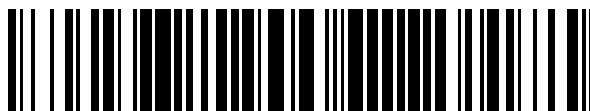


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 627**

51 Int. Cl.:
B01D 53/14 (2006.01)
C10L 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08785494 .9**
96 Fecha de presentación: **12.08.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2197566**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2010**

54 Título: **Procedimiento e instalación para la regeneración de una solución de lavado con aminas obtenida durante la depuración de gases**

30 Prioridad:
09.10.2007 DE 102007048565

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.07.2012

73 Titular/es:
**MT-Biomethan GmbH
Ludwig-Elsbett-Strasse 1
27404 Zeven, DE**

72 Inventor/es:
GÜNTHER, Lothar

74 Agente/Representante:
Tomas Gil, Tesifonte Enrique

ES 2 385 627 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

Procedimiento e instalación para la regeneración de una solución de lavado con aminas obtenida durante la depuración de gases.

5 [0001] La invención se refiere a un procedimiento para la regeneración de una solución de lavado con aminas obtenida durante la depuración de gases, en la que hay ligados químicamente CO₂ y compuestos sulfúricos, así como a una instalación adecuada para la realización del procedimiento. Diferentes gases, como p.ej. biogás, gases de escape de procesos químicos, gas de refinería o gas asociado al petróleo, contienen CO₂ y compuestos sulfúricos, que antes del uso posterior o de la derivación de estos gases a la atmósfera han de eliminarse de éstos mediante un lavado. Para ello se utilizan entre otros, procesos de depuración de gas físicos o químicos, donde un lavado químico se realiza preferiblemente mediante una solución de lavado con aminas, en la que se ligan químicamente CO₂ separado y compuestos sulfúricos. Por motivos económicos, es útil regenerar la solución de lavado con aminas contaminada, para que ésta pueda ser conducida al circuito para un nuevo uso.

15 [0002] En el documento DE 10 2005 051 952 B3 se describe en relación con la fabricación de metano y dióxido de carbono líquido a partir de gas de refinería o biogás un modo de proceder para la regeneración de una solución de lavado con aminas, en la que hay ligado exclusivamente CO₂. En este caso se comprime la solución de lavado contaminada saliente de una columna de absorción a una presión de 65 bar y se calienta en un intercambiador de calor a una temperatura de aprox. 175 °C. En estas condiciones ya escapa aproximadamente un 10 % del dióxido de carbono contenido en el agua de lavado a la fase de gas. Con un calentamiento adicional de la solución de lavado a una temperatura de 209 °C se alcanza una eliminación de más del 99% del dióxido de carbono de la solución de lavado. La solución de lavado se introduce a continuación en una columna de desorción, en la que se lleva a cabo la eliminación del dióxido de carbono restante con suministro adicional de calor. La solución de lavado regenerada se enfría a continuación gradualmente hasta 10 °C con recuperación de calor.

20 [0003] Son desventajas la alta presión de funcionamiento y las altas temperaturas. Esto último conduce a pérdidas de solución de lavado y aumenta el riesgo de disgregaciones. La solución de lavado depurada contiene aún pequeñas cantidades de impurezas, que repercuten desfavorablemente en la reutilización.

30 [0004] El documento WO 2004/052511 A divulga la regeneración de un disolvente físico en una serie de fases de expansión.

35 [0005] El documento WO 2005/044355 A divulga la regeneración de un disolvente en una columna de expansión de alta presión y en otra columna de expansión o serie de columnas de expansión.

40 [0006] La invención se basa en la tarea de crear un procedimiento para la regeneración de una solución de lavado con aminas que se obtiene en la depuración de gases, en la que hay ligados químicamente CO₂ y compuestos sulfúricos, que permita un funcionamiento más económico y con el que se obtenga una solución de lavado altamente pura.

45 [0007] Además, debe crearse una instalación adecuada para la realización del procedimiento. Según la invención, la tarea se soluciona de forma técnica con las características indicadas en la reivindicación 1. Formas de realización ventajosas del modo de proceder se indican en las reivindicaciones 2 hasta 10. Una instalación adecuada para la realización del procedimiento es objeto de la reivindicación 11. Configuraciones ventajosas de la instalación se indican en las reivindicaciones 12 y 13.

50 [0008] La solución de lavado contaminada se calienta hasta una temperatura de al menos 110 °C, eventualmente hasta 135 °C, preferiblemente 125 °C, y se comprime a una presión de al menos 4 bar, preferiblemente 6 hasta 12 bar, y a continuación, se expande en una primera etapa de expansión preferiblemente a una presión de 1 hasta 8 bar, donde la proporción predominante de CO₂ y compuestos sulfúricos se separa como flujo de gas de la solución de lavado (etapa de procedimiento a)).

55 [0009] A continuación, la solución de lavado extraída se calienta a una temperatura de al menos 130 °C, eventualmente hasta 160 °C, preferiblemente 145 °C, y se comprime a una presión de al menos 4 bar, preferiblemente 5 hasta 8 bar, y en una segunda etapa de expansión se expande a una presión, que es al menos 0,5 bar, eventualmente hasta 3 bar, más alta que la presión de expansión de la primera etapa de expansión, donde la proporción predominante de CO₂ y compuestos sulfúricos aún presentes se separa como flujo de gas de la solución de lavado (etapa de procedimiento b)). En la primera y segunda etapa de expansión, la expansión ocurre preferiblemente como expansión flash.

60 [0010] La solución de lavado extraída de la segunda etapa de expansión se enfría hasta una temperatura por debajo de 70 °C y en una tercera etapa de expansión se expande a una presión normal, se separan cantidades restantes aún presentes de CO₂ soluble y esta corriente parcial se enfría como solución de lavado completamente depurada hasta una temperatura normal (etapa de procedimiento c)).

65

- 5 [0011] La solución de lavado extraída después de la primera etapa de expansión y/o segunda etapa de expansión se divide en dos corrientes parciales. Una corriente parcial se reconduce en circuito a la respectiva etapa de expansión, y en cuanto a temperatura y presión se ajusta a las condiciones de la correspondiente etapa de expansión. Durante la expansión se separan de esta corriente parcial cantidades restantes aún presentes de compuestos sulfúricos. La otra corriente parcial no separada, se sigue tratando bien según la etapa de procedimiento b) o c).
- 10 [0012] La solución de lavado separada se comprime por ejemplo a una presión de 5 hasta 10 bar y se calienta a una temperatura, que es al menos 2 hasta 10 °C más alta que la temperatura de funcionamiento en la respectiva fase de expansión.
- 15 [0013] En la segunda fase de expansión se separan cantidades restantes aún presentes de CO₂ soluble y compuestos sulfúricos. En la tercera fase de expansión se da con las presentes condiciones (temperatura y presión) una redisolución de CO₂, que escapa de la solución de lavado. La solución de lavado posee ahora un grado máximo posible de pureza. Una vez se ha efectuado el enfriamiento a temperatura normal, ésta se puede reconducir al ciclo de lavado para la separación de CO₂ y compuestos sulfúricos del biogás.
- 20 [0014] El modo de proceder propuesto permite una regeneración de la solución de lavado contaminada con materias de diversas cargas con presiones y temperaturas comparativamente bajas, debido a la expansión multietapa prevista de presión y temperatura ajustadas. Además, se mantiene la proporción de agua contenida en la solución de lavado, puesto que mediante los vapores se añaden de nuevo a la solución de lavado depurada partes de agua evaporada separadas tras la realización de la condensación.
- 25 [0015] La expansión multietapa de la solución de lavado contaminada permite una separación más selectiva de CO₂, H₂S y COS (compuestos sulfúricos orgánicos). Condicionado por las diferentes condiciones de presión y temperatura, la cantidad de agua que escapa de la solución de lavado en las expansiones flash individuales puede reducirse de manera notable. Puesto que el agua posee un calor de evaporación más alto alrededor del coeficiente 5 que el de los componentes a eliminar de los gases, puede reducirse con ello considerablemente la entrada de energía necesaria para la regeneración necesaria.
- 30 [0016] La mezcla de gases de dióxido de carbono, agua y compuestos sulfúricos extraída como vapor en las fases de expansión según las etapas de procedimiento a) y b) se utiliza como medio de transferencia térmica para el calentamiento de la solución de lavado contaminada y se enfría por lo tanto hasta la temperatura normal.
- 35 [0017] La solución de lavado depurada obtenida de la segunda fase de expansión se utiliza como medio de transferencia térmica para el calentamiento de la solución de lavado contaminada.
- 40 [0018] De esta forma se permite un modo de procedimiento especialmente ventajoso energéticamente, en el que además se obtiene adicionalmente agua caliente.
- 45 [0019] A partir de la mezcla de gases enfriada a temperatura normal (vapor) se separa agua condensada en un separador. Ésta se mezcla en cantidad dosificada con la solución de lavado completamente depurada para el mantenimiento del contenido de aminas necesario.
- 50 [0020] El flujo de gas extraído de la primera y la segunda fase de expansión (CO₂ y compuestos sulfúricos) se puede desulfurar en caso de necesidad en un dispositivo de desulfuración conectado a continuación.
- [0021] Los tiempos de reacción en la primera fase de expansión se pueden reducir adicionalmente con un tratamiento por ultrasonido de la solución de lavado. El tiempo de permanencia o de reacción en esta fase se puede reducir por consiguiente con igual resultado de separación hasta aprox. el 30 %. A la segunda fase de expansión se puede conectar a continuación con el mismo procedimiento también una tercera o cuarta fase de expansión.
- 55 [0022] El valor del pH de la solución de lavado depurada se puede medir y sirve como magnitud regulada para el ajuste de la temperatura de la solución de lavado contaminada en las fases de expansión.
- [0023] Dentro de una fase de expansión la proporción entre la cantidad de corriente parcial separada y la cantidad añadida de solución de lavado contaminada es de 0,2 a 5.
- 60 [0024] La separación prevista de una cantidad parcial de solución de lavado en la primera y/o segunda fase de expansión tiene las siguientes ventajas.
- [0025] De esta forma, al separar una pequeña cantidad de corriente parcial se puede realizar un funcionamiento de mantenimiento del calor económico con consumo energético bajo. La cantidad de corriente parcial, la presión y la temperatura de la circulación de corriente parcial se pueden seguir ajustando a las cantidades de compuestos sulfúricos contenidos el en el biogás y utilizarse como magnitud regulada.
- 65 [0026] La alta pureza de la solución de lavado regenerada conduce en su utilización posterior para la depuración de biogás a otras ventajas.

- 5 [0027] El ajuste de la capacidad de trabajo de esta solución de lavado se encuentra respecto a la separación de dióxido de carbono en hasta más de 85 g/l y de los compuestos sulfúricos en hasta más de 15 g/l. De esta forma puede darse el mismo efecto de separación respecto al CO₂ con una cantidad de detergente más pequeña y sobre todo con una cantidad al mismo tiempo mayor de compuestos sulfúricos que hasta el momento. Por consiguiente, con la cantidad de detergente más pequeña también se disuelven cantidades más pequeñas de hidrocarburos en el agua de lavado. Las pérdidas de metano resultantes de este modo de procedimiento se encuentran por lo tanto en el área por debajo de 0,05 %. Con la utilización de cantidades de detergente más pequeñas se reduce el consumo energético.
- 10 [0028] Una instalación adecuada para la realización del procedimiento comprende un circuito de circulación para conducir la solución de lavado, en el que se integran en dirección de flujo una primera bomba, al menos un intercambiador de calor, al menos dos dispositivos de expansión conectados en serie y un primer separador. Entre el primer y el segundo dispositivo de expansión se integran en el circuito de circulación una segunda bomba y un intercambiador de calor conectado a continuación. Después de al menos uno de los dispositivos de expansión se ramifica del circuito de circulación un bucle de conducción, que está en contacto con el dispositivo de expansión, para la separación de una cantidad parcial de solución de lavado depurada y su reconducción al dispositivo de expansión. En el bucle de conducción se integran una tercera bomba y otro intercambiador de calor.
- 15 [0029] En el cabezal de los dispositivos de expansión se dispone una conducción para la extracción de los vapores, que está en contacto con un segundo separador para la separación del agua condensada. En esta conducción se integra al menos un intercambiador de calor para la refrigeración de los vapores. El segundo separador está conectado mediante una conducción con el primer separador para la transmisión dosificada de agua condensada.
- 20 [0030] Para el calentamiento gradual de la solución de lavado contaminada a la temperatura de trabajo necesaria se disponen antes del primer dispositivo de expansión tres intercambiadores de calor conectados en serie. El primer intercambiador de calor está integrado en la conducción que conduce los vapores y el segundo intercambiador en la conducción que conduce la solución de lavado caliente depurada. El tercer intercambiador de calor se puede calentar mediante un medio de transferencia térmica externo y es conectable temporalmente. Generalmente éste se utiliza sólo durante la fase de puesta en marcha.
- 25 [0031] La instalación propuesta se puede utilizar en un área de trabajo amplia y se caracteriza por un rendimiento energético alto.
- 30 [0032] La invención se explica a continuación con un ejemplo de realización. En el dibujo correspondiente se muestra el esquema funcional de una instalación para la regeneración de solución de lavado contaminada, en la que se enlazan CO₂ y compuestos sulfúricos como impurezas.
- 35 [0033] La instalación es p.ej. componente de una planta de tratamiento de biogás, en la que se eliminan CO₂ y compuestos sulfúricos contenidos en el biogás mediante un lavado de aminas. Para permitir una reutilización de la solución de lavado con aminas, es necesario eliminar completamente de ésta las impurezas, CO₂ y compuestos sulfúricos. La solución de lavado contaminada obtenida (aprox. 9 m³/h) con una concentración de aminas del 40 %, una temperatura de 38 °C y una carga de 85g de CO₂/l y 6 g de H₂S/l se suministra a través de una conducción 1, y mediante la bomba de circulación P1 se conduce por los intercambiadores de calor conectados en serie W1, W2 y W3, y en éstos se calienta gradualmente hasta aprox. 65 °C, y a continuación hasta aprox. 125 °C, y se comprime hasta a una presión de 7,5 bar. A continuación, la solución de lavado contaminada caliente accede a un primer dispositivo de expansión flash F1 (primera fase de expansión) y se expande en éste a una presión de aprox. 4,5 bar. Durante el procedimiento de expansión se liberan aprox. un 60 % de las impurezas ligadas químicamente en la solución de lavado (dióxido de carbono y compuestos sulfúricos) en un tiempo de reacción posterior inferior a 400 s y una temperatura de reacción de aprox. 125 °C, que se extraen en el cabezal del dispositivo de expansión flash F1 como vapor a través de la conducción 6. En estas condiciones se reduce en la solución de lavado la proporción de CO₂ ligado químicamente de 85 g/l a 40 g/l y de compuestos sulfúricos de 6 g/l a 4 g/l. La solución de lavado depurada en parte se suministra ahora mediante la bomba P2 a través de la conducción 2 a otro intercambiador de calor W4, se calienta mediante aceite termal como medio de transferencia térmica a una temperatura de aprox. 140 °C, se comprime a una presión de 6,5 bar, se conduce a un segundo dispositivo de expansión flash F2 (segunda fase de expansión) y en éste se expande a una presión de aprox. 5,5 bar. Durante la expansión flash se reducen los componentes de CO₂ ligado químicamente de 40 g/l a 22 g/l y de compuestos sulfúricos de 4 g/l a 2,5 g/l. Las impurezas separadas se extraen en el cabezal del dispositivo de expansión flash F2 a través de la conducción 6 como vapor. A continuación, se realiza otra reducción de la presión de 5,5 a 4,5 bar. De esta manera se reduce de manera notable la proporción de agua en los vapores y con esto se necesita en total menos energía para la depuración de la solución de lavado. En el fondo se extrae la solución de lavado depurada a través de la conducción 3 y se divide en dos corrientes parciales. La conducción ramificada 3b está configurada como bucle de conducción, que se reconduce al dispositivo de expansión flash F2. En este circuito de circulación 3b se insertan una bomba P3 y un intercambiador de calor W7, que se calienta mediante aceite termal como medio de transferencia térmica. De esta forma se bombea continuamente a través de la conducción 3b una corriente parcial de solución de lavado (18 m³/h) y se conduce en circuito. A través del intercambiador de calor interconectado W7 se mantiene constante la
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

temperatura de la solución de lavado conducida en circuito a aprox. 145 °C. En estas condiciones se reduce en la solución de lavado la proporción de CO₂ ligado químicamente de 22 g/l a 8 g/l y de compuestos sulfúricos de 2,5 g/l a 0,9 g/l. De esta forma se logra en total una carga de detergente de 77 g/l para la eliminación de dióxido de carbono y 5,1 g/l para la eliminación de compuestos sulfúricos. En caso necesario se puede conectar a continuación otra fase de expansión flash no mostrada, con lo cual, la capacidad de carga de la solución de lavado se puede aumentar adicionalmente de manera insignificante.

[0034] La proporción entre la cantidad parcial de flujo separado y la cantidad de solución de lavado contaminada añadida desde la conducción 1 es de 0,2 a 5. La cantidad de solución de lavado extraída a través de la conducción de flujo parcial 3a (9m³/h) con una temperatura de aprox. 145 °C se conduce por el intercambiador de calor W2 y se utiliza como conductor de calor para el calentamiento de la solución de lavado contaminada y se enfría por lo tanto a aprox. 68 °C. En un intercambiador de calor conectado a continuación W5 la solución de lavado se sigue enfriando mediante agua de refrigeración (hasta 22 °C) y se conduce regulada por presión al separador A1. En éste se realiza otra reducción de presión de 4,5 bar a presión normal. De esta manera se provoca una redisolución de CO₂ aún ligado químicamente, con lo que se logra un grado de pureza máximo posible de la solución de lavado. La mezcla de gas (CO₂ y compuestos sulfúricos) saliente en el cabezal del separador A1 se extrae a través de la conducción 9.

[0035] La mezcla de gases de dióxido de carbono, agua y compuestos sulfúricos extraída en el cabezal de los dispositivos de expansión flash F1 y F2 a través de la conducción 6 como vapor, se conduce a través del intercambiador de calor W1 y se utiliza como medio de transferencia térmica para el calentamiento de la solución de lavado contaminada y se enfría al mismo tiempo a una temperatura de aprox. 60 °C, a continuación, se enfría en un intercambiador de calor W6 conectado a continuación mediante agua de refrigeración hasta temperatura normal (aprox. 25 °C) y se conduce al separador A2. En éste se separa agua condensada, que se conduce de manera dosificada a través de la conducción 7 al separador A1 y se mezcla con la solución de lavado completamente depurada que se encuentra en éste. El flujo de gas de dióxido de carbono y compuestos sulfúricos se extrae por la conducción 8. La presión de funcionamiento en el separador A2 corresponde aproximadamente a la presión en el dispositivo de expansión flash F1 (aprox. 4,5 bar).

[0036] La solución de lavado completamente depurada (9 m³/h) obtenida en el separador A1, que está libre de CO₂ y compuestos sulfúricos, se suministra mediante la bomba P4 a través de la conducción 4 a la depuradora de gas de la planta de tratamiento de biogás. En la conducción 4 se controla el valor del pH de la solución de lavado depurada y en su caso se ajusta la cantidad de agua condensada suministrada a través de la conducción 7.

[0037] Debido a la gran capacidad de carga de la solución de lavado con aminas, el proceso de lavado se puede llevar a cabo con un rendimiento específico notablemente más alto en comparación con el modo de procedimiento conocido. Por consiguiente, para el proceso de lavado se necesitan cantidades de detergente específicas más pequeñas. Puesto que los hidrocarburos (metano contenido en el biogás) se disuelven en el detergente de forma condicionada, con el uso de cantidades de detergente más pequeñas se disuelven cantidades más pequeñas de hidrocarburos, de modo que el biogás depurado presenta un contenido de metano más alto.

[0038] La solución propuesta para la regeneración de la solución de lavado contaminada se caracteriza también por un modo de funcionamiento energéticamente efectivo, puesto que sólo los intercambiadores de calor W3, W4 y W7 deben ser calentados como medio de transferencia térmica mediante aceite termal suministrado de forma externa, utilizándose el intercambiador de calor W3 generalmente sólo durante la fase de puesta en marcha. El suministro y la extracción del aceite termal se realiza a través de las conducciones 5. Los intercambiadores de calor W1 y W2 se calientan mediante los vapores calientes o la solución de lavado depurada que resultan en el proceso. En los intercambiadores de calor W5 y W6 se produce adicionalmente agua caliente por recuperación de calor, que se utiliza por otro lado, p. ej. como medio de intercambio de calor en el tratamiento de biogás. El agua de refrigeración se suministra y se extrae como agua caliente por las conducciones 10.

[0039] Las corrientes de gas extraídas por las conducciones 8 y 9 (CO₂ y compuestos sulfúricos) se suministran a una aplicación separada.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regeneración de una solución de lavado con aminas obtenida durante la depuración de gases, en la que se ligan químicamente CO₂ y compuestos sulfúricos, en el que la solución de lavado contaminada se calienta en varias etapas a respectivamente una temperatura más alta y por lo tanto se separan las impurezas de la solución de lavado, y la solución de lavado depurada se enfría mediante recuperación de calor, **caracterizado por el hecho de que**
- 5 a) se calienta la solución de lavado contaminada hasta una temperatura de al menos 110 °C y se comprime a una presión de al menos 4 bar y a continuación se expande en una primera fase de expansión, donde la proporción predominante de CO₂ y compuestos sulfúricos se separa como flujo de gas de la solución de lavado,
- 10 b) la solución de lavado extraída se calienta a una temperatura de al menos 130 °C y se comprime a una presión de al menos 4 bar y en una segunda fase de expansión se expande a una presión, que es al menos 0,5 bar más alta que la presión de expansión de la primera fase de expansión, donde la proporción predominante de CO₂ y compuestos sulfúricos aún presente se separa como flujo de gas de la solución de lavado,
- 15 c) la solución de lavado extraída de la segunda fase de expansión se enfría hasta una temperatura por debajo de 70 °C y en una tercera fase de expansión se expande a presión normal, donde se separan cantidades restantes de CO₂ soluble aún presentes y esta corriente parcial se enfría hasta temperatura normal como solución de lavado completamente depurada, y
- 20 d) la solución de lavado extraída después de la primera fase de expansión y/o segunda fase de expansión se divide en dos corrientes parciales, donde una corriente parcial se reconduce en el circuito a la correspondiente fase de expansión y en cuanto a temperatura y presión se ajusta a las condiciones de la fase de expansión correspondiente, donde durante la expansión se separan de esta corriente parcial cantidades
- 25 restantes aún presentes de compuestos sulfúricos, y la otra corriente parcial se sigue tratando bien según la etapa de procedimiento b) o c).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la mezcla de gases de dióxido de carbono, agua y compuestos sulfúricos que se extrae como vapor en las fases de expansión según las etapas de proceso a) y b) se utiliza como medio de transferencia térmica para el calentamiento de la solución de lavado contaminada y se enfría hasta temperatura normal.
- 30 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por el hecho de que** a partir de la mezcla de gases enfriada a temperatura normal (vapor) se separa agua condensada y se mezcla en cantidad dosificada con la solución de lavado completamente depurada.
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 3, **caracterizado por el hecho de que** la solución de lavado contaminada se comprime antes de la expansión hasta una presión de 6 hasta 12 bar y durante la expansión se expande hasta una presión de 1 hasta 8 bar.
- 40 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 4, **caracterizado por el hecho de que** en las fases de expansión, según las etapas de proceso a) y b) se realiza una expansión flash.
- 45 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 5, **caracterizado por el hecho de que** la solución de lavado depurada obtenida en la segunda fase de expansión se utiliza como medio de transferencia térmica para el calentamiento de la solución de lavado contaminada.
- 50 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 6, **caracterizado por el hecho de que** al menos el flujo de gas extraído de la primera y la segunda fase de expansión se desulfura en un dispositivo de desulfuración conectado a continuación.
- 55 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 7, **caracterizado por el hecho de que** durante la primera fase de expansión la solución de lavado se somete a un tratamiento por ultrasonido.
- 60 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 8, **caracterizado por el hecho de que** el valor del pH de la solución de lavado depurada se mide y sirve como magnitud regulada para el ajuste de la temperatura de la solución de lavado contaminada en las fases de expansión.
- 65 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 9, **caracterizado por el hecho de que** en una fase de expansión la proporción entre la cantidad de la corriente parcial reconducida a la respectiva fase de expansión y la cantidad de solución de lavado contaminada suministrada es de 0,2 a 5.
11. Instalación para la realización del procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por el hecho de que** se prevé un circuito de circulación (1, 2, 3, 3a, 4) para la conducción de la solución de lavado, donde en dirección de flujo se dispone en éste una primera bomba (P1), al menos un intercambiador de calor (W1, W2, W3), al menos dos dispositivos de expansión (F1, F2) conectados en serie, donde

entre los dos dispositivos de expansión (F1, F2) se disponen una segunda bomba (P2) y un intercambiador de calor (W4) conectado a continuación, y se inserta un primer separador (A1), y al menos después de un dispositivo de expansión (F2) se inserta en el circuito de circulación (3) un bucle de conducción (3b) conectado con el dispositivo de expansión (F2) para la separación de una cantidad parcial de solución de lavado depurada, donde en el bucle de conducción (3a) se integran una tercera bomba (P3) y un intercambiador de calor (W7).

5

12. Instalación según la reivindicación 11, **caracterizada por el hecho de que** en el cabezal de los dispositivos de expansión (F1, F2) se dispone una conducción (6) para la eliminación de los vapores, que está en contacto con un segundo separador (A2) para la separación del agua condensada, donde en esta conducción se integra al menos un intercambiador de calor (W1, W6) para la refrigeración de los vapores, y el segundo separador está conectado mediante una conducción (7) para la conducción de agua condensada con el primer separador (A1).

10

13. Instalación según una de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizada por el hecho de que** para el calentamiento gradual de la solución de lavado contaminada a la temperatura de funcionamiento necesaria antes del primer dispositivo de expansión (F1) se disponen tres intercambiadores de calor conectados serie (W1, W2, W3), donde el primer intercambiador de calor (W1) está integrado en la conducción (6) de conducción de vapor y el segundo intercambiador de calor (W2) en la conducción (3a) de conducción de solución de lavado depurada caliente, y el tercer intercambiador de calor (W3) es calentable mediante un medio de transferencia térmica externo y es conectable temporalmente.

15

20

