

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 363**

51 Int. Cl.:
B01D 53/64 (2006.01)
B01D 53/10 (2006.01)
B01J 20/20 (2006.01)
B01J 20/30 (2006.01)
B01J 20/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04754074 .5**
96 Fecha de presentación: **01.06.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1628743**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.03.2006**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA ELIMINACIÓN DE MERCURIO DEL GAS DE ESCAPE EN LA COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS.**

30 Prioridad:
03.06.2003 US 453140

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.11.2011

73 Titular/es:
**ALSTOM TECHNOLOGY LTD
BROWN BOVERI STRASSE 7
5400 BADEN, CH**

72 Inventor/es:
**SRINIVASACHAR, Srivats y
KANG, Shin, G.**

74 Agente: **Cobo de la Torre, María Victoria**

ES 2 369 363 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).

DESCRIPCION

Procedimiento para la eliminación de mercurio del gas de escape en la combustión de combustibles sólidos.

5 **Campo de aplicación**

(0001) la presente invención se refiere a dispositivos y a un procedimiento para la eliminación de mercurio de los productos de la combustión de combustibles sólidos, aquí incluidos los gases de escape, y más concretamente se refiere esta invención a dispositivos y a un procedimiento para la eliminación del mercurio elemental ó de compuestos de mercurio de los gases de escape en la combustión de carbón.

(0002) El empleo de carbón activado para la adsorción de vapor de mercurio se ha demostrado con éxito en distintas aplicaciones como, por ejemplo, en la incineración de basuras domésticas. Existen, sin embargo, unas significativas diferencias en la concentración del mercurio procedente de las incineradoras de basuras, en comparación con el mercurio de las plantas de energía con combustión de carbón, siendo la concentración de éstas últimas plantas, en cualquier caso, de 10 hasta 100 veces más baja. Asimismo, el mercurio de las incineradoras de basuras se presenta normalmente en la forma de cloruro de mercurio, mientras que el mercurio procedente de las plantas de energía con combustión de carbón tiene normalmente la forma de mercurio elemental. Estas dos diferencias hacen más difícil eliminar el mercurio del gas de escape de una planta de energía con combustión de carbón.

(0003) El factor de utilización para carbón activado está limitado a causa del tamaño de unas partículas relativamente grandes así como debido a la reducida zona de superficie que delimita la adsorción del mercurio. Empleando un carbón activado con un tamaño medio de partículas de aproximadamente 5 micras, y con un tamaño punta de 10 micras, aproximadamente, se podría mejorar la eficiencia en la captura del mercurio; sin embargo, el almacenamiento, la manipulación, el transporte y la dispersión de estas partículas resultan ser extremadamente difíciles. Por consiguiente, es demasiado costoso el empleo de carbón activado para la captura del mercurio en las plantas de energía con combustión de carbón. Para este tipo de aplicación, el empleo del carbón activado es bastante reducido, con una relación molar mínima entre carbón y mercurio de 10.000 a 1.

(0004) Otro tipo de carbón que ha sido propuesto para la captura del mercurio de los gases de escape consiste en el negro de carbón. El negro de carbón es una forma de carbón finamente dividido y producido por una combustión incompleta ó por la descomposición térmica de un hidrocarburo combustible. La forma más corriente del negro de carbón es conocido como negro de horno ú hollín que se produce por la combustión de gas natural ó de petróleo dentro de un horno cerrado, con aproximadamente un 50 % del aire que normalmente es necesario para una combustión completa. La zona de superficie exterior del negro de carbón es de aproximadamente 100 veces la zona de superficie exterior del carbón activado. Esto podría tener como resultado una significativa reducción en la relación molar entre C y Hg para una efectiva captura del mercurio, en comparación con el carbón activado. Teniendo en cuenta que el precio del mercado para el negro de carbón es similar al precio para el carbón activado, resulta que aquí existe un potencial para una importante reducción en los costos.

(0005) La generación del negro de carbón para la captura del mercurio procedente de una incineradora de desperdicios está revelada en la Solicitud de Patente Internacional Núm. PCT/SE93/00163 (Número de Publicación Internacional WO 93/20926). Esta generación está caracterizada por la combustión de un combustible con cierta deficiencia en oxígeno, dentro de una incineradora separada, así como por la inyección de un gas de escape, cargado de hollín, hacia dentro del gas de escape procedente de la incineradora de desperdicios. Sin embargo, una combustión con deficiencia en oxígeno conduce también a la generación de otros contaminantes como, por ejemplo, al monóxido de carbono y a unos hidrocarburos sin quemar. Incluso si el gas de escape procedente del generador del negro de carbón habría de ser inyectado corriente arriba de un dispositivo de eliminación de gas ácido como puede ser, por ejemplo, un depurador de gas de escape, el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar no serían destruidos ni eliminados.

(0006) Otro problema en relación con la aplicación del negro de carbón y con los procedimientos según el anterior estado de la técnica, basados en carbón activado para la captura del mercurio de las incineradoras, e incluso para la captura del mercurio de las plantas de energía con combustión de carbón, consiste en el hecho de que las incineradoras de desperdicios tienen unos elevados niveles de cloro y, tal como anteriormente indicado, el mercurio se presenta dentro de los gases de escape principalmente en forma del cloruro de mercurio. En las plantas de energía con combustión de carbón, el mercurio es normalmente un mercurio elemental. Si bien el negro de carbón y el carbón activado son de una afinidad relativamente elevada para la adsorción del cloruro de mercurio, los mismos tienen, sin embargo, una afinidad relativamente reducida en cuanto a la adsorción del mercurio elemental.

(0007) A través de las Patentes Europeas Núms. EP 0 253 563 A1 y EP 1 275 430 A2 y de la Patente Núm. 5 854 173 de los Estados Unidos son conocidos unos procedimientos para la eliminación del mercurio de los gases de escape en la combustión de combustibles sólidos.

(0008) El procedimiento descrito en la Patente Europea Núm. 0 253 563 A1 emplea el carbón activado con un tamaño medio de partículas de solamente unas pocas micras ó aún menos.

(0009) El procedimiento descrito en la Patente Europea Núm. EP 1 275 430 A2 emplea un sorbente carbonoso para extraer las emisiones de mercurio de los gases de escape; en este caso, el tamaño medio d_{50} del sorbente carbonoso puede oscilar entre 10 μm y 30 μm .

- 5 (0010) De la Patente Num. 5 854 173 de los Estados Unidos es sabido que se puede generar un sorbente que consiste en un material de soporte y en un material de recubrimiento que contiene carbón.

Resumen de la invención

- 10 (0011) Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento para la captura del mercurio de una planta de energía con combustión de carbón mediante un sorbente carbonoso y sin emitir otros contaminantes que puedan ser generados en la producción de este sorbente carbonoso. La presente invención comprende la producción del sorbente carbonoso así como la eliminación de contaminantes que puedan ser generados durante la producción del sorbente. Esta invención también puede implicar el tratamiento del sorbente carbonoso con el fin de perfeccionar la captura del mercurio elemental.

15 (0012) De acuerdo con un aspecto de la presente invención queda proporcionado un procedimiento para la eliminación del mercurio de los productos de la combustión de unos combustibles sólidos, conforme a lo indicado en la reivindicación 1).

20 (0013) Según otro aspecto de la presente invención resulta que son proporcionados unos procedimientos para la eliminación del mercurio de los productos de la combustión de combustibles sólidos, conforme a indicado en las reivindicaciones secundarias.

25 (0014) En relación con el empleo de los aparatos de la presente invención es así que los productos de la combustión de combustibles sólidos pueden comprender unas cenizas volátiles, generadas por la combustión del carbón, y los medios para la separación del sorbente carbonoso, que ha absorbido el mercurio de los productos de la combustión de combustibles, comprenden, de forma preferente, un clasificador con capacidad de separar el sorbente carbonoso de unas cenizas volátiles relativamente más gruesas y más densas. También en relación con el empleo de los aparatos de la presente invención es así que los productos de la combustión del combustible pueden comprender unos gases de escape, que son generados por la combustión de carbón, y que el sorbente carbonoso adsorbe de estos gases de escape por lo menos el mercurio elemental ó unos compuestos de mercurio. Otros objetos así como las ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto en los planos adjuntos y en la especificación.

Breve descripción de los planos

30 (0015) La presente invención puede ser comprendida mejor y los numerosos objetos y ventajas de la misma podrán ser apreciados más claramente por las personas familiarizadas con este ramo técnico por hacer referencia a los planos adjuntos, en los cuales:

35 La Figura 1 muestra la vista esquematizada de una primera forma de realización de un sistema conforme a la presente invención para la eliminación del mercurio elemental ó de compuestos de mercurio de los gases de escape en la combustión de carbón;

40 La Figura 2 indica la vista esquematizada de una segunda forma de realización de un sistema conforme a la presente invención para la eliminación del mercurio elemental ó de compuestos de mercurio de los gases de escape en la combustión de carbón;

45 La Figura 3 muestra la vista esquematizada de una tercera forma de realización de un sistema conforme a la presente invención para la eliminación del mercurio elemental ó de compuestos de mercurio de los gases de escape en la combustión de carbón;

50 La Figura 4 indica la vista esquematizada del sistema de evacuación de cenizas según las Figuras 1 hasta 3;

55 La Figura 5 muestra la vista esquematizada de un opcional subsistema adicional de un sorbente para la captura del SO_3 (trióxido sulfuroso);

60 La Figura 6 representa un gráfico que indica el efecto que el tamaño de las partículas del sorbente y el tratamiento del halógeno pueden ejercer sobre la captura del mercurio;

La Figura 7 representa un gráfico que indica el efecto de la dispersión en la distribución in situ del tamaño de partículas;

65 La Figura 8 indica la vista esquematizada de una cuarta forma de realización de un sistema conforme a la presente invención para la eliminación del mercurio elemental ó de compuestos de mercurio de los gases de escape, generados en la combustión de carbón;

La Figura 9 representa un gráfico que indica la conversión (en %) de hollín, de CO y de HC en función de la temperatura (°C); mientras que

5 La Figura 10 representa un gráfico que indica un típico perfil de destrucción para CO y HC con un catalizador PGM.

Detallada descripción de la preferida forma de realización

10 (0016) Haciendo referencia a la Figura 1, en la misma puede ser observado, a título de ejemplo, un sistema de conversión de combustibles para convertir un combustible - concretamente un combustible fósil en la forma de carbón - en la deseada forma de energía. Este ejemplar sistema de conversión de combustible, indicado en la Figura 1, lleva la conversión del combustible a efecto a través de la combustión del carbón y, en esta ilustración, el sistema está configurado como una típica planta de combustión de carbón 10, de 100 MWe, la que quema
15 aproximadamente 40 toneladas/hora (36.300 kgs/hora) de carbón con un flujo de gas de escape 12 de aproximadamente 350.000 Nm³/hora. El carbón de partida es reducido a un determinado tamaño de las partículas. El aire primario transporta las partículas del carbón desde el triturador/pulverizador 16 hasta la caldera 18, en la que el carbón es quemado para convertir el agua en vapor. La temperatura de los gases de escape, que salen del horno/caldera 18, puede oscilar
20 entre 1.400 y 2.200 ° F (760 hasta 1.200 ° C). Estos gases de escape son enfriados dentro de un conducto sobrecalentador convectivo 20 (recalentador/economizador) a aproximadamente 600 hasta 800 ° F (320 hasta 430 ° C), antes de entrar en el precalentador de aire 22. La temperatura del gas de escape, que sale del precalentador de aire 22 para entrar en el precipitador electrostático (ESP)/filtro de tela 24, oscila entre 220 y 370 ° F (100 hasta 190 ° C). En cuanto a las necesidades en sorbente, para la captura de 1 libra/MMacf (24 mgrs/Nm³) de mercurio,
25 aproximadamente 20 libras/hora (9 kgs/hora) de sorbente habrían de ser inyectados. Para la cantidad de 5 libras/MMacf (120 mgrs/Nm³) de mercurio, la necesidad en sorbente sería de 100 libras/hora (45 kgs/hora).

(0017) Según una primera forma de realización de un sistema 26 para la eliminación del mercurio elemental ó de unos compuestos de mercurio es así que una carga de iniciación de sorbente carbonoso tiene la forma de un
30 sorbente carbonoso 28, almacenado dentro de un silo 30, encontrándose este sorbente carbonoso 28 en un estado de aglomeración, habida cuenta de que las muy pequeñas partículas del mismo tienden a pegarse entre si. Por consiguiente, la carga de iniciación del sorbente 28 es aportada, por medio de un alimentador 32, a un dispositivo separador 34 que, en el caso de necesidad, tritura y separa las partículas del sorbente 28 entre una carga de contacto de sorbente carbonoso y una carga retenida de sorbente carbonoso. Esta carga de contacto de sorbente
35 carbonoso tiene una distribución del tamaño de las partículas del sorbente carbonoso de $d_{50} < 15$ micras, en la que d_{50} representa el 50 % de partículas de la masa de toda la distribución dentro de la carga de contacto; en este caso, la distribución del tamaño de las partículas del sorbente carbonoso dentro de la carga de contacto es, después de la separación, menor que la distribución del tamaño de las partículas del sorbente carbonoso dentro de la carga de iniciación, previo a la separación, y esta distribución es menor aún que la distribución del tamaño de las
40 partículas del sorbente carbonoso dentro de la carga retenida.

(0018) Este dispositivo de separación 34 puede consistir en un separador de partícula por partícula ó en un molino a chorros, en el que la fuente de energía está constituida por aire comprimido ó por un vapor a alta presión. El
45 dispositivo separador 34 realiza tres funciones, es decir, la separación partícula por partícula, la reducción del tamaño de las partículas y la clasificación de las partículas finas como "producto", ó bien el mismo efectúa el retorno de las partículas más gruesas al silo 30 ó efectúa la retención de las partículas más gruesas dentro del dispositivo separador 34 para un ulterior procesamiento de las mismas.

(0019) La pretendida distribución del tamaño de las partículas consiste en $d_{50} < 15$ micras, preferentemente en $d_{50} < 8$ micras y, de forma especialmente preferida, en $d_{50} < 4$ micra; en este caso, d_{50} representa el 50 % de la masa de las partículas dentro de toda la distribución. Una reducción primaria del tamaño de las partículas es necesaria al ser la distribución del tamaño de partículas de la carga de iniciación mayor que el deseado tamaño del producto de la combustión. Esta reducción primaria del tamaño no hace falta al ser los tamaños iniciales de las partículas más
55 pequeños que el pretendido tamaño del producto como, por ejemplo, al tratarse del llamado negro de carbón, cuyo tamaño primario de partícula es de menos de 1 micra. La entrada mínima de energía para este opcional dispositivo separador y de reducción de tamaño 34 es de 10 kWh/t (40 kJ/kg), con preferencia es de 100 kWh/t (400 kJ/kg) y de forma especialmente preferida es esta entrada de 1.000 kWh/t (4.000 kJ/kg). La entrada de energía puede ser aportada a través de un fluido de alta presión como, por ejemplo, por un vapor ó por un aire comprimido 36 dentro
60 ó de rodillos.

(0020) Adicionalmente a la manipulación de las partículas del sorbente 28 por el dispositivo separador 34, las mismas también pueden ser sometidas a uno ó a varios procesos antes de ser inyectadas al interior de la corriente de los gases de escape.

65 (0021) Según una alternativa, las partículas sorbentes 28 son enviadas a lo largo de un camino 38 desde el silo 30 hasta una unidad de oxidación 40 en la que las partículas son puestas en contacto con un agente oxidante 42 (como, por ejemplo, con ozono, con peróxido de hidrógeno, con aire caliente ó con un ácido nítrico concentrado)

para hacer hidrófilas las superficies exteriores de las partículas. A continuación, el sorbente tratado puede ser aportado, a lo largo del camino 44, al dispositivo separador 34 ó bien el mismo puede ser enviado, a lo largo del camino 46, hacia un mezclador 48 en el que una solución 50 es pulverizada 52 sobre las partículas sorbentes por medio de un pulverizador 54 con el fin de depositar un halógeno en las superficies de las partículas sorbentes 28. Esta solución 50 es elegida entre el yoduro de potasio, el yodo disuelto dentro de yoduro de potasio, los haluros alcalinos (como, por ejemplo, el NaCl) y unas sales de haluros (como, por ejemplo, el CaCl₂) ó los ácidos de halógeno (por ejemplo, HCl, HI, HBr, HF), disueltos en agua. Una típica cantidad de adición tiene por resultado una concentración en halógeno dentro del sorbente de aproximadamente 0 % hasta el 5 %. Seguidamente, el sorbente tratado es aportado, a lo largo de un camino 56, al dispositivo separador 34.

(0022) Un halógeno - tal como, por ejemplo, el cloro, el bromo, el yodo ó el flúor - también puede ser depositado sobre el sorbente 28 por vaporizarse el halógeno 58 dentro de un vaporizador 60 y por condensar/adsorber el mismo en el sorbente 28. El halógeno vaporizado puede ser inyectado, a lo largo de un camino 62, al interior del sorbente 28 entre la unidad de oxidación de partículas 40 (anteriormente descrita) y el alimentador 32; entre el alimentador 32 y el dispositivo separador 34 ó bien el halógeno puede ser pasado sobre las partículas finas y entre sí separadas, las cuales salen del dispositivo de separación 34.

(0023) En la Figura 6 y en la Tabla 1 está reflejado el efecto que el tratamiento con halógeno puede ejercer sobre la eliminación del mercurio. La Figura 6 indica que, al ser el sorbente carbonoso 28 tratado con yodo (0 % hasta un 2,5 % de peso), se mejoran significativamente las prestaciones del sorbente. Aproximadamente un 10 % de la eliminación del mercurio ha sido obtenido con un tratamiento sin yodo y para un sorbente carbonoso fino, mientras que aproximadamente un 95 % de la eliminación del mercurio ha sido obtenido con la adición de yodo a un sorbente carbonoso fino. La Tabla 1 indica el efecto del tratamiento con halógeno para un sorbente consistente en el negro de carbón y para un sorbente consistente en el carbón activado. Para el negro de carbón con una zona superficial de 100 m²/gr. y con una concentración de sorbente de 50 mgrs/Nm³ dentro del gas de escape, la adición de yodo al sorbente 28 (un 1 % de I₂ en el carbón después del tratamiento) mejora las prestaciones en la eliminación del mercurio en un 20 % hasta el 100 %. Para el carbón activado con una concentración del sorbente de 100 mgrs/Nm³ dentro del gas de escape, la adición de yodo al sorbente (un 1 % de I₂ en el carbón después del tratamiento) mejora las prestaciones en la eliminación del mercurio en un 75 % hasta un 90 %.

TABLA 1

Eficiencia en la eliminación de mercurio desde una corriente de aire con diferentes sorbentes y distintas concentraciones de sorbente (a - 200 ° F (93 ° C))					
Sorbente	Concentración de sorbente (mgrs/Nm ³)				
	0	20	35	50	100
Negro de carbón (SA = 100 m ² /gr, d ₅₀ < 1 µm)	0	<5	-	20	30
Negro de carbón (SA = 500 m ² /gr, d ₅₀ < 1 µm)	0	<5	-	20	-
Negro de carbón (SA = 500 m ² /gr con 1% de I ₂)	0	40	60	100	100
Negro de carbón (SA = 500 m ² /gr con 1 % de I ₂)	0	20	-	100	100
Carbón activado (d ₅₀ = 18 µm) con 1 % de I ₂	0	15	-	60	90
Carbón activado (d ₅₀ = 18 µm)	0	-	-	-	75

* SA = Zona superficial; d₅₀ = tamaño medio de partículas por peso

(0024) La Figura 7 muestra la distribución in situ del tamaño de partículas para dos muestras inyectadas en un conducto con distintos niveles de energía, el cual es empleado para la separación de las partículas entre sí. La primera muestra consiste en un carbón activado grueso en forma de polvo y existente en el mercado, con un tamaño medio de partículas (d_{50}) de 18 μ m. La segunda muestra consiste en un sorbente fino, con un tamaño medio de partículas (d_{50}) de 3 μ m. Al ser cada una de las muestras inyectada en el conducto con un más bajo nivel de energía, empleado para la separación de las partículas (con una dispersión más reducida), el tamaño efectivo de partículas, observado dentro del conducto, ha sido significativamente más grueso al ser empleada la energía más elevada para la separación de las partículas (dispersión más elevada).

(0025) Es de aproximadamente 5 hasta 10 pulgadas del indicador de nivel de agua (1,2 hasta 2,5 kPa) la presión estática del aire que sale del dispositivo separador 34. La cabeza estática puede ser suficiente para transportar y distribuir el sorbente 28, a través de las lanzas de inyección, hacia el interior del conducto de gas de escape. Tal como puede ser apreciado en la Figura 1, un soplador/ventilador 64 para la manipulación de material de "aire sucio" puede estar situado a continuación del dispositivo separador 34 para así incrementar la cabeza estática a efectos del transporte del sorbente y de su distribución. Es preferida una cabeza estática de aproximadamente 30 pulgadas en el indicador del nivel de agua (7,5 kPa).

(0026) El aparato también comprende un medio para poner la carga de contacto del sorbente carbonoso en contacto con los productos de la conversión de combustible en un lugar de contacto, de tal manera que el sorbente carbonoso de la carga de contacto pueda así adsorber el mercurio. Por consiguiente, el sorbente desaglomerado 28, ó separadas entre sí sus partículas, y el aire/vapor de transporte son inyectados, en un lugar de contacto 66, en el conducto de gas de escape, y esto a través de un medio que tiene la forma de un distribuidor 68 que comprende una multitud de lanzas. La punta de inyección está diseñada para aplicar sobre la corriente del sorbente (punta de turbulencia) un momento tangencial así como para incrementar la velocidad de dispersión y la distribución del sorbente 28 dentro de la corriente de gas de escape 12. El sorbente 28 puede ser inyectado hacia el interior de la corriente de gas de escape 12 entre la caldera 18 y el conducto sobrecalentador convectivo 20; entre el conducto sobrecalentador convectivo 20 y el precalentador de aire 22 ó bien entre el precalentador de aire 22 y el precipitador electrostático ESP/filtro de tela 24.

(0027) De este modo, el sistema 26 para la eliminación del mercurio elemental ó de unos compuestos de mercurio manipula en un estado aglomerado el sorbente carbonoso 28 de la carga de iniciación, almacenada dentro de un silo 30. El sorbente 28 es aportado por medio de un alimentador 32 a un dispositivo separador 34 que, en el caso de necesidad, tritura y separa entre sí las partículas 28 del sorbente a efectos de su distribución según el tamaño primario. A continuación, el sorbente desaglomerado 28 de una carga de contacto, formada de la carga de iniciación, es transportado por la corriente de aire para su inyección, en un lugar de contacto 66, en un conducto de gas de escape, por lo cual el sorbente carbonoso de la carga de contacto adsorbe el mercurio del gas de escape. Con preferencia, el medio de transporte del aparato de la presente invención, el cual transporta el sorbente carbonoso de la carga de contacto hacia el lugar de contacto, es operativo para aportar, como término medio, por lo menos el noventa por ciento (90 %) del sorbente carbonoso de la carga de contacto al lugar de contacto 66 en menos de treinta (30) minutos, una vez efectuada la separación del sorbente carbonoso de la carga de iniciación en el sorbente carbonoso de la carga de contacto y en el sorbente carbonoso de la carga retenida; de forma especialmente preferente, este medio de transporte es operativo para aportar, como término medio, por lo menos el noventa por ciento (90 %) del sorbente carbonoso de la carga de contacto al lugar de contacto 66 en menos de cinco (5) minutos después de la referida separación y, de forma más preferida aún, el medio de transporte es operativo para aportar, como término medio, por lo menos el noventa por ciento (90 %) del sorbente carbonoso de la carga de contacto al lugar de contacto 66 en menos de un (1) minuto después de la separación.

(0028) Según una segunda forma de realización de un sistema para la eliminación del mercurio elemental ó de unos compuestos de mercurio conforme a la presente invención, la cual está indicada en la Figura 2 y la que a continuación está identificada como el sistema 69 para la eliminación del mercurio elemental ó de unos compuestos de mercurio, resulta que una parte del carbón, que ha sido pulverizado dentro del pulverizador 16, es extraída como el sorbente 28 por la salida del pulverizador en el lugar 70. En este lugar 70 pueden ser extraídos con preferencia entre 10 y 1.000 libras/hora (de 5 hasta 500 kgs/hora) de carbón (aproximadamente el 0,01 hasta el 1,0 por ciento de la aportación total de carbón a la caldera); con mayor preferencia son extraídos aquí entre 50 y 500 libras/hora (de 23 hasta 230 kgs/hora) de carbón y, de forma más preferente aún, son extraídos entre 100 y 200 libras/hora (de 45 hasta 90 kgs/hora) de carbón. Puede hacer falta un soplador 72 para proporcionar la necesaria fuerza motriz con el fin de desplazar los sólidos sorbentes extraídos 28.

(0029) Los extraídos sólidos sorbentes 28 pueden ser sometidos a uno ó a varios procesos. En el lugar 74, estos sorbentes sólidos 28 pueden ser pulverizados con una solución 50 para depositar un halógeno sobre la superficies de las partículas sorbentes 28. Esta solución 50 es elegida entre el yoduro de potasio, el yodo disuelto dentro de yoduro de potasio, los haluros alcalinos (como, por ejemplo, el NaCl) y unas sales de haluros (como, por ejemplo, el CaCl_2) ó los ácidos de halógeno (como, por ejemplo, HCl, HI, HBr, HF), disueltos en agua. Una típica cantidad de adición tiene por resultado una concentración en halógeno dentro del sorbente 28 de aproximadamente 0 hasta el 5 % del sorbente 28. A continuación, el sorbente tratado 28 es aportado, a lo largo de un camino 76, al dispositivo separador 34.

(0030) Un halógeno - tal como, por ejemplo, el cloro, el bromo, el yodo ó el flúor - también puede ser depositado en

el sorbente 28 por vaporizarse el halógeno dentro de un vaporizador 60 y por condensar/adsorber el halógeno sobre el sorbente. En el lugar 78, el halógeno vaporizado puede ser inyectado en el sorbente 28, entre el ventilador 72 y el dispositivo separador 34, ó bien el mismo puede ser pasado sobre las partículas finas y entre si separadas, las cuales salen del dispositivo de separación 34.

(0031) Un soplador/ventilador 64 para la manipulación de material de "aire sucio" puede estar ubicado a continuación del dispositivo separador 34 con el fin de incrementar la cabeza estática para el transporte del sorbente y su distribución. El sorbente desaglomerado y el vapor/aire de transporte son inyectados al interior del conducto de gas de escape a través de un distribuidor 68, que es similar al distribuidor de la primera forma de realización 26. El sorbente 28 puede ser inyectado al interior de la corriente 12 del gas de escape entre la caldera 18 y el conducto sobrecalentador convectivo 20; entre el conducto sobrecalentador convectivo 20 y el precalentador de aire 22 ó entre el precalentador de aire 22 y el precipitador electrostático ESP/filtro de tela 24.

(0032) Según una tercera forma de realización de un sistema para la eliminación del mercurio elemental ó de unos compuestos de mercurio conforme a la presente invención, la cual está indicada en la Figura 3 y la que a continuación está identificada como el sistema 80 para la eliminación del mercurio elemental ó de unos compuestos de mercurio, es así que también una parte del carbón, pulverizado dentro del pulverizador 16, es extraída, en el lugar 82, como sorbente 28 por la salida del pulverizador. En el lugar 82 son extraídos con preferencia entre 10 hasta 1.000 libras/hora (de 5 hasta 500 kgs/hora) de carbón (aproximadamente el 0,01 hasta el 1,0 por ciento de la aportación total de carbón a la caldera), con mayor preferencia son extraídos entre 50 y 500 libras/hora (23 hasta 230 kgs/hora) y de forma más preferente aún son extraídos entre 100 y 200 libras/hora (de 45 hasta 90 kgs/hora). Puede hacer falta un soplador 84 para proporcionar la necesaria fuerza motriz con el fin de desplazar los sólidos sorbentes extraídos 28.

(0033) El carbón extraído es quemado parcialmente dentro de un reactor generador de carbonización 86 por someterse el carbón a unas temperaturas entre 300 y 1.500 ° C. La aportación de aire al generador de carbonización 86 está limitada al objeto de conseguir sólo una combustión parcial del carbón, con preferencia solamente la parte volátil del carbón. Por consiguiente, las cantidades de aire son controladas preferentemente entre 0,3 y 1,0 partes de la cantidad de aire que es necesaria para una combustión completa del carbón y, con mayor preferencia aún, estas cantidades de aire son controladas entre 0,5 y 0,7 partes de la cantidad de aire necesaria para una combustión completa del carbón.

(0034) Las altas temperaturas de los sólidos y de los gases, que del generador de carbonización 86 salen a lo largo del camino 88, son reducidas dentro de una sección de enfriamiento 90, situada corriente abajo. Para enfriar los gases y los sólidos pueden ser empleados un enfriamiento rápido con agua ó un recuperador térmico que es enfriado por aire, por agua ó por vapor. La temperatura de los gases y de los sólidos, que salen de la sección de enfriamiento 90, es con preferencia de aproximadamente 300 ° C. ó menos.

(0035) A continuación, los gases y los sólidos de carbonización enfriados son enviados, a lo largo del camino 92, hacia un separador de partículas 94, preferentemente en forma de un ciclón. En el lugar 96, los gases separados son descargados, conjuntamente con algunas partículas finas, en la caldera principal 18 para asegurar la combustión completa de los hidrocarburos sin quemar y de otras especies combustibles como, por ejemplo, el monóxido de carbono y el carbón. Las partículas sorbentes 28, separadas por el separador de partículas 94, son descargadas, a lo largo de un camino 98, en un silo 100. Como alternativa, las partículas sorbentes 28 también pueden ser descargadas, a lo largo de un camino 102, en una unidad de oxidación 104 en la que las partículas son puestas en contacto con un agente oxidante 42 (como, por ejemplo, con ozono, con peróxido de hidrógeno, con aire caliente ó con un ácido nítrico concentrado) para hacer hidrófilas las superficies exteriores de las partículas. A continuación, el sorbente tratado puede ser descargado, a lo largo de un camino 98, en el silo 100.

(0036) Al ser el sorbente 28 aportado, a lo largo del camino 106 y desde el silo 100, a la corriente de gas de escape 12, un halógeno es depositado en la superficie exterior de las partículas sorbentes 28. Según una alternativa, las partículas sorbentes 28 pueden ser enviadas hacia un mezclador 48 en el cual una solución 50 es pulverizada sobre las partículas sorbentes 28 con el fin de depositar un halógeno en la superficie de las partículas sorbentes 28. Esta solución es elegida entre el yoduro de potasio, el yodo disuelto dentro de yoduro de potasio, los haluros alcalinos (como, por ejemplo, el NaCl) y unas sales de haluros (como, por ejemplo, el CaCl₂) ó los ácidos de halógeno (como, por ejemplo, HCl, HI, HBr, HF), disueltos en agua. Una típica cantidad de adición tiene por resultado una concentración en halógeno dentro del sorbente de aproximadamente 0 hasta un 5 por ciento. A continuación, el sorbente tratado 28 es aportado, a lo largo del camino 108, al dispositivo separador 34 por medio de un alimentador 110.

(0037) Como alternativa, el halógeno (como, por ejemplo, el cloro, el bromo, el yodo ó el flúor) puede ser depositado en el sorbente por vaporizarse el halógeno 58 dentro de un vaporizador 60 y por condensar/adsorber el mismo sobre el sorbente 28. En el lugar 112, el halógeno vaporizado puede ser inyectado al interior del sorbente 28 entre el silo 100 y el alimentador 110; entre el alimentador 110 y el dispositivo separador 34 ó bien el mismo puede ser pasado sobre las partículas finas y entre si separadas, las cuales salen del dispositivo separador 34.

(0038) Un soplador/ventilador de manipulación de material de "aire sucio" puede estar situado a continuación del dispositivo separador 34 con el fin de incrementar la cabeza estática para el transporte del sorbente y de su

distribución. El sorbente desaglomerado 28 y el aire/vapor de transporte son inyectados hacia el interior del conducto de gas de escape por medio de un distribuidor 68 que es similar al distribuidor de la primera forma de realización 26. El sorbente 28 puede ser inyectado al interior de la corriente de gas de escape entre la caldera 18 y el conducto sobrecalentador convectivo 20; entre el conducto sobrecalentador convectivo 20 y el precalentador de aire 22 ó entre el precalentador de aire 22 y el precipitador electrostático ESP/filtro de tela 24.

(0039) Según una cuarta forma de realización de un sistema para la eliminación del mercurio elemental ó de unos compuestos de mercurio conforme a la presente invención, la cual está indicada en la Figura 8 y la que a continuación está identificada como el sistema 114 para la eliminación del mercurio elemental y de unos compuestos de mercurio; resulta que el sorbente 28 dispone aquí del sistema de eliminación de mercurio con el más preferido tamaño de partículas - concretamente, $d_{50} < 2$ micras, representando d_{50} el 50 % de partículas en la masa completa de la distribución - y esto es conseguido, según esta cuarta forma de realización, por tener el sorbente 28 la forma de negro de carbón ó de hollín. En comparación con el carbón activado, más grueso y aglomerado ó pegado entre sí, se necesitan aquí unas cantidades mucho más pequeñas del negro de carbón/hollín para captar una cantidad previamente determinada de mercurio dentro de los gases de escape de la caldera. Para eliminar, por ejemplo, el 90 % del mercurio elemental se necesitan 50 mgrs/Nm³ de negro de carbón impregnado, en comparación con la cantidad de carbón activado, más grueso y aglomerado, la cual ha de ser mayor que 1.000 mgrs/Nm³. Asimismo, para la impregnación del sorbente 28 serían necesarias unas cantidades mucho más pequeñas de los agentes oxidantes como, por ejemplo, el yodo (menos del 1 % de peso del carbón), en comparación con el carbón activado para el cual serían necesarios el 1 hasta el 10 % de peso del carbón.

(0040) En un subconjunto 116 de este sistema 114, el cual está previsto para la generación de un sorbente 28 con la deseada distribución del tamaño de partículas muy finas, un dispositivo generador de hollín 118 se encuentra situado dentro de la zona de altas temperaturas de la caldera 18. Una zona de oxidación 120 de la caldera 18, la cual está ubicada corriente debajo de este dispositivo generador de hollín 118, asegura que puedan ser destruidos el CO y el HC, producidos durante el proceso de generación del hollín. Haciendo referencia a la Figura 9, se puede observar que la gama de temperaturas dentro de la zona de oxidación es con preferencia de 500 hasta 1.000 ° C y, con mayor preferencia, esta gama es de 600 hasta 800 ° C, con el fin de asegurar una mínima destrucción del hollín así como una máxima destrucción del CO y del HC.

(0041) Según un subconjunto alternativo 122 de este sistema 114 para la generación del sorbente 28 con la deseada distribución del tamaño de partículas muy finas, el negro de carbón/hollín es generado dentro de un separado dispositivo generador de hollín 124 que comprende una cámara de oxidación de CO/HC 126. Esta cámara de oxidación de CO/HC 126 puede disponer de una entrada 128 para recibir el oxígeno ó el aire, necesarios para destruir el CO/HC. El tiempo de permanencia de la corriente de negro de carbón/hollín dentro de la cámara de oxidación de CO/HC así como la temperatura mantenida en esta cámara de oxidación de CO/HC 126 (con preferencia de 500 hasta 1.000 ° C, y de forma más preferida de 600 hasta 800 ° C) son optimados con el fin de poder destruir el CO/HC con una destrucción mínima del hollín.

(0042) Según todavía otra alternativa para un subconjunto 130 de este sistema 114 para la generación del sorbente 28 con la deseada distribución del tamaño de unas partículas muy finas, resulta que un reactor catalítico 132 para la pretendida destrucción del CO/HC se encuentra situado entre el dispositivo generador de hollín 134 y la corriente de gas de escape 12. Un ejemplo de un tal reactor catalítico 132 consiste en un monolito hecho, por ejemplo, de acero inoxidable ó de cerámica y recubierto de una variedad de metales del grupo de platino (como, por ejemplo, de platino, de rodio ó de paladio). Un típico perfil de destrucción para el CO y el HC, con un catalizador PGM, está representado en la Figura 10. A las temperaturas indicadas en la Figura 10, el hollín no sería destruido de una manera significativa.

(0043) En las convencionales plantas con la combustión de carbón, el carbón sin quemar, que llega al precipitador electrostático (ESP) ó al filtro de tela, tiene principalmente la forma de unas partículas largas de carbón que no han finalizado la combustión. Unas partículas de carbón más finas están raramente presentes en una aplicación normal, teniendo en cuenta que las mismas han sido quemadas por completo. Por consiguiente, en las plantas convencionales las cenizas, recogidas dentro del precipitador ó del filtro de tela, consisten en unas partículas de carbón principalmente mayores y en unas más pequeñas partículas de cenizas volátiles, que son de una muy difícil separación.

(0044) Según los sistemas de eliminación de mercurio 26, 69, 80 y 114 anteriormente descritos, el sorbente carbonoso de mercurio 28 es, por general, fabricado por fuera de la caldera/horno principal 18 para luego ser reducido en su tamaño y ser introducido en la corriente de gas de escape 12. Las partículas sorbentes 28 están previstas de una forma extremadamente pequeña y, por consiguiente, las mismas se distinguen de las cenizas y pueden ser separadas de las cenizas normales dentro del sistema de evacuación de cenizas 136, indicado en las Figuras 1 hasta 3.

(0045) Haciendo referencia a la Figura 4, en la misma puede ser apreciado que el sorbente 28, que está cargado de mercurio, es recogido dentro del precipitador electrostático ESP/filtro de tela 24, conjuntamente con las cenizas volátiles 137. Esta mezcla entre el sorbente cargado de mercurio y las cenizas volátiles es pasada, a lo largo de un camino 138 y desde la tolva 140 del precipitador electrostático ESP/filtro de tela 24, hacia un silo de almacenamiento de cenizas 142 para luego ser aportada - a lo largo del camino 144 y por medio de un alimentador

146 --a un clasificador 148 que tiene la capacidad de separar el fino sorbente 28, con baja densidad de mercurio, de las cenizas volátiles 137 que son más gruesas y más densas. El clasificador 148 es, de forma preferente, de tipo dinámico y el mismo comprende una rueda clasificadora que es controlada de forma separada, y este clasificador trabaja a unas velocidades punta que con preferencia son mayores de 50 mtrs/seg., de forma más preferida aún son mayores de 100 mtrs/seg., para asegurar una buena separación así como la recuperación del producto.

(0046) Un separador de partícula por partícula 150 puede estar situado entre el silo 142 y el clasificador 148. La función de este separador de partícula por partícula 150 consiste en separar el sorbente 28, que está cargado de mercurio, de las cenizas volátiles 137 los que podrían haberse aglomerados entre sí a causa de ser recogidos conjuntamente en el precipitador electrostático ESP/filtro de tela 24 y estar almacenados en la tolva 140 y dentro del silo 142. Para esta finalidad puede ser empleado un molino a chorros, si bien es necesaria solamente una pequeña reducción del tamaño y, por lo tanto, el consumo en energía será más reducido que en el caso en el que el tamaño de las partículas habría de ser reducido más.

(0047) Tal como indicado en la Figura 1, un sorbente 152 para la captura del SO_3 (trióxido sulfuroso) puede ser inyectado, en el lugar 154, hacia el interior de la corriente de gas de escape 12, conjuntamente con el sorbente cargado de mercurio 28 ó de forma separada del mismo. Haciendo también referencia a la Figura 5, se puede observar que un sistema 156 para la inyección del sorbente 152 para la captura del SO_3 (trióxido sulfuroso) comprende un silo 158. El sorbente 152 para la captura del SO_3 (trióxido sulfuroso), el cual está almacenado dentro del silo 158, es pasado de forma dosificada al dispositivo separador 34 a través de un alimentador 160. A continuación, las partículas 152, que han sido separadas entre sí, son inyectadas hacia el interior del conducto del gas de escape por medio del soplador 64 y del distribuidor 68. También puede ser empleado un dispositivo de separación (no indicado aquí), compuesto por el soplador y el distribuidor, el cual es separado de los dispositivos separadores empleados para el sorbente cargado de mercurio 28. Como alternativa, dentro del silo 158 puede estar almacenado un precursor 162 del sorbente para la captura del SO_3 (trióxido sulfuroso) y este precursor puede ser aportado a un convertidor 164 para el precursor. Dentro del silo 158 puede estar almacenada una piedra caliza 162, por ejemplo, para ser convertida en cal viva 152 dentro de un carbonizador 164. Debe ser tenido en cuenta que el sistema 156 del sorbente para la captura del SO_3 (trióxido sulfuroso) puede ser empleado conjuntamente con los sistemas de eliminación de mercurio 26, 69, 80 y 114 ó de manera separada de éstos.

TRADUCCIÓN DE LAS LEYENDAS DE LOS DIBUJOS

FIGURA 1

- 5 Water - Agua
- Steam - Vapor
- Superheated Steam - Vapor sobrecalentado
- Primary Air - Aire primario
- Secondary Air - Aire secundario
- 10 12 Gas de escape hacia chimenea
- 14 Carbón de partida
- 16 Pulverizador / Triturador
- 18 Caldera
- 20 Conducto convectivo sobrecalentador
- 15 22 Calentador de aire
- 24 Precipitador electrostático / Filtro de tela
- 28 Sorbente carbonoso
- 30 Silo
- 32 Alimentador
- 20 34 Molino a chorros / Separador partícula por partícula
- 36 Aire / Vapor
- 40 Unidad de oxidación de partículas
- 42 Agente oxidante
- 48 Mezclador
- 25 50 Solución de halógeno
- 54 Pulverizador
- 58 Halógeno
- 60 Vaporizador
- 64 Soplador
- 30 68 Distribuidor
- 136 Sistema de evacuación de cenizas
- 152 Sorbente de SO₃

FIGURA 2

- 35 Water - Agua
- Steam - Vapor
- Superheated Steam - Vapor sobrecalentado
- Primary Air - Aire primario
- 40 Secondary Air - Aire secundario
- 12 Gas de escape hacia chimenea
- 14 Carbón de partida
- 16 Pulverizador / Triturador
- 18 Caldera
- 45 20 Conducto convectivo sobrecalentador
- 22 Calentador de aire
- 24 Precipitador electrostático / Filtro de tela
- 34 Molino a chorros / Separador partícula por partícula
- 36 Aire / Vapor
- 50 50 Solución de halógeno
- 54 Pulverizador
- 58 Halógeno
- 60 Vaporizador
- 64 Soplador
- 55 68 Distribuidor
- 72 Soplador
- 136 Sistema de evacuación de cenizas

FIGURA 3

- 60 Primary Air - Aire primario
- Secondary Air - Aire secundario
- Water - Agua
- Steam - Vapor
- 65 Superheated Steam - Vapor sobrecalentado
- Raw Coal - Carbón de partida

- 12 Gas de escape hacia chimenea
- 16 Pulverizador / Triturador
- 18 Caldera
- 20 Conducto convectivo sobrecalentador
- 5 22 Calentador de aire
- 24 Precipitador electrostático / Filtro de tela
- 34 Molino a chorro / Separador partícula por partícula
- 36 Aire / Vapor
- 42 Agente oxidante
- 10 48 Mezclador
- 50 Solución de halógeno
- 54 Pulverizador
- 58 Halógeno
- 60 Vaporizador
- 15 64 Soplador
- 68 Distribuidor
- 84 Soplador
- 86 Generador de carbonización
- 90 Sección de enfriamiento
- 20 94 Separador de partículas
- 100 Silo
- 104 Unidad de oxidación de partículas
- 110 Alimentador
- 136 Sistema de evacuación de cenizas

FIGURA 4

- 28 Componente de ceniza fina rico en Hg
- 137 Ceniza más gruesa y deficiente en Hg
- 30 140 Precipitador electrostático / Filtro de tela - Tolva
- 142 Silo
- 146 Alimentador
- 148 Clasificador
- 150 Separador partícula por partícula

FIGURA 5

- 152 Sorbente de captura de SO₃
- 158 Silo
- 40 160 Alimentador
- 162 Precursor
- 164 Convertidor de precursor

FIGURA 6

45 Efecto que ejercen el tamaño de las partículas y el tratamiento con yodo sobre la captura del mercurio

Eficiencia en la eliminación con Hg (0) (%)

- 50 Carbón pulverizado "fino" Carbón pulverizado "standard"

Grado de tratamiento (%)₂

FIGURA 7

55 Efecto de la dispersión sobre la distribución in situ del tamaño de partículas

- Muestra fina – Elevada dispersión Muestra fina – Reducida dispersión
- Muestra gruesa – Elevada dispersión Muestra gruesa – Elevada dispersión

- 60 % de peso menos de Tamaño de las partículas (micras)

FIGURA 8

- 65 Coal - Carbón
- Air - Aire

- 12 Hacia la chimenea
- 18 Caldera
- 20 Conducto convectivo sobrecalentador
- 22 Calentador de aire
- 5 24 Precipitador electrostático / Filtro de tela
- 118 Dispositivo de hollín
- 124 Dispositivo de hollín
- 126 Oxidación CO / HC
- 128 Aire
- 10 132 Reactor catalítico
- 134 Dispositivo generador de hollín

REIVINDICACIONES

1ª.- Procedimiento para la eliminación del mercurio de los productos de la combustión de combustibles sólidos, el cual comprende:

- La separación de una carga de iniciación del sorbente carbonoso (28) en una carga de contacto del sorbente carbonoso (28) y en una carga retenida del sorbente carbonoso (28), teniendo la carga de contacto del sorbente carbonoso (28) una distribución del tamaño de las partículas del sorbente carbonoso (28) de $d_{50} < 15$ micras y representando d_{50} el 50 % de la masa de partículas dentro de la completa distribución de la carga de contacto; en este caso, la distribución del tamaño de las partículas del sorbente carbonoso (28) dentro de la carga de contacto es, después de la separación, más reducida que la distribución del tamaño de las partículas del sorbente carbonoso (28) dentro de la carga de iniciación, previo a la separación, y esta distribución del tamaño de las partículas también es más reducida que la distribución del tamaño de las partículas del sorbente carbonoso (28) dentro de la carga retenida;

- La puesta en contacto de la carga de contacto del sorbente carbonoso (28) - en un lugar de contacto (66) - con los productos de la combustión de unos combustibles sólidos, de tal manera que el sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto pueda adsorber el mercurio;

Este procedimiento está caracterizado porque el mismo comprende, además, lo siguiente:

- El transporte del sorbente carbonoso(28) de la carga de contacto hacia el lugar de contacto (66) y esto de tal manera que, como término medio, por lo menos el 90 por ciento del sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto pueda ser entregado al lugar de contacto (66) en menos de treinta minutos después de la separación del sorbente carbonoso (28) de la carga de iniciación en el sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto y en el sorbente carbonoso (28) de la carga retenida, por lo que el sorbente carbonoso m(28) de la carga de contacto queda puesto en contacto con los productos de la combustión de combustibles sólidos en el lugar de contacto (66), y esto sin ningún almacenamiento intermedio del sorbente carbonoso (28) después de la conversión del sorbente carbonoso (28) de la carga de iniciación en el sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto y en el sorbente carbonoso (28) de la carga retenida, con lo cual la distribución del tamaño medio de partículas d_{50} de la carga de contacto, la que representa el 50 % de la masa de partículas de toda la distribución dentro de la carga de contacto, no es más que la mitad de la distribución del tamaño medio de partículas d_{50} de la carga de iniciación, la cual representa el 50 % de la masa de partículas de toda la distribución dentro de la carga de iniciación.

2ª.- Procedimiento conforme a la reivindicación 1) según el cual la separación de una carga de iniciación del sorbente carbonoso (28) implica la reducción en el tamaño de partículas del sorbente carbonoso (28) desde un mayor tamaño de partículas más gruesas a un tamaño de partículas finas y más pequeñas.

3ª.- Procedimiento conforme a la reivindicación 1) ó 2) según el cual la separación de una carga de iniciación del sorbente carbonoso m(28) implica la generación de una carga de contacto del sorbente carbonoso (28) la que comprende una distribución primaria del tamaño de partículas del sorbente carbonoso (28) de $d_{50} < 8$ micras, representando d_{50} el 50 % de las partículas de la masa de toda la distribución dentro de la carga de contacto.

4ª.- Procedimiento conforme a la reivindicación 1) ó 2) según el cual la separación de una carga de iniciación del sorbente carbonoso (28) implica la generación de una carga de contacto del sorbente carbonoso (28) la que comprende una distribución primaria del tamaño de partículas del sorbente carbonoso (28) de $d_{50} < 4$ micras, representando d_{50} el 50 % de las partículas de la masa de toda la distribución dentro de la carga de contacto.

5ª.- Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriormente mencionadas y el mismo implica, además, depositar por lo menos una de las especies de halógeno así como una especie de ácidos en el sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto antes de poner el sorbente carbonoso (28) de esta carga de contacto en contacto con los productos de la combustión de combustibles sólidos.

6ª.- Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriormente mencionadas según el cual los productos de la combustión de combustibles sólidos comprenden unas cenizas volátiles, que son generadas por la combustión del carbón, como asimismo implica este procedimiento la separación del sorbente carbonoso (28), que ha adsorbido el mercurio de los productos de la conversión del combustible, así como la sumisión de los productos de la conversión del combustible a un proceso de clasificación que permite separar el sorbente carbonoso (28) de unas cenizas volátiles que son relativamente más gruesas y más densas.

7ª.- Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriormente mencionadas según el cual los productos de la combustión de combustibles sólidos comprenden unos gases de escape, que son generados por la combustión del carbón, y el sorbente carbonoso (28) adsorbe de estos gases de escape por lo menos el mercurio elemental ó unos compuestos de mercurio.

8ª.- Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriormente mencionadas según el cual el transporte del sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto hasta el lugar de contacto (66) comprende transportar el sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto de tal manera que, como término medio, por lo menos el 90 por

ciento del sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto pueda ser aportado al lugar de contacto (66) en menos de cinco (5) minutos después de la separación del sorbente carbonoso (28) de la carga de iniciación en el sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto y en el sorbente carbonoso (28) de la carga retenida.

- 5 9ª.- Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones anteriormente mencionadas según el cual el transporte del sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto hasta el lugar de contacto (66) comprende transportar el sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto de tal manera que, como término medio, por lo menos el noventa por ciento del sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto pueda ser aportado al lugar de contacto (66) en menos de un (1) minuto después de la separación del sorbente carbonoso (28) de la carga de iniciación en el sorbente carbonoso (28) de la carga de contacto y en el sorbente carbonoso (28) de la carga retenida.
- 10

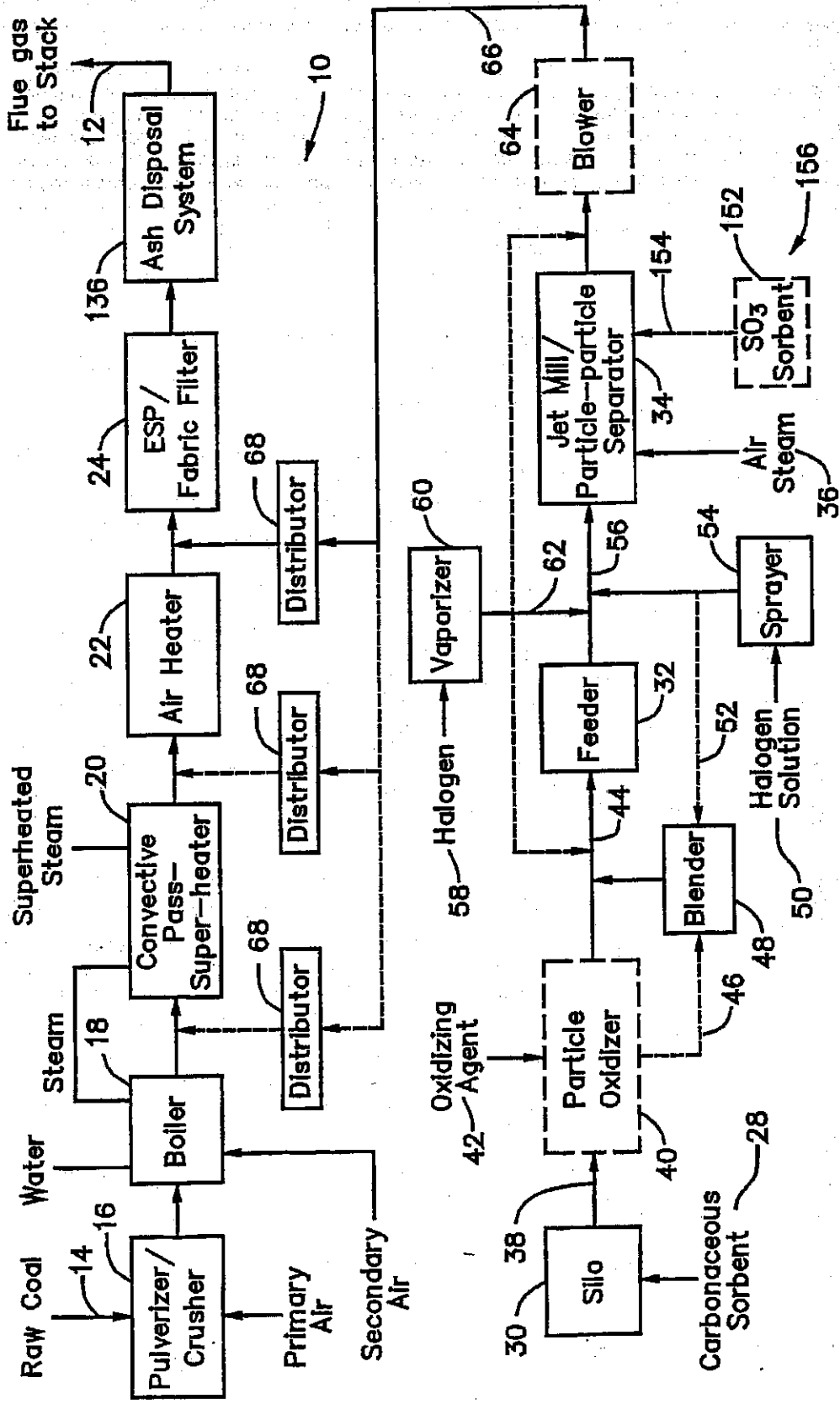


Figure 1

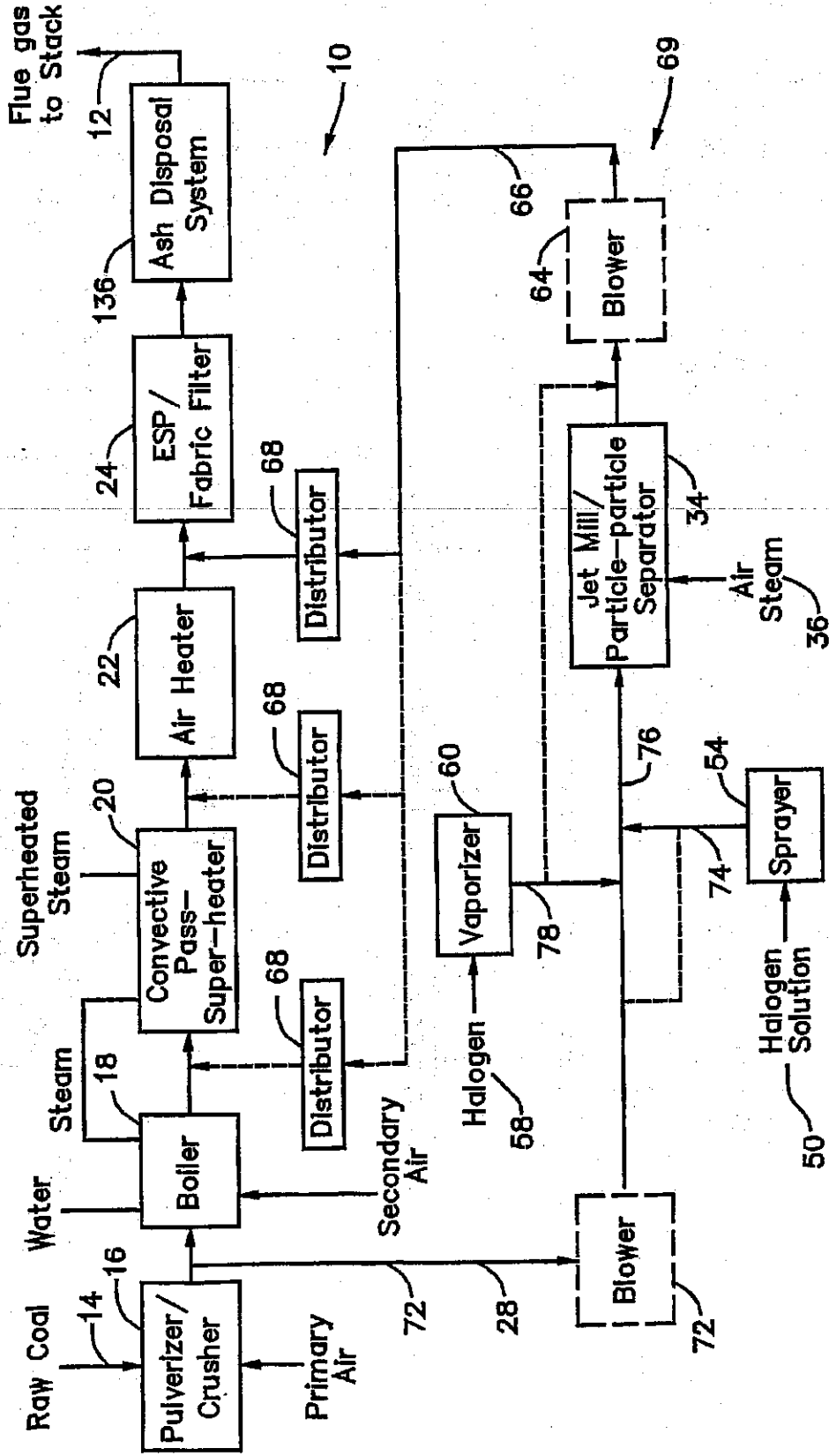


Figure 2

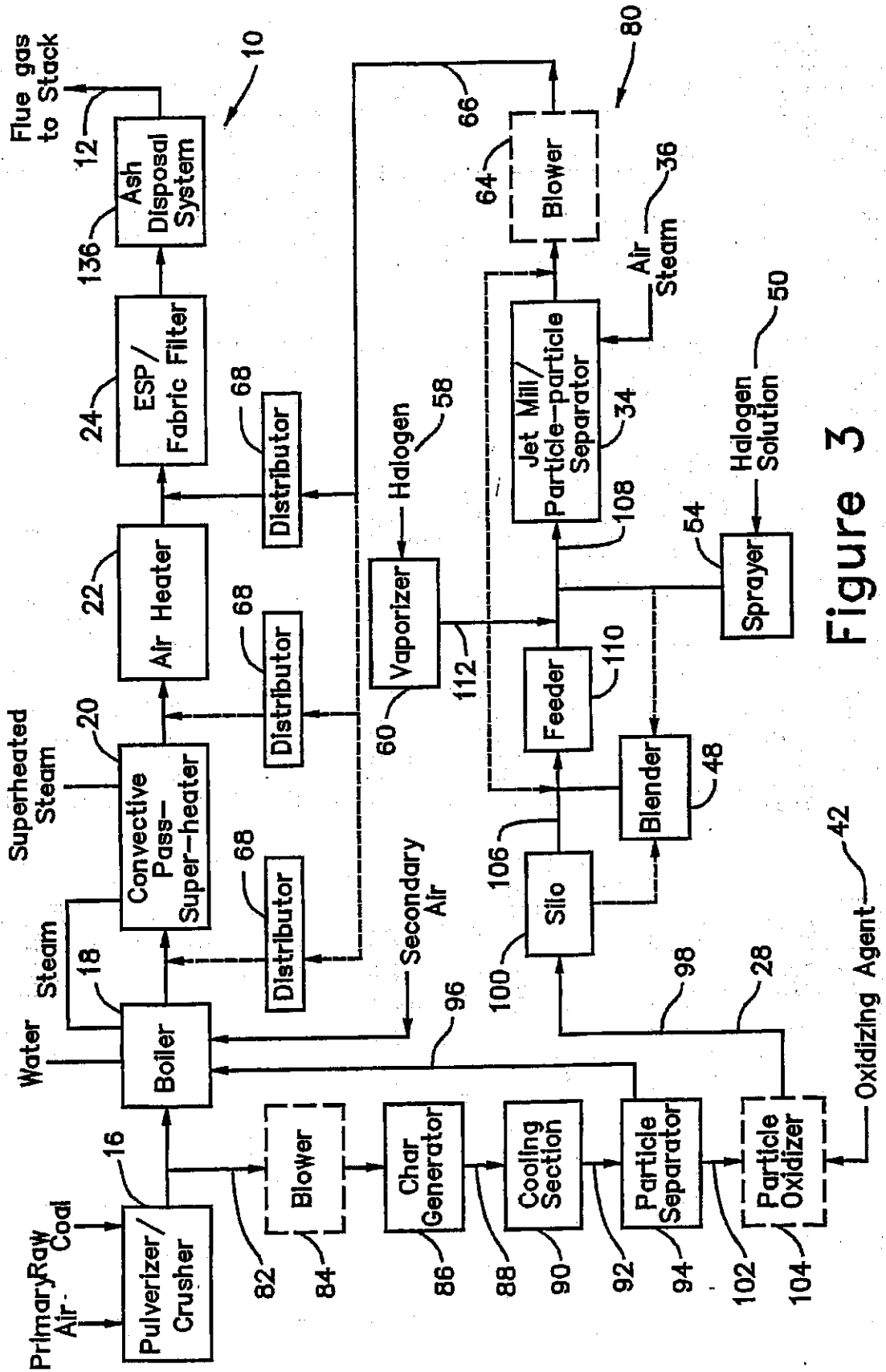


Figure 3

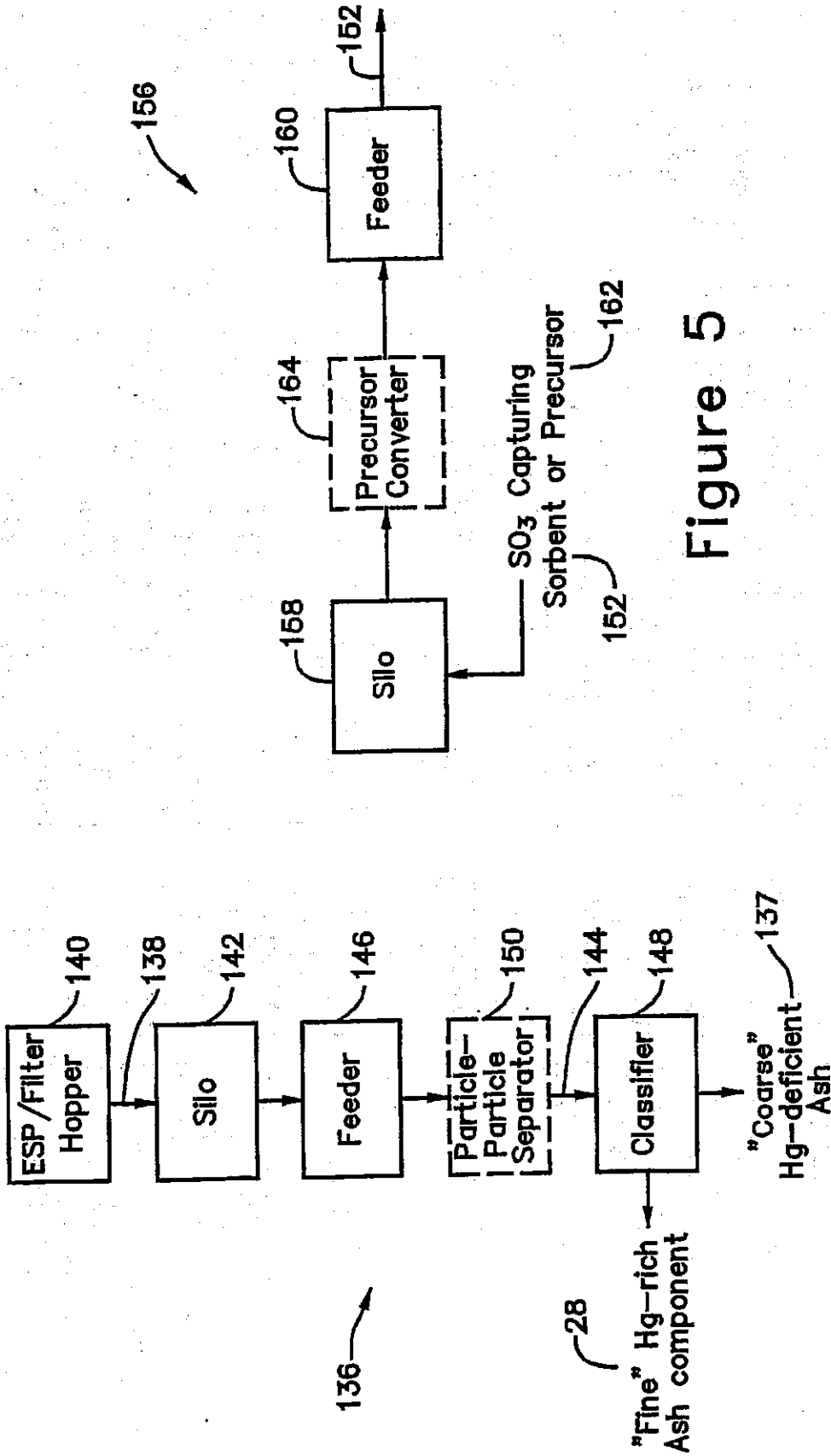
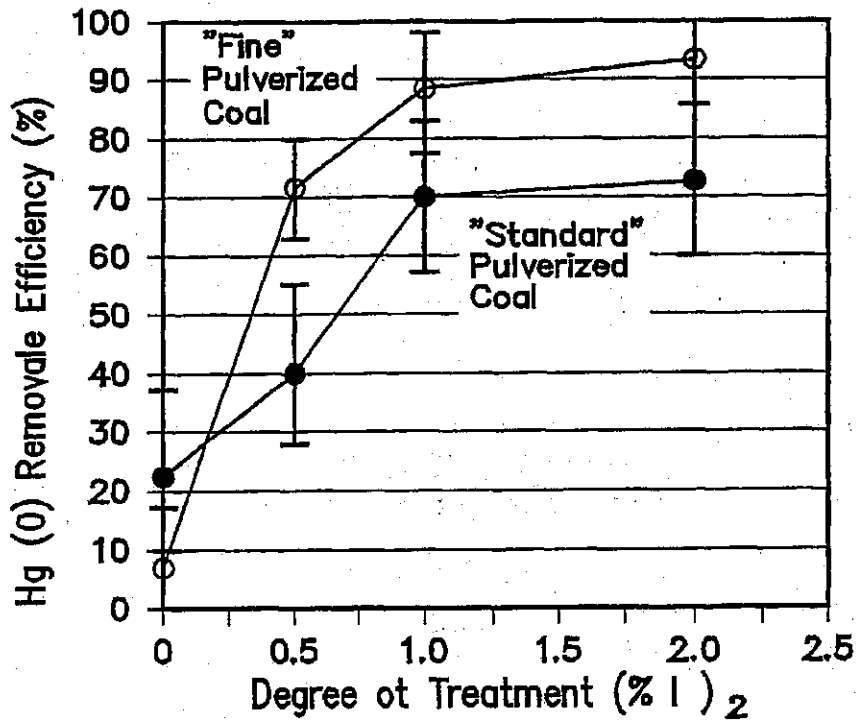


Figure 5

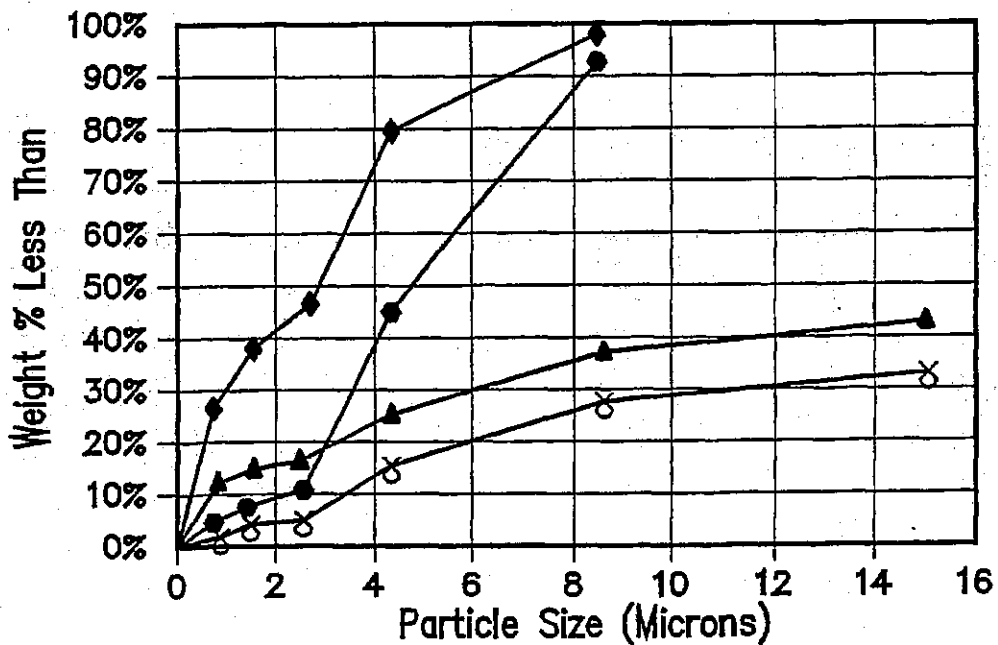
Figure 4



Effect of Particle Size and Iodine Treatment on Mercury Capture

Figure 6

- ◆ "Fine" Sample - High Dispersion
- "Fine" Sample - Poor Dispersion
- ▲ "Coarse" Sample - High Dispersion
- ⊗ "Coarse" Sample - High Dispersion



Effect of Dispersion on In-situ Particle Size Distribution

Figure 7

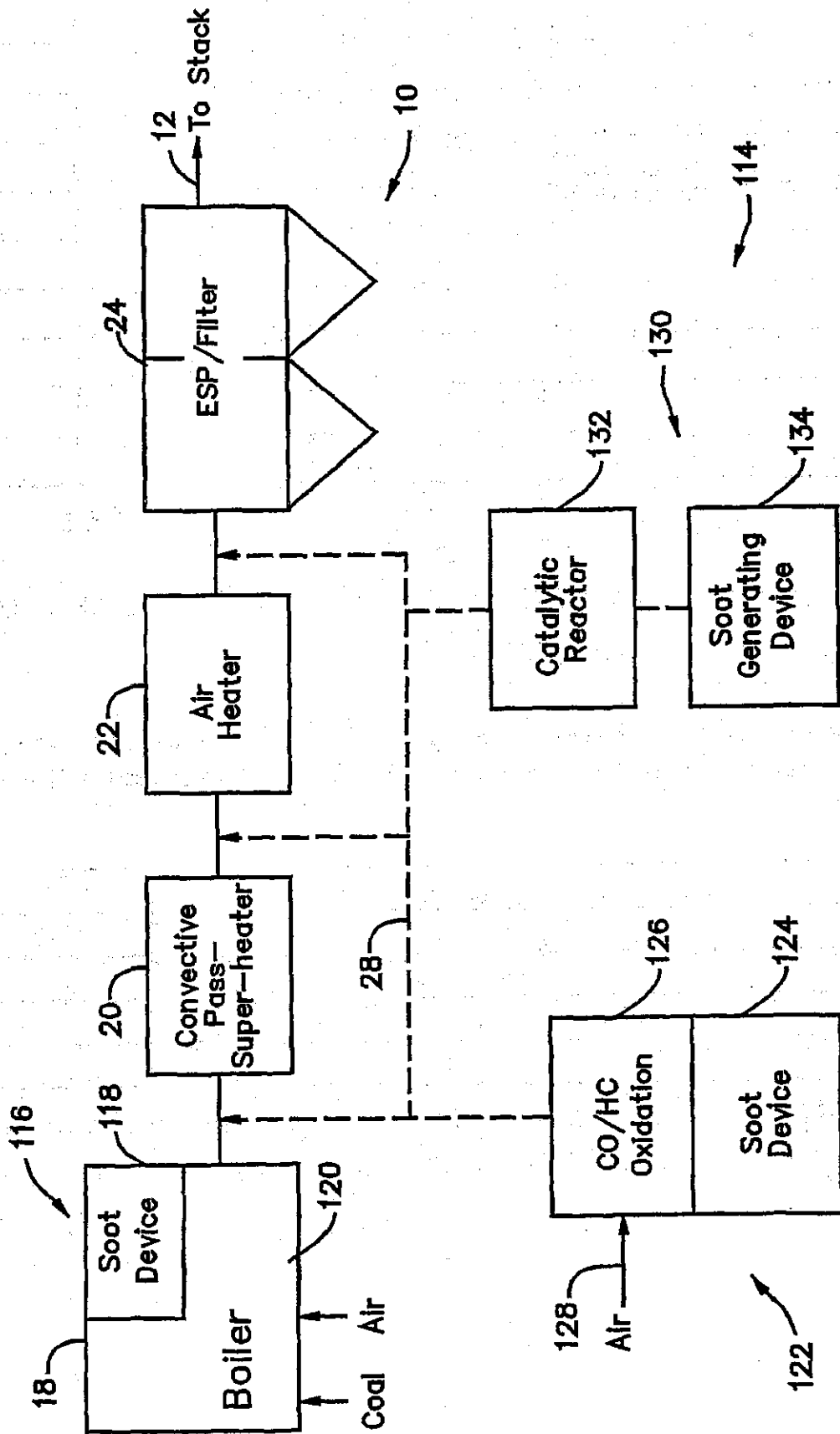


Figure 8

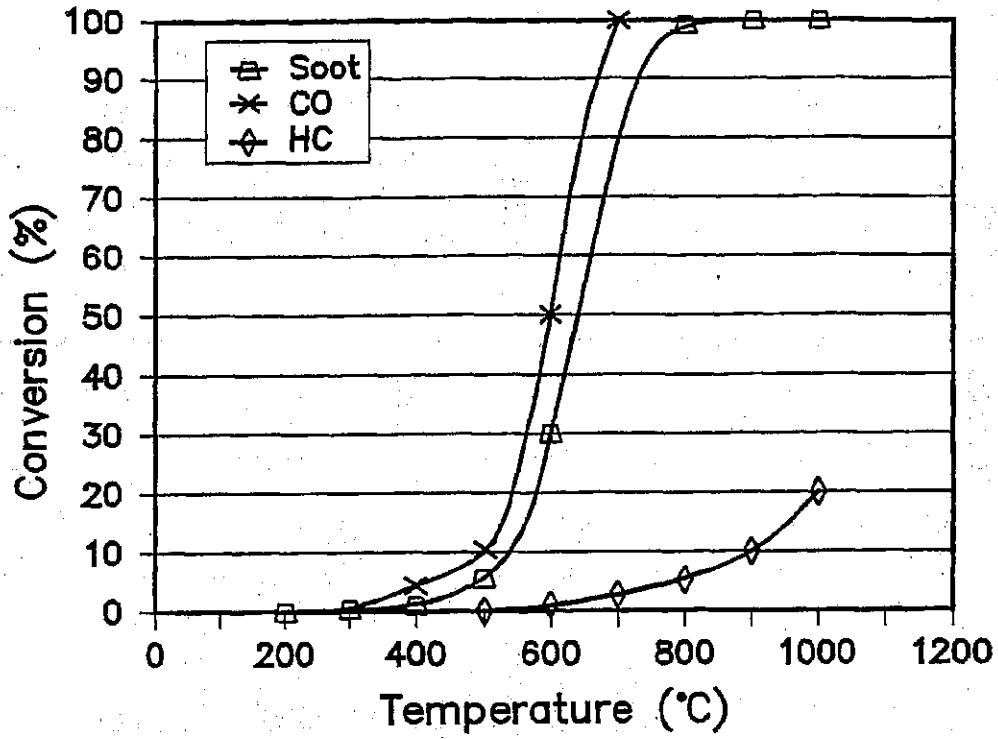


Figure 9

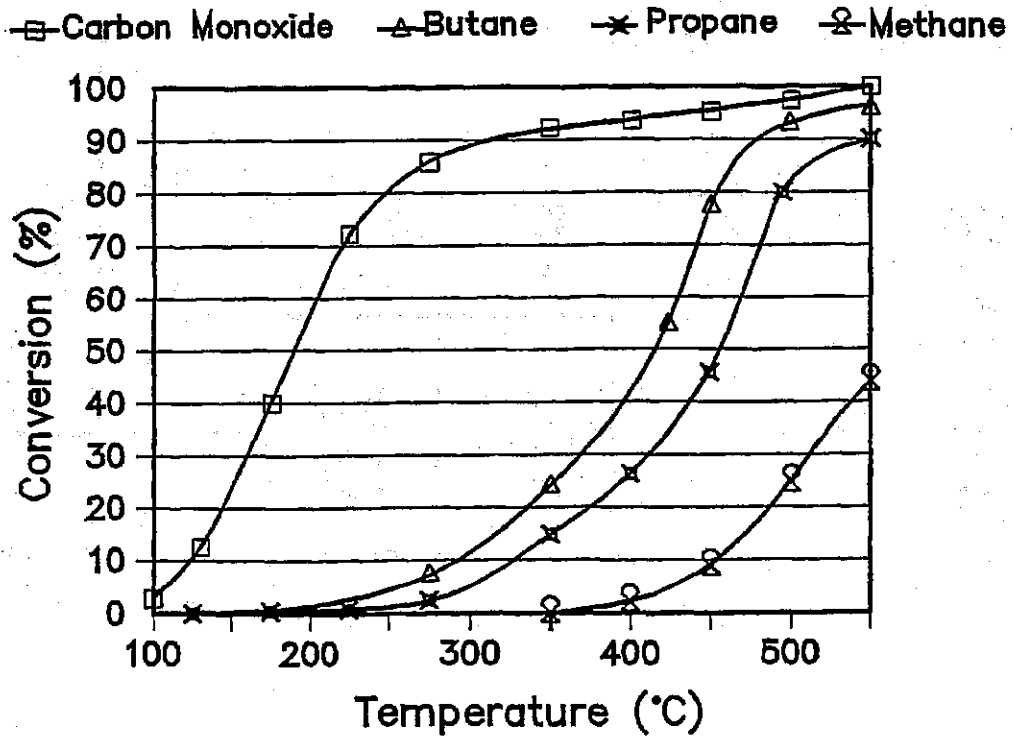


Figure 10