

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 619**

51 Int. Cl.:

B01D 53/14 (2006.01)

B01D 53/50 (2006.01)

B01D 53/96 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2010** **E 10192576 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016** **EP 2457634**

54 Título: **Depurador en húmedo para eliminar dióxido de azufre de un gas de proceso**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.04.2017

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH
(100.0%)
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

ÄHMAN, STEFAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 610 619 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

Depurador en húmedo para eliminar dióxido de azufre de un gas de proceso

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método de limpieza de un gas de proceso que contiene dióxido de azufre, mediante un depurador en húmedo.

La presente invención también se refiere a un depurador en húmedo para limpiar un gas de proceso que contiene dióxido de azufre, comprendiendo el depurador en húmedo un recipiente de absorción que funciona para poner el gas de proceso en contacto con un líquido de absorción a fin de absorber dióxido de azufre procedente del gas de proceso.

10 Antecedentes de la invención

15 En la combustión de un combustible, tal como carbón, petróleo, turba, residuos, etc., en una instalación de combustión, tal como una central eléctrica, se genera un gas de proceso caliente, conteniendo tal gas de proceso, entre otros componentes, dióxido de carbono, CO₂. Con las crecientes demandas ambientales, se han desarrollado varios procesos para eliminar dióxido de carbono del gas de proceso. Uno de tales procesos es el denominado proceso de oxicomcombustible, uno de cuyos ejemplos se describe en el documento US 2007/0243119. En un proceso de oxicomcombustible, un combustible, tal como uno de los combustibles mencionados anteriormente, se quema en presencia de un gas pobre en nitrógeno. El gas oxígeno, que es proporcionado por una fuente de oxígeno, se suministra a una caldera en la que el gas oxígeno oxida el combustible. En el proceso de combustión de oxicomcombustible, se produce un gas de combustión rico en dióxido de carbono cuyo contenido de dióxido de carbono se puede comprimir en una unidad independiente y desechar con el fin de reducir la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

20 El dióxido de carbono, CO₂, generado en un proceso de oxicomcombustible, normalmente se comprime a alta presión, o incluso se licúa, antes de ser eliminado. La compresión del dióxido de carbono está asociada a estrictos requisitos de bajas concentraciones de impurezas. Una de esas impurezas es el dióxido de azufre, que se genera cuando los compuestos que contienen azufre del combustible se oxidan durante el proceso de combustión. El documento WO 2009/052775 da a conocer un depurador en húmedo que puede ser utilizado para la eliminación de dióxido de azufre de un gas de proceso generado en un proceso de combustión de oxicomcombustible. El depurador en húmedo del documento WO 2009/052775 puede en algunas situaciones no ser lo suficientemente eficaz con respecto a la eficacia de eliminación de dióxido de azufre requerida.

30 El documento US 3.873.532 describe un depurador en húmedo para eliminar dióxido de azufre usando una solución acuosa de NaOH como líquido de absorción. El líquido de absorción gastado se regenera mediante la adición de cal en la formación de sulfito de calcio y sulfato de calcio. También se puede introducir aire en el licor que se descarga del depurador, para oxidar más sulfito a sulfato ya que los precipitados de sulfato son más fáciles de filtrar o centrifugar que los precipitados de sulfito.

35 El documento US 3.883.639 describe un método para eliminar dióxido de azufre de gas residual, comprendiendo dicho método poner el gas de proceso en contacto con un líquido de absorción en un recipiente de absorción para absorber dióxido de azufre del gas de proceso; a continuación, mezclar el líquido de absorción en un tanque de disolución de absorbente al mismo tiempo que material absorbente en forma de piedra caliza o dolomita y con un gas que contiene dióxido de carbono de manera que el pH se ajuste entre 4 y 7; a continuación, devolver al menos una parte del líquido de absorción al recipiente de absorción para absorber más dióxido de azufre del gas de proceso.

Breve descripción de la invención

45 Los inconvenientes y deficiencias anteriores del estado de la técnica se superan o reducen mediante el uso de un método de limpieza de un gas de proceso que contiene dióxido de azufre mediante un depurador en húmedo, comprendiendo dicho método las características de la reivindicación 1.

Una ventaja de este método es que aumenta la eliminación de dióxido de azufre. Este efecto puede ser atribuido a la adición del gas que contiene dióxido de carbono al líquido de absorción, creyéndose que el dióxido de carbono añadido aumenta la capacidad de eliminación de dióxido de azufre del líquido de absorción.

50 De acuerdo con la invención, la etapa de mezclar el líquido de absorción con un gas que contiene dióxido de carbono que comprende al menos 20 % en volumen de dióxido de carbono, se lleva a cabo al mismo tiempo que la etapa de adición de un material absorbente a al menos una parte del líquido de absorción. Una ventaja de esta realización es que puede disolverse una mayor cantidad de material absorbente en el líquido de absorción, haciendo esto que el líquido de absorción sea más eficiente para eliminar dióxido de azufre del gas de proceso.

De acuerdo con la invención, el método comprende además mezclar el líquido de absorción con un gas que contiene oxígeno, conteniendo al menos 3 % en volumen de oxígeno, O₂, antes de mezclar el líquido de absorción con el gas que contiene dióxido de carbono, que comprende al menos 20 % en volumen de dióxido de carbono. Una ventaja de esta realización es que la oxidación de especies de azufre capturadas en un producto residual adecuado, tal como yeso, puede llevarse a cabo antes de añadir el dióxido de carbono gaseoso. Esto reduce el riesgo de que cualquiera de las especies de azufre débilmente unidas, tales como iones de sulfito, se descomponga para formar dióxido de azufre gaseoso por la influencia del dióxido de carbono añadido.

De acuerdo con la invención, la etapa de mezclar el líquido de absorción con un gas que contiene oxígeno, conteniendo al menos 3 % en volumen de oxígeno, O₂, se realiza en un tanque de oxidación desde el cual se transfiere líquido de absorción a un tanque de disolución de absorbente en el que se lleva a cabo la etapa de mezclar el líquido de absorción con un gas que contiene dióxido de carbono, comprendiendo al menos 20 % en volumen de dióxido de carbono. Una ventaja de esta realización es que la mezcla del líquido de absorción con el gas que contiene oxígeno y con el gas que contiene dióxido de carbono en tanques individuales reduce el riesgo de efectos secundarios no deseados, tales como la descomposición de especies de azufre disueltas en dióxido de azufre gaseoso y / o la descomposición, inducida por gas que contiene oxígeno, de especies de carbonato disueltas en dióxido de carbono gaseoso.

De acuerdo con la invención, se añade una primera parte del material absorbente al tanque de disolución de absorbente, y se añade una segunda parte del material absorbente al líquido de absorción después de que el líquido de absorción ha salido del tanque de disolución de absorbente. Una ventaja de esta realización es que la disolución de material absorbente en el tanque de disolución de absorbente puede llevarse a cabo a un pH que sea óptimo para que tal disolución sea eficiente, mientras que el pH puede ser alterado posteriormente mediante la segunda parte del material absorbente, hasta un nivel que sea óptimo para la eliminación de dióxido de azufre en el recipiente de absorción.

De acuerdo con una realización, el gas que contiene dióxido de carbono, que comprende al menos 20 % en volumen de dióxido de carbono, se origina al menos en parte a partir de gas de proceso que se ha de limpiar, o que ya ha sido limpiado, en el depurador en húmedo. Una ventaja de esta realización es que el coste de explotación se reduce, ya que el gas de proceso está disponible en grandes cantidades a muy bajo coste. Por lo tanto, no será necesario comprar el gas que contiene dióxido de carbono que se va a mezclar con el líquido de absorción.

Según una realización, al menos una parte del gas que contiene dióxido de carbono, que comprende al menos 20 % en volumen de dióxido de carbono, se genera en una caldera de oxcombustible. Una caldera de oxcombustible genera una gran cantidad de gas de proceso que contiene dióxido de carbono, conteniendo un alto porcentaje de gas de dióxido de carbono. Por tanto, un gas de proceso generado en una caldera de oxcombustible es muy adecuado para ser mezclado con el líquido de absorción, y está disponible a bajo coste, o sin coste.

Otros objetos y características de la presente invención quedarán claros a partir de la siguiente descripción detallada y las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describe en más detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 es una vista lateral esquemática de un sistema de caldera que comprende un depurador en húmedo.

La figura 2 es una vista lateral esquemática ampliada del depurador en húmedo de la figura 1.

40 Descripción de realizaciones preferidas

La figura 1 es una representación esquemática de un sistema de caldera 1, tal como se ve desde un lado de la misma. El sistema de caldera 1 comprende como componentes principales una caldera 2, siendo en esta realización una caldera de oxcombustible, un sistema de generación de energía eléctrica de turbina de vapor, indicado esquemáticamente como 4, un dispositivo de eliminación de partículas en la forma de un precipitador electrostático 6 y un dispositivo de eliminación de dióxido de azufre en forma de un depurador en húmedo 8, que se describirá con más detalle a continuación con referencia a la figura 2.

Volviendo a la figura 1, un combustible, tal como carbón, petróleo o turba, está contenido en un dispositivo de almacenamiento de combustible 10 y se puede suministrar a la caldera 2 a través de una tubería de alimentación 12. Una fuente de gas oxígeno 14 funciona para proporcionar gas oxígeno en un modo que es conocido per se. La fuente de gas oxígeno 14 puede ser una planta de separación de aire para separar gas oxígeno a partir de aire, una membrana de separación de oxígeno, un tanque de almacenamiento o cualquier otra fuente para proporcionar gas oxígeno al sistema 1. Un conducto de alimentación 16 funciona para enviar el gas oxígeno producido, que comprende típicamente de 90 a 99,9 % en volumen de oxígeno, O₂, a la caldera 2. Un conducto 18 funciona para enviar gas de combustión recirculado, que contiene dióxido de carbono, a la caldera 2. Como se indica en la figura 1,

el conducto de alimentación 16 se une al conducto 18 aguas arriba de la caldera 2, de modo que el gas oxígeno y el gas de combustión recirculado, que contiene dióxido de carbono, pueden llegar a mezclarse entre sí para formar una mezcla de gas que contiene típicamente entre aproximadamente 20 y 50 % en volumen de gas oxígeno, siendo el resto principalmente dióxido de carbono y vapor de agua, aguas arriba de la caldera 2. Ya que casi no entra aire en la caldera 2, casi no se suministra gas nitrógeno a la caldera 2. En funcionamiento práctico, menos de 3 % en volumen del volumen de gas suministrado a la caldera 2 es aire que entra principalmente a la caldera 2 como una fuga de aire. La caldera 2 funciona para quemar el combustible, que ha de ser suministrado a través de la tubería de alimentación 12, en presencia del gas oxígeno, mezclado con el gas de combustión recirculado, que contiene dióxido de carbono, que ha de ser suministrado a través del conducto 18. Una tubería de vapor 20 funciona para enviar vapor, que se produce en la caldera 2 como resultado de la combustión, al sistema de generación de energía eléctrica de turbina de vapor 4, que funciona para generar energía en forma de energía eléctrica.

Un conducto 22 funciona para enviar gas de combustión rico en dióxido de carbono generado en la caldera 2 al precipitador electrostático 6. Por "gas de combustión rico en dióxido de carbono" se entiende que el gas de combustión que sale de la caldera 2 a través del conducto 22 contendrá al menos 40 % en volumen de dióxido de carbono, CO₂. A menudo más del 50 % en volumen del gas de combustión que sale de la caldera 2 será dióxido de carbono. El resto del "gas de combustión rico en dióxido de carbono" será de aproximadamente de 20 a 50 % en volumen de vapor de agua (H₂O), entre 2 y 7 % en volumen de oxígeno (O₂), ya que un ligero exceso de oxígeno se prefiere a menudo en la caldera 2, y totalmente entre alrededor de 0 y 10 % en volumen de otros gases que incluyen principalmente nitrógeno (N₂) y argón (Ar), ya que raras veces pueden evitarse completamente algunas fugas de aire.

El precipitador electrostático 6, que puede ser de un tipo conocido per se, por ejemplo, del documento US 4.502.872, elimina la mayor parte de las partículas de polvo del gas de combustión rico en dióxido de carbono. Como alternativa a un precipitador electrostático, un filtro de tela, que es de por sí conocido a partir de, por ejemplo, el documento US 4.336.035, puede ser utilizado para eliminar las partículas de polvo. Un conducto 24 funciona para enviar el gas de combustión rico en dióxido de carbono desde el precipitador electrostático 6 al depurador en húmedo 8.

El depurador en húmedo 8 es del tipo de depurador de torre, un tipo de depurador que es de por sí conocido a partir de, por ejemplo, el documento EP 0 162 536. El depurador en húmedo 8, que funciona para eliminar la mayor parte del contenido de dióxido de azufre del gas de combustión rico en dióxido de carbono procedente de la caldera 2 a través del precipitador electrostático 6, comprende una bomba de circulación 26 que funciona para hacer circular, por una tubería de circulación de líquido de absorción 28, un líquido de absorción en el depurador en húmedo 8 a un conjunto de boquillas 30. Las boquillas 30 funcionan para atomizar el líquido de absorción en el depurador en húmedo 8 y para lograr un buen contacto entre el líquido de absorción y el gas de combustión que está siendo enviado al depurador en húmedo 8 a través del conducto 24 y que fluye sustancialmente de manera vertical hacia arriba dentro del depurador en húmedo 8. La manera en que se prepara y se trata el líquido de absorción, se describirá con más detalle a continuación con referencia a la figura 2.

Como alternativa al depurador en húmedo 8 del tipo de torre, se pueden utilizar otros tipos de depuradores húmedos para eliminar dióxido de azufre del gas de combustión rico en dióxido de carbono. Uno de tales dispositivos alternativos es un depurador de lecho burbujeante, uno de cuyos ejemplos se da a conocer en el documento WO 2005/007274. El depurador de lecho burbujeante comprende un recipiente de absorción en forma de placa perforada que contiene en su lado superior una capa de un líquido de absorción a través de cuya capa se hace burbujear el gas de proceso.

Volviendo a la figura 1, el gas de combustión rico en dióxido de carbono del cual se elimina la mayoría, si no la totalidad, del dióxido de azufre, sale del depurador en húmedo 8 a través de un conducto 32 que envía el gas de combustión a un punto de distribución de gas 34. En el punto de distribución de gas 34, el gas de combustión rico dióxido de carbono se divide en dos flujos, a saber, un primer flujo que, a través del conducto 18, es recirculado de nuevo a la caldera 2, y un segundo flujo que, a través de un conducto 36, es enviado a una unidad de compresión y purificación de gas 38 en la que el gas de combustión rico en dióxido de carbono es comprimido para su eliminación final, que a veces se denomina secuestro de CO₂. El primer flujo, que es recirculado de nuevo a la caldera 2, comprende típicamente de 50 a 90 % en volumen del flujo total del gas de combustión rico en dióxido de carbono que sale del depurador en húmedo 8.

La figura 2 ilustra el depurador en húmedo 8 con más detalle. Como ya se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 1, el gas de combustión rico en dióxido de carbono es transportado al depurador en húmedo 8 a través del conducto 24. El depurador en húmedo 8 comprende, como componentes principales del mismo, un recipiente de absorción en forma de una torre depuradora en húmedo abierta 40 y un sistema de tratamiento de líquido de absorción 42. La torre depuradora en húmedo abierta 40 está provista de una entrada de gas 44, que se encuentra en una parte inferior de la torre depuradora en húmedo 40, y una salida de gas 46, que se encuentra en una parte superior de la torre depuradora en húmedo 40. La tubería de circulación de líquido de absorción 28 está conectada de manera fluida a una serie de partes tubulares 48, comprendiendo cada una de estas partes tubulares una serie de boquillas de atomización conectadas de manera fluida 30. El gas de combustión rico en dióxido de carbono entra en la torre depuradora en húmedo 40 por la entrada 44 y es transportado verticalmente hacia arriba a través de la

torre depuradora en húmedo 40, poniéndose en contacto total con el líquido de absorción atomizado por las boquillas 30.

5 Un eliminador de nieblas 50 se encuentra por encima de las partes tubulares 48 y las boquillas 30. El eliminador de nieblas 50, que se encuentra adyacente a la salida de gas 46, elimina al menos una parte de las gotitas de líquido de absorción arrastradas por el gas de combustión que está siendo transportado verticalmente hacia arriba a través de la torre depuradora en húmedo 40, antes de permitir que el gas de combustión limpio salga del depurador en húmedo 8 a través de la salida 46 y el conducto 32.

10 El sistema de tratamiento líquido de absorción 42 comprende, como componentes principales del mismo, un primer tanque, que es un tanque de oxidación 52, un segundo tanque, que es un tanque de disolución de absorbente 54 y un sistema de preparación de suspensión absorbente 56.

15 El tanque de oxidación 52 está provisto de un sistema de oxidación 58 que comprende una tubería 60 y una serie de boquillas 62 que están conectadas de manera fluida a la tubería 60 y dispuestas en el fondo del tanque de oxidación 52. Un primer dispositivo de transporte de gas en forma de ventilador 64 está conectado de manera fluida, a través de un conducto de alimentación 66, a la tubería 60. La torre depuradora en húmedo 40 tiene, en su extremo inferior, un tanque inferior 68 que recoge el líquido de absorción que ha sido atomizado por las boquillas 30. Una tubería 70 está conectada de manera fluida al tanque inferior 68 y al tanque de oxidación 52 y funciona para transportar líquido de absorción desde el tanque inferior 68 al tanque de oxidación 52.

20 El ventilador 64 funciona para soplar un gas que contiene oxígeno al sistema de oxidación 58 desde una primera fuente de gas. La primera fuente de gas puede ser, por ejemplo, el aire ambiente. El gas que contiene oxígeno soplado por el ventilador 64 al sistema de oxidación 58 comprende preferiblemente al menos 3 % en volumen de oxígeno, O₂, más preferiblemente al menos 5 % en volumen de oxígeno, y más preferiblemente al menos 10 % en volumen de oxígeno, y preferiblemente menos de 5 % en volumen de dióxido de carbono, CO₂, más preferiblemente menos de 1 % en volumen de dióxido de carbono. Un gas que contiene oxígeno típico podría comprender de 10 a 25 100 % en volumen de oxígeno, de 0 a 1 % en volumen de dióxido de carbono, y totalmente de 0 a 90 % en volumen de otros gases, incluyendo por ejemplo nitrógeno, N₂, vapor de agua, H₂O, y argón, Ar. El ventilador 64 puede soplar, por ejemplo, aire ambiente que comprende aproximadamente 21 % en volumen de oxígeno, y aproximadamente 0,04 % en volumen de dióxido de carbono a la disposición de oxidación 58. Otras mezclas de gases también son posibles, incluyendo, por ejemplo, gas oxígeno casi puro, que comprende por ejemplo de 90 a 30 100 % en volumen de oxígeno, y varias mezclas de gas oxígeno y aire ambiente. Las boquillas 62 distribuyen el gas que contiene oxígeno suministrado desde el ventilador 64 en el líquido de absorción contenido en el tanque de oxidación 52.

35 El tanque de oxidación 52 puede estar provisto de un agitador 72, que es útil para mejorar el contacto entre el líquido de absorción y el gas que contiene oxígeno. Una tubería 74 está conectada de manera fluida al tanque de oxidación 52 y funciona para transportar líquido de absorción del tanque de oxidación 52 al tanque de disolución de absorbente 54. Otra tubería 76 está conectada de manera fluida al tanque de oxidación 52 y funciona para transportar líquido de absorción del tanque de oxidación 52 a una unidad de deshidratación 78. En la unidad de deshidratación 78, un dispositivo de filtrado, tal como un filtro de cinta 80, se utiliza para separar un producto residual sólido, tal como yeso, del líquido de absorción, formando de ese modo un producto residual sólido y un líquido más o menos claro. El producto residual sólido se separa del líquido en el filtro de cinta 80, y se recoge en un 40 depósito de producto residual 82. El líquido más o menos claro se bombea, mediante una bomba 84 y a través de una tubería conectada de manera fluida 86, de vuelta al tanque de oxidación 52.

45 Una pared vertical 88 se puede extender desde el fondo del tanque de oxidación 52 y casi hasta la superficie del líquido de absorción en el tanque 52. La pared vertical 88 separa el sistema de oxidación 58 de la posición en la que las tuberías 74, 76 están conectadas al tanque 52 y reduce la cantidad de burbujas de gas que salen del tanque 52 con el líquido de absorción.

50 El tanque de disolución de absorbente 54 está provisto de un sistema de acidificación 90 que comprende una tubería 92 y una serie de boquillas 94 que están conectadas de manera fluida a la tubería 92 y dispuestas en el fondo del tanque de disolución de absorbente 54. Las boquillas 94 pueden comprender, por ejemplo, una pluralidad de aberturas circulares, teniendo cada una un diámetro de 2 a 20 mm y estando formadas en la pared de la tubería 92. Un segundo dispositivo de transporte de gas en forma de ventilador 96 está conectado de manera fluida, a través de un conducto de alimentación 98, a la tubería 92. El ventilador 96 funciona para soplar un gas que contiene dióxido de carbono que comprende al menos 20 % en volumen de dióxido de carbono, CO₂, al sistema de acidificación 90. El gas que contiene dióxido de carbono soplado por el ventilador 96 al sistema de acidificación 90 comprende preferiblemente al menos 30 % en volumen de dióxido de carbono, y más preferiblemente al menos 50 % en 55 volumen de dióxido de carbono. Un gas que contiene dióxido de carbono típico podría comprender de 20 a 100 % en volumen de dióxido de carbono, de 0 a 5 % en volumen de oxígeno, y totalmente de 0 a 80 % en volumen de otros gases, incluyendo por ejemplo nitrógeno, N₂, vapor de agua, H₂O, y argón, Ar. En la realización representada en la figura 2, el ventilador 96 arrastra, a través de un conducto conectado de manera fluida 100, un gas que contiene dióxido de carbono desde una segunda fuente de gas, siendo la segunda fuente de gas en esta realización el

conducto 32 a través del cual sale el gas de combustión rico en dióxido de carbono del que se ha eliminado la mayoría, si no todo, del dióxido de azufre, del depurador en húmedo 8. El gas de combustión rico en dióxido de carbono del conducto 32 tiene un contenido de dióxido de carbono de típicamente al menos 40 % en volumen, a menudo al menos 50 % en volumen, y está disponible en grandes cantidades. Puesto que el gas de combustión rico en dióxido de carbono es un producto residual, no hay casi ningún coste para su uso en el sistema de acidificación 90. Las boquillas 94 distribuyen el gas que contiene dióxido de carbono suministrado desde el ventilador 96 en el líquido de absorción contenido en el tanque de disolución de absorbente 54.

El tanque de disolución de absorbente 54 puede estar provisto de un agitador 102, que es útil para mejorar el contacto entre el líquido de absorción y el gas que contiene dióxido de carbono. Una tubería de retorno 104 está conectada de manera fluida al tanque de disolución de absorbente 54. La bomba de circulación 26, que funciona para hacer circular, por la tubería de circulación de líquido de absorción 28, el líquido de absorción a las boquillas 30, está conectada de manera fluida a la tubería 104 y transporta el líquido de absorción del tanque de disolución de absorbente 54 a las boquillas 30.

Una pared vertical 105 puede extenderse desde el fondo del tanque 54 y casi hasta la superficie del líquido de absorción en el depósito 54. La pared vertical 105 separa el sistema de acidificación 90 de la posición en la que la tubería 104 está conectada al tanque 54 y reduce la cantidad de burbujas de gas que salen del tanque 54 con el líquido de absorción.

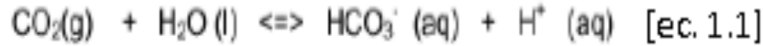
Una suspensión de absorbente se suministra al tanque de disolución de absorbente 54 desde el sistema de preparación de suspensión de absorbente 56 a través de una tubería de alimentación de absorbente 106. El sistema de preparación de suspensión de absorbente 56 comprende un silo de absorbente 108 que funciona para almacenar material absorbente en forma de polvo, un tanque de mezcla de suspensión de absorbente 110, un alimentador de absorbente 112, que se utiliza para alimentar material absorbente del silo 108 al tanque 110, una tubería de agua 114, que se utiliza para alimentar agua, o un líquido que contiene al menos un poco de agua, al tanque 110, y un agitador 116 que se utiliza para mezclar el material absorbente con el agua en el tanque 110 a fin de formar una suspensión de absorbente. Una bomba de suspensión de absorbente 118 se utiliza para transportar suspensión de absorbente del depósito 110 al tanque de disolución de absorbente 54 a través de una tubería conectada de manera fluida 106. Opcionalmente, el líquido más o menos claro generado en la unidad de deshidratación 78 puede ser transportado, a través de una bomba 84 y una tubería conectada de manera fluida 120, al tanque de mezcla de suspensión de absorbente 110. El líquido más o menos claro suministrado a través del conducto 120 puede reducir, o incluso eliminar, la necesidad de agua o de líquido que contiene agua, suministrado a través de la tubería 114.

La cantidad de suspensión de absorbente suministrada al tanque de disolución de absorbente 54 se puede controlar midiendo, con un primer sensor de pH 122, el pH del líquido de absorción en el tanque de disolución 54. El pH medido con el sensor de pH 122 se utiliza para controlar una válvula de control 124 dispuesta en una tubería 106 y para controlar el flujo de suspensión de absorbente a través de la tubería 106. El pH medido con el sensor 122 se compara con un punto de ajuste de pH, tal como un punto de ajuste que indica un pH adecuado para un alto grado de disolución de material absorbente en el líquido de absorción. Cuando, por ejemplo, el pH medido con el sensor 122 es menor que el punto de ajuste de pH, la válvula 124 se abre para aumentar el flujo de suspensión de absorbente al tanque de disolución 54 a fin de aumentar el pH.

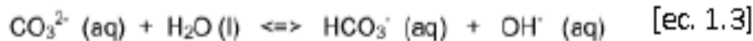
Opcionalmente, un segundo sensor de pH 126 está dispuesto para medir el pH del líquido de absorción transportado por la tubería 104. Otra tubería de alimentación de absorbente 128 puede estar conectada de manera fluida a la tubería 106 y se puede utilizar para transportar suspensión de absorbente del tanque 110, a través de la bomba 118 y la tubería 106, a la tubería 104. La otra tubería de alimentación de absorbente 128 está conectada de manera fluida a la tubería 104 aguas arriba de la posición del segundo sensor de pH 126. El pH medido con el sensor de pH 126 se utiliza para controlar una válvula de control 130 dispuesta en la tubería 128 y utilizada para controlar el flujo de suspensión de absorbente a través de la tubería 128. El pH medido con el sensor 126 se compara con un punto de ajuste de pH, tal como el punto de ajuste que indica un pH deseado del líquido de absorción que ha de ser atomizado por las boquillas 30 en la torre depuradora en húmedo 40. Cuando, por ejemplo, el pH medido con el sensor 126 es menor que el punto de ajuste de pH, la válvula 130 se abre para aumentar el flujo de suspensión de absorbente a la tubería 104 a fin de aumentar el pH. Típicamente, el punto de ajuste de pH del líquido de absorción del tanque 54 es un pH de entre 5 y 6, en el que el punto de ajuste de pH del líquido de absorción de la tubería 104 es típicamente de aproximadamente 0.1 a 0.5 unidades mayor, es decir, el punto de ajuste de pH del líquido de absorción en la tubería 104 es típicamente un pH de 5.1 a 6.5. Por tanto, una primera parte de la cantidad total de material absorbente suministrado puede ser suministrada al tanque de disolución de absorbente 54 a través de la tubería de alimentación de absorbente 106, y una segunda parte de la cantidad total de material absorbente puede ser suministrada a la tubería de retorno 104 a través de la otra tubería de alimentación de absorbente 128. En la realización ilustrada en la figura 2, la segunda parte del material absorbente se alimenta a la tubería de retorno 104 mediante la otra tubería de alimentación de absorbente 128. Se apreciará que medios de mezcla, tales como un mezclador estático, un tanque de mezcla independiente, etc., podrían estar dispuestos en la tubería de retorno 104 para mejorar aún más la mezcla de líquido de absorción y material absorbente.

Sin estar limitado por ninguna teoría específica, se cree que las reacciones que se producen en las diferentes partes del depurador en húmedo 8 pueden ser las siguientes:

5 El ventilador 96 suministra un gas que contiene dióxido de carbono al tanque de disolución de absorbente 54. Como consecuencia de esto, el dióxido de carbono, CO₂, reaccionará con moléculas de agua, H₂O, del líquido de absorción del tanque de disolución de absorbente 54:



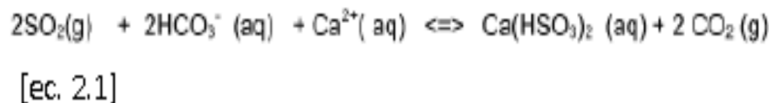
Al tanque de disolución de absorbente 54 se suministra una suspensión de un material absorbente desde el sistema de preparación de suspensión de absorbente 56. El material absorbente puede comprender, por ejemplo, piedra caliza, CaCO₃. La piedra caliza puede reaccionar con moléculas de agua en un proceso de dos etapas:



10 De las reacciones indicadas anteriormente, queda claro que los iones de hidrógeno, H⁺, generados cuando se disuelve el gas de dióxido de carbono en el líquido de absorción [ec. 1.1] pueden reaccionar con, y ser neutralizados por, iones de hidróxido, OH⁻, generados cuando la piedra caliza se disuelve en el líquido de absorción [ec. 1.2 y 1.3]. El producto de tal neutralización es agua. Esto tenderá a empujar el equilibrio de las ecuaciones 1.2 y 1.3 a la

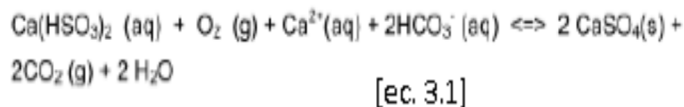
15 derecha, lo que significa que se puede disolver más piedra caliza en el líquido de absorción en el tanque de disolución de absorbente 54.

El líquido de absorción es transportado, a través de tuberías 104 y 28 a la torre depuradora en húmedo 40 y es atomizado por las boquillas 30. En la torre depuradora en húmedo 40 se producirá la siguiente reacción tras la absorción de dióxido de azufre, SO₂, comprendido en el gas de combustión:



20 Por tanto, se apreciará que los iones de bicarbonato, HCO₃⁻, generados en el tanque de disolución de absorbente 54 de acuerdo con las ecuaciones 1.1, 1.2 y 1.3, tenderá a empujar el equilibrio de la ecuación 2.1 a la derecha, lo que significa que el dióxido de azufre se absorbe de manera eficiente en el líquido de absorción.

25 El líquido de absorción es transportado, a través de la tubería 70, al tanque de oxidación 52. En el tanque de oxidación 52, se puede producir la siguiente reacción:



Por tanto, se forma yeso, CaSO_4 , a veces descrito como incluyendo dos moléculas de agua, es decir, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, como producto final.

5 Se puede observar a partir de las reacciones anteriores que la reacción que se produce de acuerdo con la ecuación 1.1 al suministrarse gas que contiene dióxido de carbono al tanque de disolución de absorbente 54 es beneficioso tanto en la disolución de piedra caliza en el tanque de disolución de absorbente 54, de acuerdo con las ecuaciones 1.2 y 1.3, para la absorción de dióxido de azufre, SO_2 , en la torre depuradora en húmedo 40, de acuerdo con la ecuación 2.1, como para la oxidación del bisulfito de calcio $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$, formado en el tanque de oxidación 52, de acuerdo con la ecuación 3.1. Por ejemplo, los equilibrios de las ecuaciones 2.1 y 3.1 son empujados hacia la derecha por un aumento de la concentración del ion de bicarbonato, $\text{HCO}_3^- (\text{aq})$. Por tanto, la eliminación de dióxido de azufre es más eficiente en comparación con los depuradores húmedos de la técnica anterior. Los problemas causados por el dióxido de azufre en la unidad de compresión y purificación de gas 38, representada en la figura 1, se pueden evitar, o al menos reducirse.

15 Se apreciará que son posibles numerosas variantes de las realizaciones descritas anteriormente dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

En lo que antecede se ha descrito que la piedra caliza, CaCO_3 , se utiliza como material absorbente. Se apreciará que también se podrían utilizar otros materiales absorbentes. Ejemplos de tales otros materiales incluyen dolomita, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, y otros materiales absorbentes que son adecuados para la eliminación de dióxido de azufre.

20 En lo que antecede se ha descrito que el material absorbente, tal como la piedra caliza, se añade al líquido de absorción en el mismo tanque, a saber, el tanque de disolución de absorbente, en el que el gas que contiene dióxido de carbono se mezcla con el líquido de absorción. Se apreciará que el gas que contiene dióxido de carbono podría mezclarse con el líquido de absorción en otro tanque independiente, que podría estar dispuesto aguas arriba o aguas abajo, con respecto a la dirección de desplazamiento del líquido de absorción, de ese tanque en el que el material absorbente se añade al líquido de absorción.

25 En lo que antecede se ha descrito que el gas que contiene dióxido de carbono es arrastrado desde el conducto 32 en el que el gas de combustión limpio es transportado desde el depurador en húmedo 8. Se apreciará que el gas que contiene dióxido de carbono podría también, como alternativa, ser arrastrado desde el conducto 24 que suministra el gas de combustión sucio al depurador en húmedo 8, o incluso desde el conducto 22 en el que el gas de combustión sucio es transportado desde la caldera 2 al precipitador electrostático 6. En el caso del arrastre de gas que contiene dióxido de carbono desde cualquiera de los conductos 22, 24, o desde otro conducto que contiene gas de una composición similar, incluyendo una alta concentración de dióxido de azufre, se apreciará que se puede producir una emisión de dióxido de azufre desde el tanque de disolución de absorbente 54, aunque es probable que una parte del contenido de dióxido de azufre del gas que contiene dióxido de carbono sea absorbida por el líquido de absorción a través del cual burbujea el gas que contiene dióxido de carbono.

35 Otra opción es arrastrar gas que contiene dióxido de carbono procedente de la unidad de compresión y purificación de gas 38. La unidad de compresión y purificación de gas 38 comprime el dióxido de carbono en varias etapas mediante compresores, y con frecuencia también elimina un poco de agua y otras impurezas del dióxido de carbono antes del secuestro de CO_2 . Por tanto, en la unidad de compresión y purificación de gas 38, hay disponibles gases que contienen dióxido de carbono de diversos grados de pureza y presiones. Una parte de tal dióxido de carbono a presión podría ser enviada desde la unidad de compresión y purificación de gas 38 al sistema de acidificación 90 para su uso como un gas que contiene dióxido de carbono que se distribuye en el líquido de absorción contenido en el tanque de disolución de absorbente 54. A menudo no se necesita un ventilador, ya que el gas procedente de la unidad de compresión y purificación de gas 38 está a menudo sometido a presión. Por tanto, de acuerdo con esta realización alternativa, un conducto de alimentación 132 podría estar conectado de manera fluida a la unidad de compresión y purificación de gas 38 y a la tubería 92 para suministrar gas que contiene dióxido de carbono directamente desde la unidad de compresión y purificación de gas 38 al sistema de acidificación 90. De acuerdo con otra alternativa, un gas que contiene dióxido de carbono también puede ser suministrado al sistema de acidificación 90 a través un conducto de alimentación 132 procedente de otra fuente, tal como un tanque de almacenamiento de dióxido de carbono.

50 El sistema de caldera 1 que se describe con referencia a la figura 1, comprende una caldera de oxidación 2. Se apreciará que el depurador en húmedo 8 y el método de uso de tal depurador en húmedo 8, pueden utilizarse

5 también para otros tipos de caldera, incluidas las calderas de combustión de un combustible en presencia de aire ambiente en lugar de gas oxígeno. Durante el uso de un gas que contiene dióxido de carbono que está siendo arrastrado como parte del gas de proceso generado en el proceso de combustión, como se describe anteriormente con referencia a la figura 2, también es posible utilizar otra fuente de gas que contiene dióxido de carbono. Un ejemplo de otra fuente de gas que contiene dióxido de carbono es dióxido de carbono comprimido suministrado en camiones y suministrado al sistema de acidificación 90 a través de un conducto de alimentación 132.

10 Para resumir, un depurador en húmedo 8 para limpiar un gas de proceso que contiene dióxido de azufre comprende un recipiente de absorción 40 que funciona para poner el gas de proceso en contacto con un líquido de absorción para absorber dióxido de azufre del gas de proceso. El depurador en húmedo 8 comprende además un sistema de acidificación 90 que funciona para mezclar líquido de absorción que ha absorbido dióxido de azufre del gas de proceso con un gas que contiene dióxido de carbono, un tanque de disolución de absorbente 54 que funciona para añadir un material absorbente a al menos una parte del líquido de absorción, y una tubería de retorno 104 que funciona para devolver al recipiente de absorción 40 al menos una parte del líquido de absorción que se ha mezclado con el gas que contiene dióxido de carbono.

15 Aunque la invención se ha descrito con referencia a una serie de realizaciones preferidas, los expertos en la técnica entenderán que pueden hacerse varios cambios y que pueden sustituirse elementos de las mismas por equivalentes sin apartarse del alcance de la presente invención. Además, pueden realizarse muchas modificaciones para adaptar una situación o material particular a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por tanto, se pretende que la invención no esté limitada a las realizaciones particulares descritas como el mejor modo contemplado para llevar a cabo esta invención, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, el uso de los términos primero, segundo, etc., no denota ningún orden de importancia, sino más bien los términos primero, segundo, etc. se utilizan para distinguir un elemento de otro.

20

REIVINDICACIONES

1. Método para limpiar un gas de proceso que contiene dióxido de azufre mediante un depurador en húmedo (8), comprendiendo dicho método
- 5 poner el gas de proceso en contacto con un líquido de absorción en un recipiente de absorción (40) para absorber dióxido de azufre del gas de proceso,
- a continuación mezclar el líquido de absorción con un gas que contiene oxígeno, que contiene al menos 3 % en volumen de oxígeno, O₂, después
- mezclar el líquido de absorción con un gas que contiene dióxido de carbono y añadir un material absorbente a al menos una parte del líquido de absorción, después
- 10 devolver al menos una parte del líquido de absorción al recipiente de absorción (40) para absorber más dióxido de azufre del gas de proceso,
- en el que la mezcla de al menos una parte del líquido de absorción con el gas que contiene dióxido de carbono se lleva a cabo al mismo tiempo que la adición de un material absorbente a al menos una parte del líquido de absorción,
- 15 en el que el material absorbente es piedra caliza o dolomita, y en el que
- el gas que contiene dióxido de carbono comprende al menos 20 % en volumen de dióxido de carbono, en el que la etapa de mezclar el líquido de absorción con un gas que contiene oxígeno, que contiene al menos 3 % en volumen de oxígeno, O₂, se realiza en un tanque de oxidación (52) desde el que el líquido de absorción se transfiere a un tanque de disolución de absorbente (54) en el que se lleva a cabo la etapa de mezclar el líquido de absorción con un
- 20 gas que contiene dióxido de carbono que comprende al menos un 20 % en volumen de dióxido de carbono, en el que una primera parte del material absorbente se añade al tanque de disolución de absorbente (54), y en el que una segunda parte del material absorbente se añade al líquido de absorción después de que el líquido de absorción ha salido del tanque de disolución de absorbente (54), en el que la cantidad de material absorbente suministrada al tanque de disolución de absorbente (54) se controla midiendo el pH del líquido de absorción en el tanque de
- 25 disolución (54) mediante un primer sensor de pH (122) y utilizando el pH medido para controlar una válvula (124) comparando el pH medido y un punto de ajuste de pH del tanque de líquido de absorción (54) de pH 5 a 6, en el que la válvula (124) se abre para aumentar el flujo de líquido absorbente en el tanque de disolución (54) a fin de aumentar el pH cuando el pH medido por el sensor (112) es inferior al punto de ajuste de pH del tanque de líquido de absorción (54).
- 30 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el gas que contiene dióxido de carbono que comprende al menos un 20 % en volumen de dióxido de carbono proviene al menos parcialmente del gas de proceso que se va a limpiar o ya ha sido limpiado, en el depurador en húmedo (8).
3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte del gas que
- 35 contiene dióxido de carbono que comprende al menos 20 % en volumen de dióxido de carbono se genera en una caldera de oxicombustible (2).

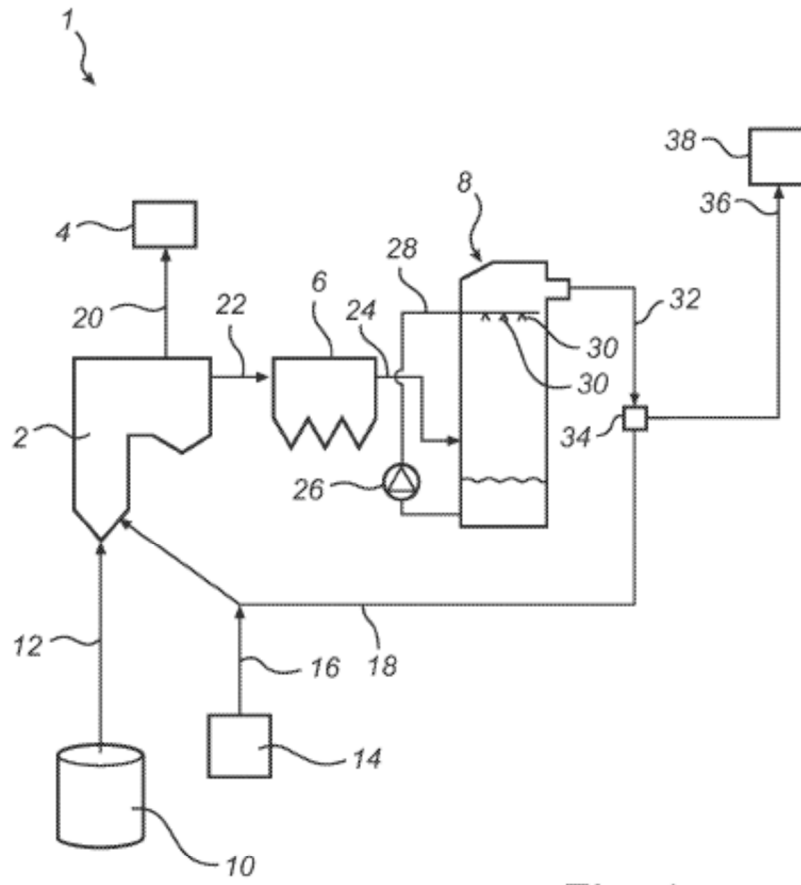


Fig. 1

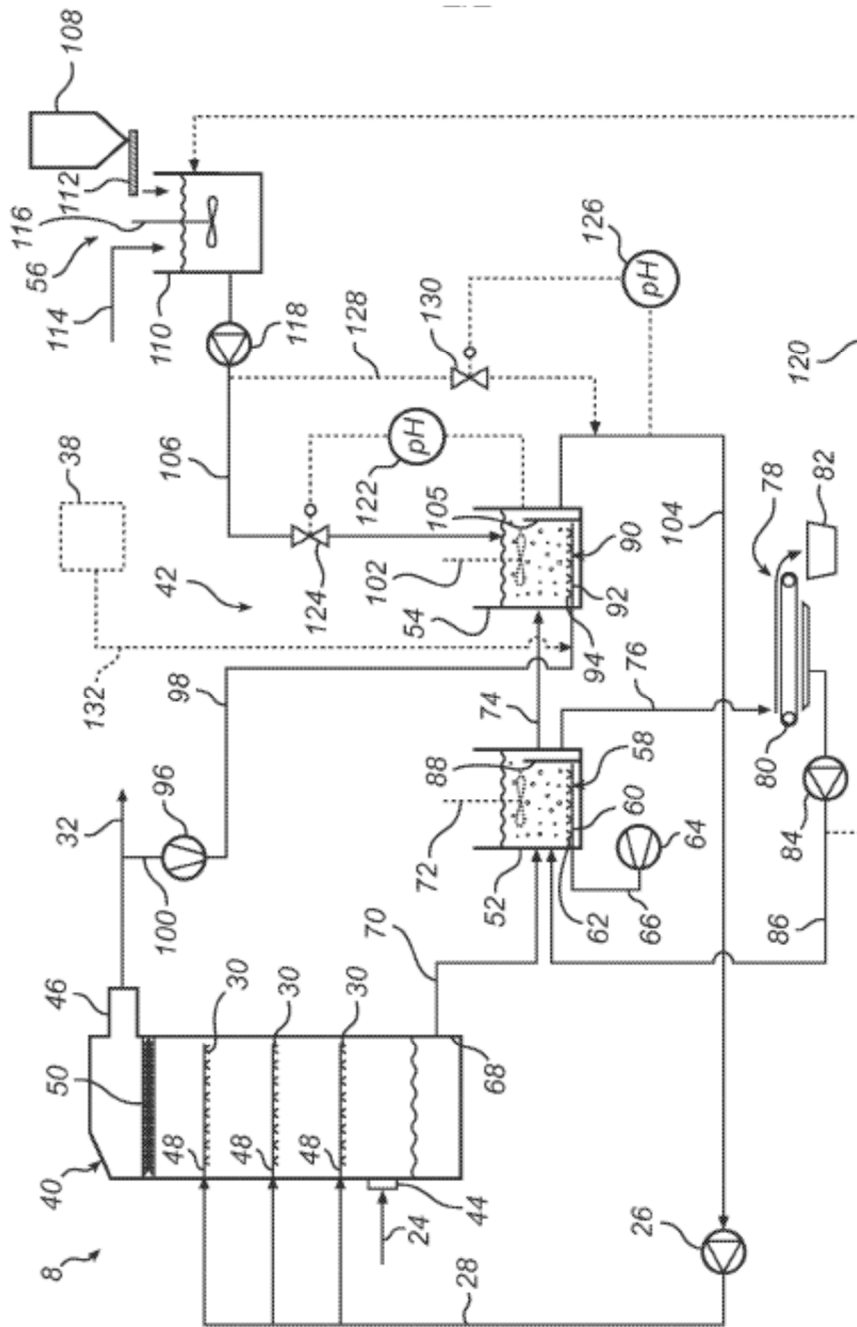


Fig. 2