más eficiente de la que elimina las partículas finas. Esto significa que la parte de recogida 44 de las partículas de polvo de gas crudo, que han sido recogidas por el primer campo, son más gruesas que las partículas de polvo recogidas por el segundo campo, que a su vez son más gruesas que las partículas de polvo finas que permanecen en la corriente 22 de gas limpiada en ESP. De hecho, la composición de partículas de la parte de recogida 44 es típicamente incluso más basta que la composición de las partículas arrastradas con la corriente de gas crudo 18.

El sistema colector híbrido 10 de partículas de polvo de la fig. 6 está provisto con un conducto de derivación 66, que está conectado entre la tolva 41 del primer campo y una región 70 de retorno de fracción de derivación. El conducto de derivación 66 está configurado de modo que transfiera una fracción de derivación de la parte de recogida 44 de partículas de polvo de gas crudo recogidas por el primer campo del ESP 12. Con el fin de facilitar la transferencia, el conducto de derivación está provisto con una soplante 72 de aire comprimido, para soplar la fracción de derivación de dichas partículas de gas crudo a lo largo del conducto de derivación 66 a la región 70 de retorno de la fracción de derivación. Devolviendo una porción de la fracción gruesa 44 recogida en el primer campo a la región 70 de retorno de fracción de derivación, puede obtenerse una torta de polvo incluso más porosa sobre el filtro de bolsa 14 de lo que sería posible utilizando polvo de gas crudo transportado directamente por una porción de derivación 68 de la corriente de gas crudo 18.

En las realizaciones descritas anteriormente, con referencia a las figs. 1 a 5, la cantidad de polvo que ha de ser transferida a la región 70 de retorno de derivación puede ser controlada variando el caudal de una porción de derivación 68 de gas crudo, por ejemplo variando el flujo a través de una válvula de control o el tamaño de un trayecto de derivación a través de un ESP. En la realización de la fig. 6, la cantidad de polvo que ha de ser transferida a la región 70 de retorno de derivación puede ser controlada, a modo de ejemplo, alimentando polvo recogido 44 a la soplante 72 de aire comprimido a un caudal seleccionado. Un experto en la técnica comprende que hay muchas alternativas a una soplante de aire 72. A modo de ejemplo, puede utilizarse un transportador de tornillo, o puede transportarse el polvo recogido por la fuerza de la gravedad en un transportador de lecho fluidificado a la región 70 de retorno de la fracción de derivación.

En resumen, se ha descrito anteriormente un sistema colector híbrido de partículas de polvo, que comprende un precipitador electrostático en serie con un filtro de bolsa, para limpiar una corriente de gas de combustión. El sistema está provisto con medios de derivación para derivar una fracción basta del polvo contenido en la corriente de gas de combustión a una posición aguas abajo del precipitador electrostático. La fracción basta comprende un porcentaje de masa de partículas de polvo que cae por debajo de $1\ \mu\text{m}$ de diámetro que es menor que el porcentaje de masa de partículas de polvo que caen por debajo de $1\ \mu\text{m}$ que permanece en la fracción de polvo de finos transportada por el gas limpiado por el precipitador electrostático. Preferiblemente, la fracción basta comprende también un porcentaje de masa de partículas de polvo que excede de $30\ \mu\text{m}$ de diámetro que es mayor que el porcentaje de masa de las partículas de polvo que exceden de $30\ \mu\text{m}$ que permanece en la fracción de polvo de finos transportada por el gas limpiado por el precipitador electrostático. Transfiriendo una fracción de derivación basta de las partículas de polvo a una región de retorno de derivación aguas abajo del precipitador electrostático, puede obtenerse una caída de presión menor sobre el filtro de bolsa. Esto proporciona ahorros de energía, ya que se requiere menos energía para extraer el flujo de gas a través del filtro de bolsa. Además, es posible prolongar los intervalos de limpieza del filtro de bolsa, que a su vez reducirán el desgaste del tejido del filtro, y/o reducirán la emisión total de partículas.

El invento ha sido descrito principalmente antes con referencia a distintas realizaciones ejemplares. Sin embargo, como es apreciado fácilmente por un experto en la técnica, otras realizaciones diferentes a las descritas anteriormente son igualmente posibles dentro del marco del invento, como ha sido definido por las reivindicaciones de patente adjuntas.

Por ejemplo, en los ejemplos anteriores, un filtro de tejido del tipo de filtro de bolsa es hecho funcionar de modo que acumule polvo sobre el exterior de las bolsas de filtro. El filtro puede también ser operado en sentido inverso, es decir de modo que acumule polvo dentro de las bolsas de la manera bien conocida por los expertos en la técnica. En lugar de, o en combinación con filtros de bolsa, también otros tipos de filtros de tejido, así como filtros de barrera en general, pueden ser utilizados para poner en práctica el invento. Un ejemplo de tales filtros de barrera son los filtros de cerámica del tipo descrito en el documento US 4.862.813. Además, el invento puede ser utilizado en combinación con calderas para la combustión de muchos tipos diferentes de combustible, tales como carbón, residuos, turba, y combustible de biomasa,

tales como virutas de madera. De hecho, el invento no está limitado a limpiar gas de combustión procedente de una caldera; también otros tipos de gas cargado de polvo, que emanan de otros tipos de procesos, incluyendo procesos metalúrgicos, pueden ser limpiados por medio del invento.

- 5 Aunque, en las realizaciones descritas en detalle anteriormente, el precipitador electrostático y el filtro de barrera están ilustrados como componentes separados, pueden también estar dispuestos en el mismo alojamiento. E incluso aunque la caldera, ESP, y los controladores 25, 40, 64 del filtro de barrera están ilustrados como componentes separados, pueden, de hecho, ser puestos en práctica sobre la misma placa de circuito impreso, en el mismo ordenador, o en el mismo software en el mismo ordenador. Los controladores 25, 40, 64 pueden también, por ese motivo, estar separados en más de tres unidades de control separadas.
- 10 Una fracción de derivación puede ser transferida a través de uno o varios conductor de derivación, a través de uno o varios trayectos inactivos en un ESP, o a través de una combinación de conductos de derivación y trayectos inactivos, a un número arbitrario de regiones de retorno de fracción de derivación aguas debajo de las partes activas del ESP.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para eliminar partículas de polvo de una corriente de gas crudo (18), que comprende partículas de polvo de gas crudo, en un sistema colector híbrido (10) de partículas de polvo que comprende un precipitador electrostático (12), y un filtro de barrera (14) situado aguas abajo, con respecto a una dirección de flujo de gas principal a través del sistema (10), de dicho precipitador electrostático (12), comprendiendo el método
- 5 limpiar al menos una parte mayoritaria de la corriente de gas crudo (18) en el precipitador electrostático (12), con el fin de obtener una parte de corriente (22) de gas limpiado en ESP, y estando caracterizado por
- transferir una fracción de derivación de dichas partículas de polvo de gas crudo a una región (70) de retorno de fracción de derivación situada en una salida (20) de dicho precipitador electrostático (12) o aguas abajo de la misma, y aguas arriba de dicho filtro de barrera (14), teniendo dicha fracción de derivación una composición de partículas de polvo más basta comparada con la composición de partículas de polvo que permanecen en la porción de corriente (22) de gas limpiado en ESP.
- 10 2.- Un método según la reivindicación 1, en el que dicha fracción de derivación es transportada a dicha región (70) de retorno de fracción de derivación por una porción de derivación (68) que no ha sido limpiada en ESP de dicha corriente de gas crudo (18).
- 15 3.- Un método según la reivindicación 2, en el que dicha porción de derivación (68) no limpiada en ESP es transferida desde una región de entrada de derivación aguas arriba del precipitador electrostático (12) a dicha región (70) de retorno de fracción de derivación por medio de un conducto de derivación (66).
- 4.- Un método según la reivindicación 2, en el que dicha porción de derivación (68) no limpiada en ESP es transferida a dicha región (70) de retorno de fracción de derivación mediante un trayecto de derivación a través de una parte inactiva (74b, 76b) de dicho precipitador electrostático (12), de tal modo que dicha porción de derivación (68) que no ha sido limpiada en ESP es transferida a través del precipitador electrostático (12) sin ser limpiada por medio de un campo eléctrico.
- 20 5.- Un método según la reivindicación 4, que comprende además desactivar temporalmente al menos una parte (74b, 76b) del precipitador electrostático (12), de modo que se cree dicho trayecto de derivación.
- 25 6.- Un método según la reivindicación 1, en el que dicha fracción de derivación comprende una parte de las partículas de polvo (44) separada de la porción de corriente (22) de gas limpiado en ESP en un primer campo del precipitador electrostático (12).
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha fracción de derivación de dichas partículas de polvo de gas crudo asciende a un 2 - 30%, en masa, de la cantidad total de partículas de polvo en la corriente de gas crudo (18).
- 30 8.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además ajustar la cantidad de fracción de derivación que ha de ser transferida a la región (70) de retorno de fracción de derivación a una cantidad seleccionada de fracción de derivación.
- 35 9.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además controlar, basándose en un evento en equipo (24, 25, 14, 64) aguas abajo o aguas arriba del precipitador electrostático (12), la cantidad de fracción de derivación que ha de ser transferida a la región (70) de retorno de fracción de derivación.
- 10.- Un método según la reivindicación 9, en el que la transferencia de dicha fracción de derivación es controlada basándose en el inicio (110) de una limpieza del filtro de barrera (14), de tal manera que el filtro de barrera (14) es cebado por la fracción de derivación.
- 40 11.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo para eliminar partículas de polvo de una corriente de gas crudo (18), que comprende partículas de polvo de gas crudo, comprendiendo el sistema (10) un precipitador electrostático (12) y un filtro de barrera (14), estando conectado dicho filtro de barrera (14) aguas abajo de dicho precipitador electrostático (12), estando configurado el precipitador electrostático (12) para limpiar al menos una parte importante de la corriente de gas crudo (18) de modo que obtenga una parte de corriente (22) de gas crudo limpiada en ESP, estando caracterizado el sistema por
- 45 un dispositivo de transferencia configurado para transferir una fracción de derivación de dichas partículas de polvo de gas crudo a una región (70) de retorno de fracción de derivación situada en o aguas abajo de una salida (20) de dicho precipitador electrostático (12), y aguas arriba de dicho filtro de barrera (14), estando configurado el dispositivo de transferencia para transferir una fracción de derivación que tiene una composición de partículas de polvo más basta
- 50

comparada con la composición de las partículas de polvo que permanecen en la parte de corriente (22) de gas limpiada en ESP.

- 5 12.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según la reivindicación 11, estando configurado dicho dispositivo de transferencia para transferir dicha fracción de derivación a dicha región (70) de retorno de fracción de derivación transportada por una porción de derivación (68) que no ha sido limpiada en ESP de dicha corriente de gas crudo (18).
- 13.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según la reivindicación 12, en el que dicho dispositivo de transferencia comprende un conducto de derivación (66), que conecta una región de entrada de derivación aguas arriba del precipitador electrostático (12) a dicha región (70) de retorno de fracción de derivación.
- 10 14.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según la reivindicación 13, en el que dicho conducto de derivación (66) está provisto con una válvula de control (72).
- 15.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según la reivindicación 11, en el que dicho dispositivo de transferencia comprende un trayecto de derivación a través de una parte inactiva (74b, 76b) de dicho precipitador electrostático, de tal manera que dicha porción de derivación (68) que no ha sido limpiada en ESP puede ser transferida a través del precipitador electrostático sin ser limpiada por medio de un campo eléctrico.
- 15 16.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según la reivindicación 15, en el que dicho dispositivo de transferencia comprende un controlador (40), que está configurado para, durante el funcionamiento del sistema colector híbrido (10) de partículas de polvo, desactivar temporalmente al menos una parte del precipitador electrostático (12) de modo que cree dicho trayecto de derivación, de tal manera que dicha porción de corriente (68) de gas que no ha sido limpiada en ESP puede ser transferida a través del precipitador electrostático sin ser limpiada.
- 20 17.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según la reivindicación 11, en el que dicho dispositivo de transferencia comprende un conducto de derivación (66), que conecta una tolva (41) de recogida de polvo de un primer campo del precipitador electrostático a dicha región (70) de retorno de la fracción de derivación, estando configurado dicho conducto de derivación (66) para transferir el polvo recogido (44) que ha sido separado desde dicha corriente (22) de gas limpiada en ESP a dicha región (70) de retorno de derivación.
- 25 18.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, en el que dicho dispositivo de transferencia está adaptado para transferir del 2 al 30%, en masa, de la cantidad total de partículas de polvo en la corriente de gas crudo (18).
- 30 19.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, comprendiendo además dicho dispositivo de transferencia un sistema de control (40) para controlar la transferencia de la fracción de derivación a la región (70) de retorno de la fracción de derivación.
- 20.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según la reivindicación 19, estando configurado dicho sistema de control (40) para controlar, basándose en un evento en un equipo (24, 25, 14, 64) aguas abajo o aguas arriba del precipitador electrostático (12), la cantidad de fracción de derivación que ha de ser transferida a la región (70) de retorno de la fracción de derivación.
- 35 21.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según la reivindicación 20, estando configurado dicho sistema de control (40) para controlar dicha transferencia de dicha fracción de derivación basándose en la iniciación (110) de una limpieza del filtro de barrera (14), de tal manera que el filtro de barrera (14) es cebado por la fracción de derivación.
- 22.- Un sistema colector híbrido de partículas de polvo según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 21, en el que el precipitador electrostático (12) y dicho filtro de barrera (14) están comprendidos en el mismo alojamiento.

40

Fig. 2

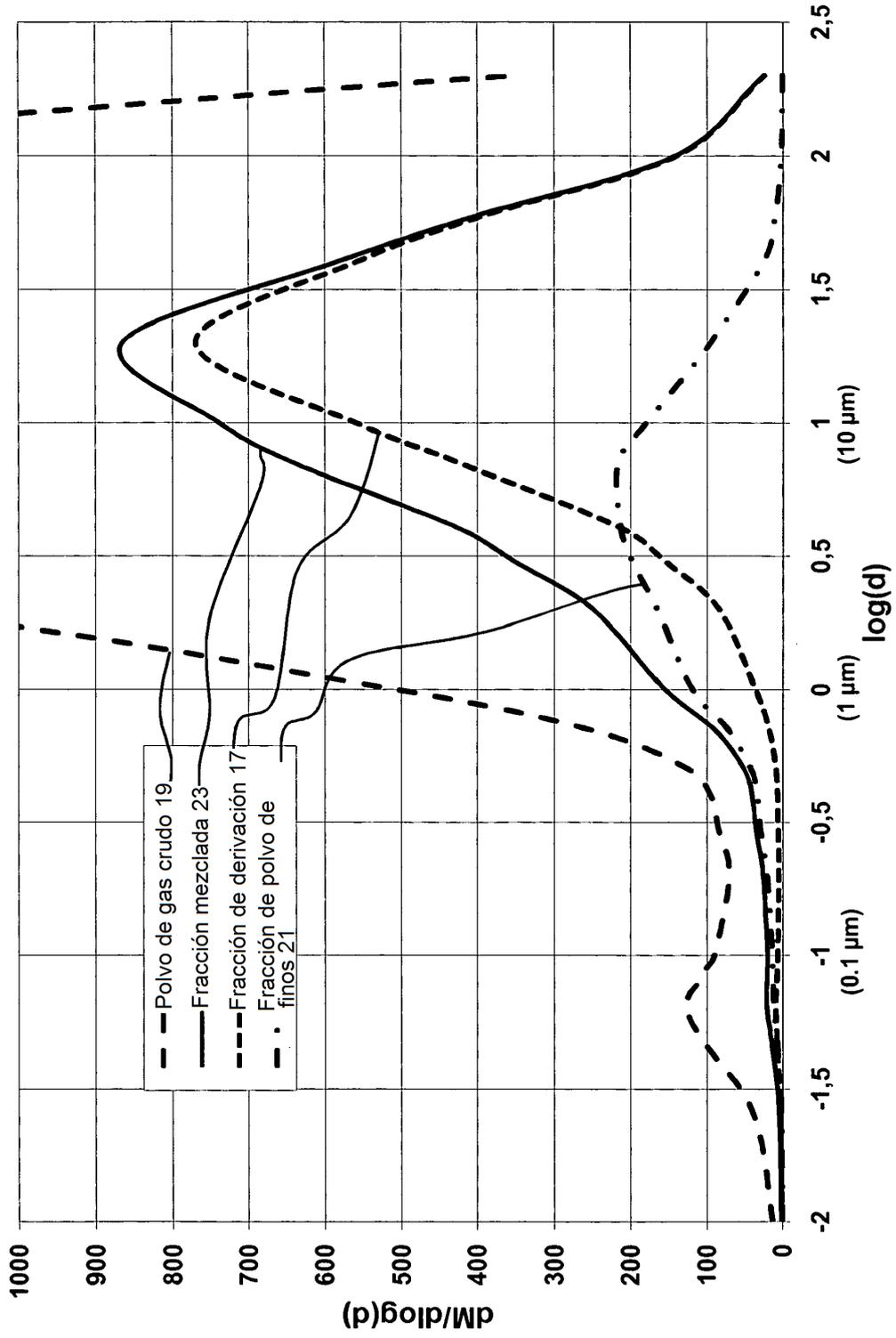


Fig. 3a

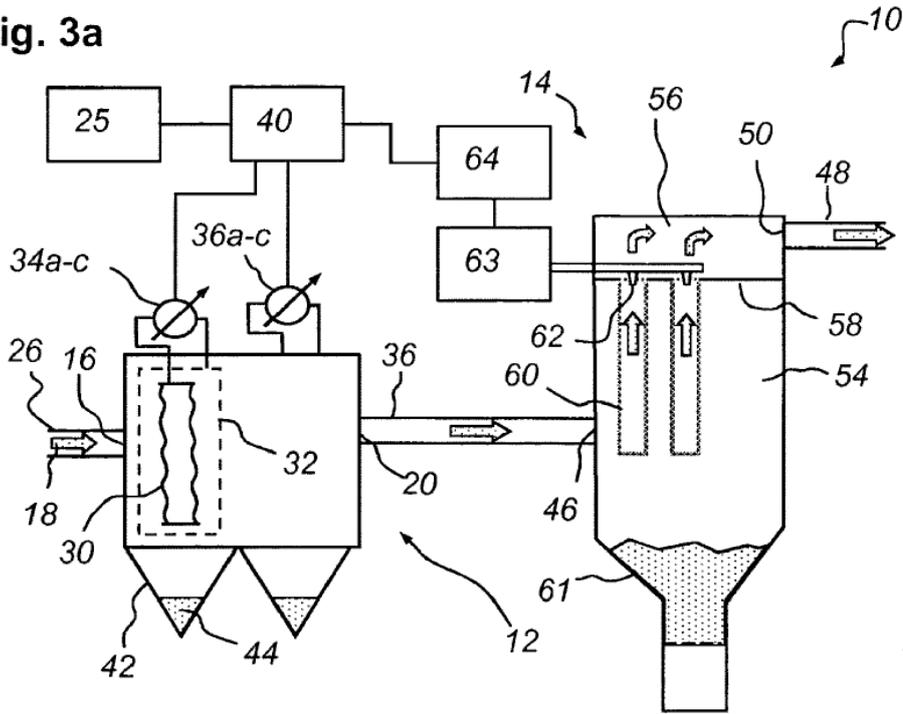


Fig. 3b

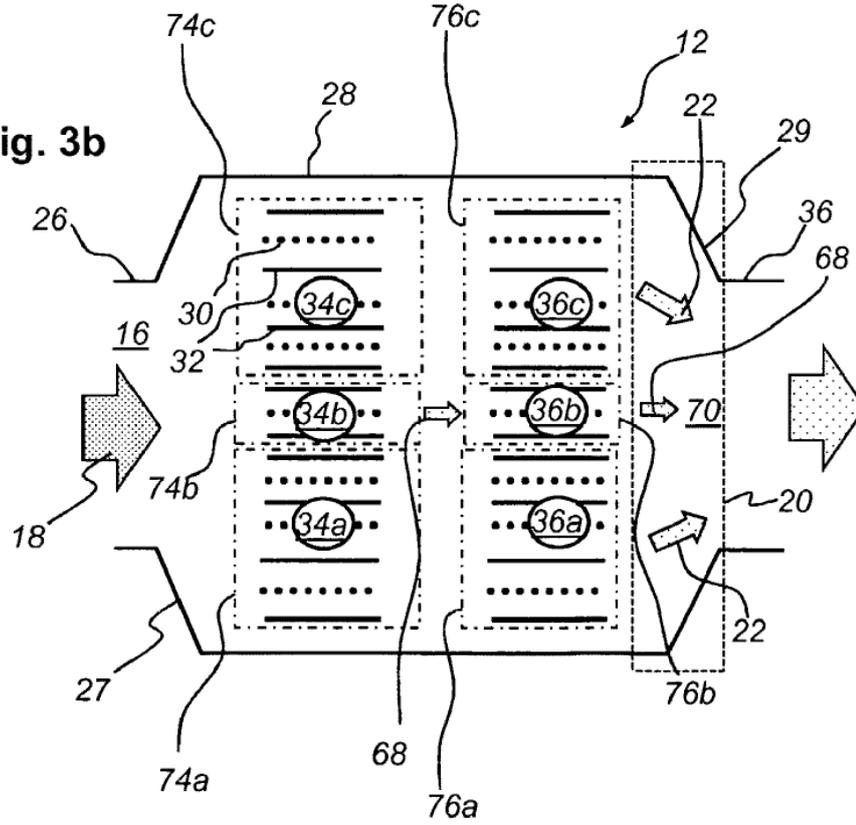


Fig. 4

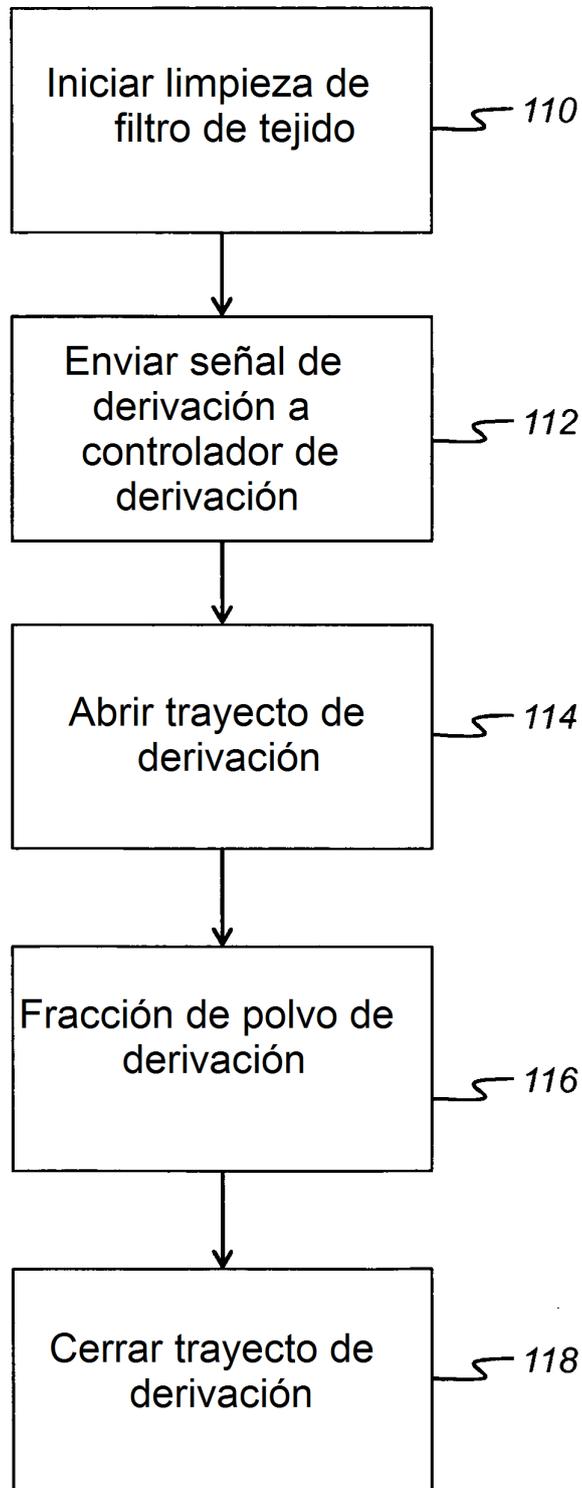


Fig. 5

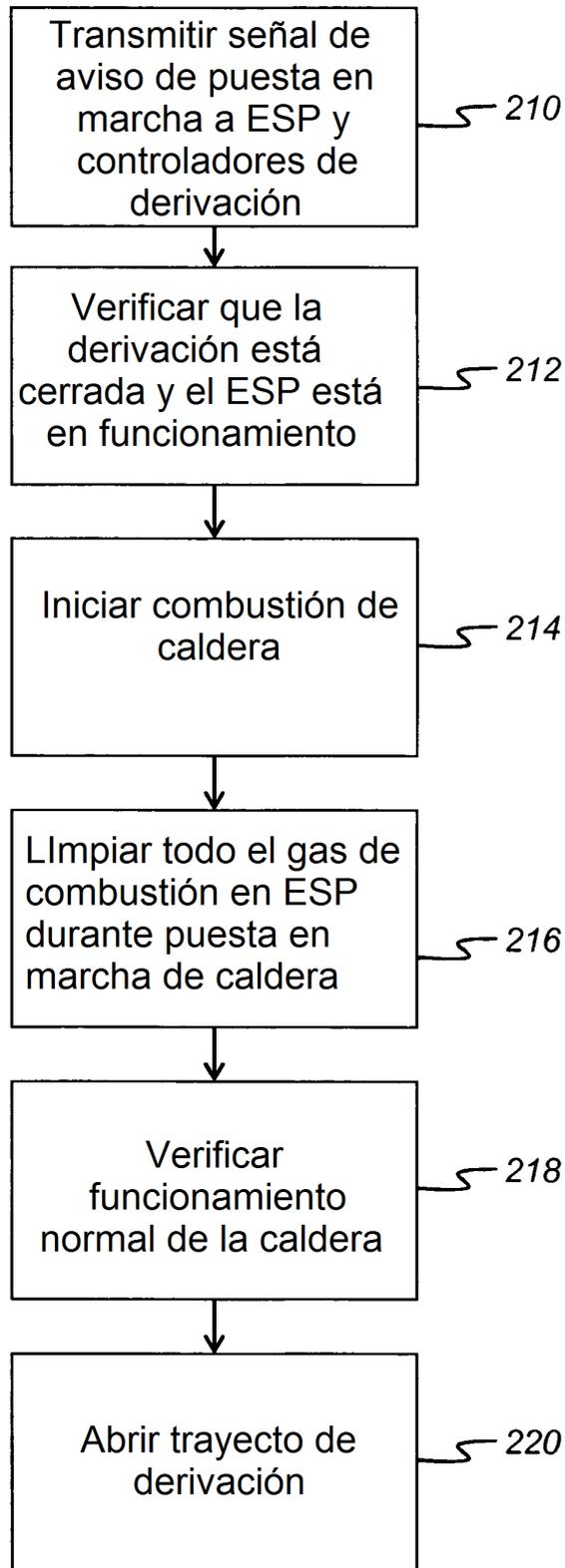


Fig. 6

