

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 086**

51 Int. Cl.:

D21C 11/00 (2006.01)

D21C 11/04 (2006.01)

D21C 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.08.2017 PCT/FI2017/050579**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.03.2018 WO18046791**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2017 E 17761301 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2020 EP 3510194**

54 Título: **Un sistema y un método para producir ácido sulfúrico acuoso**

30 Prioridad:

07.09.2016 FI 20165665

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

29.04.2021

73 Titular/es:

**VALMET TECHNOLOGIES OY (100.0%)
Keilasatama 5
02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**HUMALAJOKI, ASTA;
VÄLJÄ, ANTTI;
AIRIKKALA, HEIKKI;
TUOMINIEMI, SEPPO y
BJÖRKLUND, PETER**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 822 086 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

Un sistema y un método para producir ácido sulfúrico acuoso

Campo de la técnica

5 La invención se refiere a métodos y sistemas para producir ácido sulfúrico. La invención se refiere a métodos y sistemas para producir ácido sulfúrico acuoso. La invención se refiere a métodos y sistemas para producir ácido sulfúrico a partir de trióxido de azufre y agua. La invención se refiere a una fábrica de pulpa de celulosa, que en uso y como subproducto produce dióxido de azufre, y un sistema para producir ácido sulfúrico a partir del dióxido de azufre.

Antecedentes

10 Un método para producir ácido sulfúrico (H_2SO_4) a partir de gas que comprende dióxido de azufre (SO_2) se conoce por el Documento de Patente de Número SE 510 171. En el método, el SO_2 se oxida catalíticamente a trióxido de azufre (SO_3). Al poner en contacto el SO_3 con agua (H_2O) o ácido sulfúrico acuoso, se puede concentrar el líquido, es decir, se puede aumentar su concentración de ácido sulfúrico. Sin embargo, en el proceso de oxidación catalítica, la temperatura del SO_3 es alta, normalmente por encima de $450\text{ }^\circ\text{C}$. Por otra parte, tanto el SO_3 como el H_2SO_4 son químicamente muy activos. Por lo tanto, los materiales usados en el equipo deben ser resistentes al calor y a la corrosión. Estos materiales son muy caros. Dado que los recursos suelen ser limitados, esto limita el tamaño del equipo, por lo que, para unos recursos dados, la capacidad de producción de H_2SO_4 puede seguir siendo inferior a la deseada.

20 Además, la naturaleza corrosiva del ácido sulfúrico depende de su concentración. El ácido sulfúrico es extremadamente corrosivo en el intervalo de concentraciones de aproximadamente el 20% en peso al 85% en peso. Sin embargo, cuando la concentración es aún mayor, tal como del 93% en peso o más, la naturaleza corrosiva del H_2SO_4 es menos dura. Esta es una de las razones por las que las plantas de producción convencionales incluyen una torre de aumento de la concentración configurada para concentrar el ácido sulfúrico a una concentración de al menos el 93% en peso. Sin embargo, si los materiales se seleccionan sólo para soportar H_2SO_4 sustancialmente puro, el proceso necesita llevarse a cabo de tal manera que no se produzca ácido sulfúrico débil. De lo contrario, se producirían problemas de corrosión que podrían provocar una fuga de H_2SO_4 concentrado, planteando problemas de salud y medioambientales. Un proceso puede ser difícil de llevar a cabo de esta manera, por lo que dicho proceso es considerablemente de riesgo. Además, en muchos procesos químicos que involucran ácido sulfúrico, sólo se necesita ácido sulfúrico débil (es decir, ácido sulfúrico acuoso), por lo que no se necesita tal torre de concentración, siempre que el sistema esté configurado para manejar ácido sulfúrico acuoso. Debido a la naturaleza corrosiva del ácido sulfúrico acuoso, los materiales adecuados para los sistemas conocidos son caros.

30 Además, incluso si se usan materiales resistentes a la corrosión, el material se desgasta o se corroe hasta cierto punto durante el uso. Así, dichos sistemas pueden dar lugar a fugas y/o puede haber una necesidad constante de mantenimiento. El mantenimiento aumenta los costos operativos y las fugas representan riesgos para la seguridad y medioambientales.

35 Sumario

Se describe un método para producir ácido sulfúrico acuoso. El método permite usar materiales menos costosos, que incluso son duraderos en su uso. También se describe un sistema correspondiente. De esta forma, se pueden reducir los riesgos para la seguridad y medioambientales, manteniendo bajos los costos de inversión. Además, el equipo se configura de tal manera que las partes corroídas se puedan reemplazar fácilmente. Además, una determinada parte del sistema se puede configurar para absorber la mayor parte de la corrosión, y dichas piezas de sacrificio también pueden ser fácilmente reemplazables.

45 En el método y el sistema, el gas que contiene SO_3 se enfría previamente en una unidad de preenfriamiento antes de introducirlo en una torre de condensación, donde se produce el ácido sulfúrico H_2SO_4 (y/o HSO_4^- y/o SO_4^{2-}). Debido al preenfriamiento, la temperatura de la torre de condensación se puede mantener a un nivel bajo, por lo que en la misma se pueden usar materiales más baratos. Además, la unidad de preenfriamiento, que todavía requiere materiales resistentes al calor y a la corrosión, se puede hacer mucho más pequeña que la torre de condensación, manteniendo de hecho bajos los costos generales del material. Además, cuando se aplica en relación con una fábrica de pulpa de celulosa que libera algo de gas que contiene SO_2 , el SO_2 restante se puede recuperar en una torre de lavado para gases como producto de reacción de uso en la fábrica de pulpa de celulosa. La invención se describe más específicamente en las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1a muestra esquemáticamente un sistema y un método para producir ácido sulfúrico, mostrándose el sistema en una vista lateral.

La Figura 1b muestra esquemáticamente en una vista superior un sistema para producir ácido sulfúrico.

La Figura 2 muestra esquemáticamente un sistema y un método para producir ácido sulfúrico.

La Figura 3 muestra una unidad de preenfriamiento con más detalle.

La Figura 4 muestra la estructura interna de la parte IV de la Figura 3 en una vista lateral detallada, y

5 La Figura 5 muestra un sistema configurado para recuperar el SO₂ restante del gas de humos en una torre de lavado para gases como producto de reacción de uso en una fábrica de pulpa de celulosa.

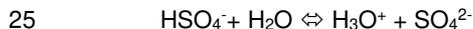
Descripción detallada

10 La Figura 1a muestra una realización de un sistema 100 para producir ácido sulfúrico acuoso. En las figuras, Sz denota una dirección vertical. Ambas direcciones Sx y Sy son perpendiculares entre sí y horizontales. El sistema 100 se conecta a una fuente configurada para producir algo de gas que comprende trióxido de azufre SO₃. En la figura se muestra una entrada 212 para este gas. El sistema 100 se configura para recibir [i] agua H₂O y [ii] el gas que comprende trióxido de azufre SO₃. El agua que se recibe puede ser en la forma de agua sustancialmente pura o en la forma de ácido sulfúrico acuoso que comprende agua. Además, el sistema 100 se configura para hacer reaccionar el agua H₂O con el trióxido de azufre SO₃ para producir ácido sulfúrico H₂SO₄. En particular, el sistema se configura para producir ácido sulfúrico acuoso.

15 En esta descripción, el término "ácido sulfúrico acuoso" se refiere a una disolución acuosa de ácido sulfúrico, en la que el contenido de ácido sulfúrico es como máximo el 80% en peso. Como se analiza a continuación, en un proceso típico, la concentración del ácido sulfúrico acuoso es como máximo el 70% en peso. A una temperatura determinada, la concentración del ácido sulfúrico acuoso se correlaciona con su densidad y pH, que se pueden usar como prueba de la concentración del ácido sulfúrico acuoso. En términos alternativos, el término "ácido sulfúrico acuoso" se refiere a un líquido que se puede preparar mezclando sólo agua H₂O y ácido sulfúrico H₂SO₄, en donde el porcentaje en peso de H₂SO₄ es como máximo el 80, o como máximo el 70. Como es conocido por una persona experta, la disolución acuosa de H₂SO₄ dará lugar a las siguientes reacciones:



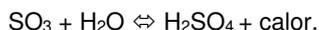
y



En ambas reacciones, el equilibrio está fuertemente desplazado hacia el lado derecho. A lo largo de esta descripción, los términos "ácido sulfúrico acuoso" y "H₂SO₄ acuoso" se refieren a una disolución acuosa que comprende al menos H₂O, H₃O⁺, y HSO₄⁻ o SO₄²⁻. El ácido sulfúrico acuoso puede estar libre de H₂SO₄ o HSO₄⁻ o SO₄²⁻, como se indica por las reacciones anteriores.

30 Los propósitos de producir sólo ácido sulfúrico acuoso son dos. En primer lugar, cuando sólo se necesita ácido sulfúrico en un proceso que sólo necesita ácido sulfúrico acuoso, el ácido sulfúrico acuoso se puede producir de una manera eficiente en cuanto a los recursos en comparación con la producción de H₂SO₄ sustancialmente puro, y diluyéndolo en el proceso. En segundo lugar, cuando no se necesita ácido sulfúrico concentrado, tampoco se necesita una torre de concentración. Esto ayuda a mantener bajos los costos de inversión.

35 En el método y el sistema, el ácido sulfúrico se produce en una reacción exotérmica del SO₃ con el agua. El agua puede estar contenida en el ácido sulfúrico acuoso. La reacción se puede escribir formalmente como



40 Con referencia a la Figura 1a, el sistema 100 comprende una unidad de preenfriamiento 200 configurada para enfriar previamente el gas que contiene trióxido de azufre SO₃. La unidad de preenfriamiento 200 comprende una primera entrada 212 para recibir el gas que contiene trióxido de azufre, una segunda entrada 214 para recibir ácido sulfúrico acuoso enfriado o agua enfriada (es decir, agua que está libre de HSO₄⁻ o SO₄²⁻). La unidad de preenfriamiento 200 comprende una primera boquilla 220 configurada para rociar el ácido sulfúrico acuoso enfriado y/o el agua enfriada sobre el gas que contiene trióxido de azufre para enfriar el gas que contiene trióxido de azufre. Simultáneamente, el agua reacciona con el SO₃ como se indicó anteriormente. Cuando el agua reacciona con el trióxido de azufre, parte del trióxido de azufre forma ácido sulfúrico. De esta manera, el ácido sulfúrico acuoso se concentra hasta cierto punto en la unidad de preenfriamiento 200; o parte del agua se convierte en ácido sulfúrico acuoso en la unidad de preenfriamiento 200. La unidad de preenfriamiento 200 comprende también una salida 216 para dejar salir el ácido sulfúrico acuoso y el gas que comprende trióxido de azufre.

50 Con referencia a la Figura 1a en un método correspondiente, el gas que contiene trióxido de azufre se recibe de tal manera que en la primera entrada 212, la temperatura del gas que contiene trióxido de azufre es de al menos 300 °C. Normalmente, el SO₃ se produce en un proceso de oxidación catalítica, en donde la temperatura puede elevarse por encima de 450 °C, por ejemplo, de 460 °C a 480 °C. Sin embargo, el gas se puede enfriar mientras se transporta a la unidad de preenfriamiento 200. Normalmente, el gas que comprende el trióxido de azufre, cuando se recibe en la unidad de preenfriamiento 200 (es decir, en la entrada 212), comprende del 0,1% en volumen al 3% en volumen, tal

como del 0,2% en volumen al 2% en volumen de trióxido de azufre. Como es evidente, cuando el SO_3 reacciona con el agua, disminuye el contenido de SO_3 . Así, el gas procesado, denotado por "humos" en la Figura 1a, puede estar esencialmente libre de SO_3 .

5 Si es necesario, el gas procesado (es decir, los "humos") se puede lavar adicionalmente en una torre de lavado para gases 700, por ejemplo, con una disolución de lavado que incluya un álcali, tal como NaOH, para eliminar esencialmente todo el azufre de los humos (Figura 5). Esto puede suceder, por ejemplo, cuando los humos se liberan a la atmósfera en ubicaciones donde las restricciones ambientales son altas. Esto puede suceder en particular cuando el gas que contiene trióxido de azufre contiene además dióxido de azufre, como se discutirá en detalle a continuación.

10 En la unidad de preenfriamiento 200, el gas que contiene trióxido de azufre se enfría a una temperatura de como máximo 120 °C, preferiblemente como máximo 100 °C, rociando un líquido enfriado (por ejemplo, ácido sulfúrico acuoso y/o agua) sobre el gas. que contiene trióxido de azufre. La temperatura se refiere a la temperatura del gas en la salida 216 de la unidad de preenfriamiento 200. Como se indicó anteriormente, al menos parte del trióxido de azufre forma ácido sulfúrico al reaccionar con el agua, opcionalmente con el agua del ácido sulfúrico acuoso, produciendo así ácido sulfúrico acuoso o ácido sulfúrico acuoso más concentrado.

15 El sistema 100 comprende además un primer intercambiador de calor 410. El primer intercambiador de calor 410 comprende una primera entrada 412 para ácido sulfúrico acuoso caliente y/o agua, una primera salida 414 para ácido sulfúrico acuoso enfriado y/o agua enfriada, una segunda entrada 416 para refrigerante (es decir, medio refrigerante) y una segunda salida 418 para el refrigerante. El sistema comprende además una tubería 450 configurada para transportar el ácido sulfúrico acuoso enfriado y/o el agua enfriada desde la primera salida 414 del primer intercambiador de calor 410 a la segunda entrada 214 de la unidad de preenfriamiento 200. Como es evidente, desde
20 la segunda entrada 214 de la unidad de preenfriamiento 200, el ácido sulfúrico acuoso y/o el agua se transportan a la primera boquilla 220 en una tubería.

25 Cuando se inicia el proceso, y opcionalmente también más adelante, se introduce agua H_2O en el proceso para preparar el ácido sulfúrico acuoso. En la Figura 2, el agua líquida se designa como $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ para diferenciarla del vapor, es decir, agua gaseosa, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. Así, al comienzo del proceso, el líquido que se transporta desde el primer intercambiador de calor 210 a la unidad de preenfriamiento 200 puede estar libre de ácido sulfúrico o esencialmente libre de ácido sulfúrico. Sin embargo, como el proceso se lleva a cabo durante algún tiempo, el agua reacciona para formar el ácido sulfúrico acuoso. Además, en el método, el ácido sulfúrico acuoso de la torre de condensación 300 y, opcionalmente, algo de agua de reposición ($\text{H}_2\text{O}(\text{l})$), por ejemplo, a través de la válvula 465) se alimenta a través del
30 intercambiador de calor 410 a la unidad de preenfriamiento 200. Dicha agua de reposición no se necesita después del inicio del proceso, siempre que el gas que contiene SO_3 contenga además vapor $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ en una cantidad suficiente.

35 En consecuencia, el método comprende agua de enfriamiento y/o ácido sulfúrico acuoso produciendo de ese modo agua enfriada y/o ácido sulfúrico acuoso enfriado. El enfriamiento se realiza en el primer intercambiador de calor 410 como se indicó anteriormente. Preferiblemente, el agua y/o el ácido sulfúrico acuoso se enfrían de tal manera que la temperatura del agua y/o del ácido sulfúrico acuoso en la primera salida 414 del intercambiador de calor 410 sea como máximo de 80 °C.

40 El sistema 100 comprende una torre de condensación 300. La torre de condensación 300 comprende una pared 310 o paredes 310 que limitan una cámara de reacción 312 para concentrar el ácido sulfúrico acuoso. La pared 310 puede ser una pared exterior de la torre de condensación 300. La torre de condensación 300 comprende una entrada 302 para recibir el ácido sulfúrico acuoso y el gas que comprende trióxido de azufre desde la salida 216 de la unidad de preenfriamiento 200. Como se muestra en la Figura 1a, el sistema 100 comprende una tubería 290 configurada para transportar el ácido sulfúrico acuoso y el gas que comprende trióxido de azufre desde la salida 216 de la unidad de preenfriamiento 200 a la torre de condensación 300. La torre de condensación 300 comprende medios 320 para hacer circular el ácido sulfúrico acuoso dentro de la cámara de reacción 312 mediante rociado con el fin de concentrar el
45 ácido sulfúrico acuoso. Los medios 320 pueden comprender una segunda boquilla 326, una tubería 324 configurada para transportar ácido sulfúrico acuoso a la segunda boquilla 326, y una bomba 322 configurada para bombear el ácido sulfúrico diluido a la tubería 324. El ácido sulfúrico diluido se puede bombear por ejemplo desde el fondo de la cámara de reacción 312.

50 El sistema 100 comprende una disposición de bombas (322, 402) configurada [i] para bombear ácido sulfúrico acuoso desde la torre de condensación 300 a las primeras boquillas 220 a través del primer intercambiador de calor 410 y [ii] para bombear ácido sulfúrico acuoso desde la torre de condensación 300 a las segundas boquillas 326. En las Figuras 1 y 5, una bomba 322 se configura para bombear ácido sulfúrico acuoso desde la torre de condensación 300 a las segundas boquillas 326 a través de la tubería 324. Además, la misma bomba 322, en la realización de las Figuras 1 y 5, se configura para bombear el ácido sulfúrico acuoso desde la torre de condensación 300 a las primeras boquillas
55 220 a través del primer intercambiador de calor 410. Sin embargo, como se indica en la Figura 2, el sistema puede comprender otra bomba 402 configurada para bombear ácido sulfúrico acuoso desde la torre de condensación 300 a las primeras boquillas 220 a través del primer intercambiador de calor 410. Cualquiera de las disposiciones de bombas se puede usar en conexión con cualquier realización de la invención. El sistema comprende además una tubería 405 configurada para transportar ácido sulfúrico acuoso desde la torre de condensación 300 al primer intercambiador de

calor 410. En consecuencia, una realización del método comprende transportar ácido sulfúrico acuoso desde la torre de condensación 300 a las primeras boquillas 220 a través del primer intercambiador de calor 410.

En consecuencia, el método comprende transportar [i] el gas enfriado que contiene trióxido de azufre y [ii] el agua enfriada y/o ácido sulfúrico acuoso desde la unidad de preenfriamiento 200 a la torre de condensación 300. El método comprende además concentrar, en la torre de condensación 300, el ácido sulfúrico acuoso haciendo circular el ácido sulfúrico acuoso en la torre de condensación 300 y rociando el ácido sulfúrico acuoso sobre el gas que contiene trióxido de azufre. De esta manera, se produce ácido sulfúrico en el ácido sulfúrico acuoso. En particular, seleccionando correctamente las velocidades del flujo dentro del dispositivo de preenfriamiento 200 y de la torre de condensación 300, por ejemplo, seleccionando correctamente las áreas de la sección transversal del dispositivo de preenfriamiento 200 y de la torre de condensación 300, pueden tener lugar una gran parte de las reacciones del SO_3 con el H_2O en la torre de condensación 300.

El método tiene el efecto beneficioso de que, dado que la temperatura del gas que contiene trióxido de azufre se enfría antes de la torre de condensación 300, el material de la torre de condensación 300 no necesita ser muy resistente al calor. En particular, pueden ser adecuados algunos plásticos para el material de la(s) pared(es) 310 de la torre de condensación 300. En una realización del sistema, la pared 310 o las paredes 310 de la torre de condensación 300 comprenden un material plástico. Preferiblemente, la pared 310 comprende una parte que se extiende a través de la pared 310 en la dirección del espesor de la misma, y esa parte consiste en un material plástico y opcionalmente un material de refuerzo fibroso. En consecuencia, en una realización del método, el gas o los gases se transportan sólo por el interior de la torre de condensación 300 de tal forma que la temperatura del gas o de los gases es como máximo $120\text{ }^\circ\text{C}$ en una entrada de la torre de condensación 300.

A lo largo de esta descripción, el término plástico se refiere a compuestos orgánicos sintéticos o semisintéticos que son maleables y que se pueden moldear en objetos sólidos. El término se puede referir a un material que comprende un polímero orgánico (o que comprende polímeros orgánicos), el cual puede comprender también otras sustancias. El término se puede referir a un material sintético que comprende un polímero orgánico.

En cuanto al material plástico, preferiblemente la pared 310 comprende material plástico soldable. Los materiales soldables se pueden unir fácilmente a otros materiales soldables mediante soldadura. Así, con tales materiales, la fabricación de la torre de condensación 300 resulta más fácil. Sin embargo, el material plástico debe ser razonablemente resistente al calor y a la corrosión. El material plástico puede ser resistente al calor hasta al menos $130\text{ }^\circ\text{C}$. Por lo tanto, preferiblemente el material plástico comprende material plástico fluorado, incluso cuando algunos otros materiales plásticos también son resistentes al calor en un grado suficiente. En una realización, la pared 310 o las paredes 310 de la torre de condensación 300 comprenden un material plástico. En una realización, la pared 310 o las paredes 310 de la torre de condensación 300 comprenden un material plástico fluorado. En una realización, la pared 310 o las paredes 310 de la torre de condensación 300 comprenden además un material de refuerzo. En una realización, el material de refuerzo es un material de refuerzo fibroso sintético. Ejemplos de material de refuerzo fibroso sintético incluyen fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras sintéticas de para-aramida (Kevlar®) y/o fibras de aramida. Preferiblemente, el material fibroso sintético es resistente al calor hasta al menos $130\text{ }^\circ\text{C}$. En una realización, la pared 310 o las paredes 310 de la torre de condensación 300 comprenden al menos un 10% en peso de material plástico soldable además del material de refuerzo fibroso. El material plástico soldable puede ser resistente al calor hasta al menos $130\text{ }^\circ\text{C}$. El material plástico puede ser un material plástico fluorado.

Como se indica en las Figuras 1a y 1b, el sistema 100 comprende una tubería 290 configurada para transportar el gas que comprende el SO_3 y el H_2SO_4 acuoso desde la unidad de preenfriamiento 200 a la torre de condensación 300. Puesto que el gas que comprende el SO_3 y el H_2SO_4 acuoso han sido enfriados ya antes de la tubería 290, en una realización, también la tubería 290 comprende un material plástico. Lo que se ha dicho anteriormente sobre los materiales de la(s) pared(es) 310 de la torre de condensación 300 se aplica, en una realización, también al material de la tubería 290.

Con respecto a la temperatura del gas que comprende SO_3 que entra en la torre de condensación 300, se señala que normalmente el gas que comprende SO_3 comprende además vapor. Por lo tanto, cuando la temperatura del gas que comprende SO_3 es tan baja como se discutió anteriormente, no se puede producir ácido sulfúrico concentrado, ya que condensa el vapor del gas que comprende el SO_3 . Si se necesitara un ácido más concentrado, no se podría usar un dispositivo de preenfriamiento, y los requisitos de material para una torre de aumento de la concentración serían significativamente más estrictos, ya que una torre de aumento de la concentración necesita recibir el SO_3 a una temperatura alta, para evitar la condensación del agua y/o diluir el H_2SO_4 .

En una realización del método, el ácido sulfúrico acuoso se produce de tal manera que la concentración de ácido sulfúrico del ácido sulfúrico acuoso no excede del 80% en peso. Esto permite la selección de materiales simples para la torre de condensación 300. Como se indica más adelante, la producción de H_2SO_4 más concentrado a partir de SO_3 requiere normalmente una temperatura más alta que la indicada anteriormente.

En consecuencia, un sistema está libre de tal torre de aumento de la concentración que estaría configurada para concentrar el ácido sulfúrico acuoso a una concentración de más del 80% en peso. Como se indicó anteriormente, dado que la presente invención resuelve problemas relacionados con la corrosión, normalmente no hay necesidad de

una torre de aumento de la concentración. Omitir una torre de este tipo disminuye los costos de inversión, porque, como se indicó anteriormente, los materiales plásticos no se pueden usar en una torre de aumento de la concentración debido a las altas temperaturas involucradas con el proceso de aumento de la concentración.

5 Como lo demuestra la Figura 1a, la concentración del H_2SO_4 se puede controlar mediante la tasa de agua $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ que se alimenta al proceso y mediante la tasa de ácido sulfúrico acuoso ($\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$) extraído del proceso. La velocidad a la que se suministra el trióxido de azufre SO_3 al proceso y la concentración del vapor del gas que contiene SO_3 afectan a las tasas del agua y del ácido sulfúrico acuoso. En una realización, el agua $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ se alimenta al proceso y el ácido sulfúrico acuoso H_2SO_4 se saca del proceso de tal manera que la concentración de ácido sulfúrico del ácido sulfúrico acuoso no excede del 80% en peso.

10 Para el control de la concentración del ácido sulfúrico acuoso H_2SO_4 , el sistema 100 puede comprender un primer regulador 460, tal como una válvula 460, configurada para regular el flujo de ácido sulfúrico acuoso H_2SO_4 procedente del proceso. Con referencia a la Figura 1a, el primer regulador 460 se puede configurar para regular el flujo del ácido sulfúrico acuoso H_2SO_4 fuera del sistema 100. Con referencia a la Figura 2, el primer regulador 460 se puede configurar para regular el flujo de ácido sulfúrico acuoso H_2SO_4 dentro del sistema, por ejemplo, para la fábrica de pulpa de celulosa 600 del sistema. Con referencia a la Figura 1a, el primer regulador 460 se puede configurar para regular el flujo de dicho ácido sulfúrico acuoso H_2SO_4 que se saca de la torre de condensación 300 sin devolverlo directamente a la torre de condensación 300 o la unidad de precalentamiento 200.

15 Para controlar la concentración del ácido sulfúrico acuoso H_2SO_4 , el sistema 100 puede comprender un segundo regulador 465, tal como una válvula 465, configurada para regular el flujo de agua en el proceso. Con referencia a la Figura 1a, el segundo regulador 465 se puede configurar para regular el flujo de agua adicional a la unidad de preenfriamiento 200. Como alternativa o además, el agua se puede alimentar a la torre de condensación 300, por lo que el segundo regulador 465 se puede configurar para regular el flujo de agua adicional en la torre de condensación 300, como se indica mediante una línea de puntos en la Figura 1a. Dependiendo de la temperatura del agua añadida, puede ser beneficioso alimentar el agua antes del primer intercambiador 410 (como se indica en la Figura 1a), por lo que también se enfriará el agua; y/o alimentar el agua (es decir, el agua o alguna otra agua a alguna otra temperatura) después del primer intercambiador 410 (no mostrado en la Figura 1a), por lo que esa parte del agua no se enfriaría en el primer intercambiador de calor 410.

20 Además, el sistema 100 puede comprender un sensor 470 configurado para proporcionar información indicativa de la concentración del ácido sulfúrico acuoso. El sensor 470 se puede configurar para medir al menos uno de conductividad eléctrica, resistividad eléctrica, densidad (es decir, masa específica), y molaridad (por ejemplo, por titulación) del ácido sulfúrico acuoso. Como se sabe, la resistividad eléctrica (y conductividad) se correlaciona con el pH. El sistema puede comprender una unidad de procesamiento 475 configurada para recibir la información indicativa de la concentración del ácido sulfúrico acuoso desde el sensor 470, y usando esta información controlar al menos uno del primer regulador 460 y del segundo regulador 465.

25 En un proceso típico, el gas que contiene SO_3 contiene además vapor en una cantidad tal que no es necesario añadir agua al proceso después de que el proceso haya comenzado. Además, en tal caso, la cantidad molar de ácido sulfúrico acuoso que se elimina del proceso es sustancialmente la misma que la cantidad molar del vapor condensado. Normalmente, la relación de vapor a SO_3 del gas que contiene SO_3 es tal que la concentración final del ácido sulfúrico acuoso está en el intervalo de desde el 60% en peso al 75% en peso, cuando no se alimenta agua adicional al proceso, por ejemplo, a través de la segunda válvula 465 después de que haya comenzado el proceso. Como se indicó anteriormente, la concentración se puede controlar (es decir, disminuir) alimentando un poco de agua o de vapor al proceso.

30 En una realización, el sistema comprende un sensor configurado para dar información sobre el nivel de la superficie del ácido sulfúrico acuoso dentro de la torre de condensación 300. Siempre que el nivel de la superficie suba por encima de un límite, se puede eliminar ácido sulfúrico acuoso del proceso. El ácido sulfúrico acuoso se puede eliminar del proceso hasta una cantidad tal que el nivel de la superficie del ácido sulfúrico acuoso dentro de la torre de condensación 300 descienda por debajo del límite o de otro límite. En una realización correspondiente del método, se alimenta agua a la torre de condensación 300 sólo inicialmente, cuando se inicia el proceso.

35 Debido a que la reacción del SO_3 con el H_2O es exotérmica, si no se llevase a cabo un enfriamiento adicional, se calentaría el ácido sulfúrico acuoso dentro de la torre de condensación 300. Esto podría plantear problemas relacionados con la seguridad cuando se usan materiales plásticos en la torre de condensación 300.

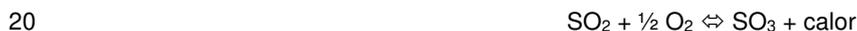
40 Por lo tanto, una realización del sistema 100 comprende un segundo intercambiador de calor 420. El segundo intercambiador de calor 420 comprende una primera entrada 422 para el ácido sulfúrico acuoso caliente, una primera salida 424 para el ácido sulfúrico acuoso enfriado, una segunda entrada 426 para el refrigerante (es decir, medio de refrigeración) y una segunda salida 428 para el refrigerante. En la realización, la bomba 322 se configura para bombear ácido sulfúrico acuoso a la primera entrada 422 del segundo intercambiador de calor 420. Además, la tubería 324 se configura para transportar el ácido sulfúrico acuoso enfriado desde la primera salida 424 del segundo intercambiador de calor 420 a la segunda boquilla 326; y una tubería 430 se configura para transportar ácido sulfúrico acuoso desde la cámara de reacción 312 de la torre de condensación 300 a la primera entrada 422 del segundo intercambiador de

calor 420. Cuando está presente, se puede considerar que el segundo intercambiador de calor 420 es parte de los medios 320 para hacer circular el ácido sulfúrico acuoso dentro de la cámara de reacción 312 mediante rociado para concentrar el ácido sulfúrico acuoso.

5 Una realización correspondiente del método comprende enfriar el ácido sulfúrico acuoso antes de rociarlo sobre el gas que contiene trióxido de azufre en la torre de condensación 300. En particular, una realización correspondiente del método comprende enfriar el ácido sulfúrico acuoso entre [i] la toma del ácido sulfúrico de la torre de condensación 300 y [ii] el rociado sobre el gas que contiene trióxido de azufre en la torre de condensación 300. Como se indicó anteriormente, el ácido sulfúrico acuoso se enfría en el segundo intercambiador de calor 420 y se transporta a través de las tuberías 430 y 324 desde la torre de condensación 300 hasta la segunda boquilla 326.

10 Para evitar que las gotas de ácido sulfúrico acuoso escapen de la torre de condensación 300, en una realización, la torre de condensación 300 comprende un primer separador de gotas 330. El primer separador de gotas se dispone encima de la cámara de reacción 312 o en la parte superior de la cámara de reacción 312 de la torre de condensación 300. El separador de gotas 330 se configura para retener parte de las gotas del ácido sulfúrico acuoso rociado a través de las segundas boquillas 326, con el fin de evitar que estas fluyan con el gas de humos fuera de la torre de
15 condensación 300.

Con referencia a la Figura 2, en una realización, el gas que comprende trióxido de azufre SO_3 se produce en un convertidor 500 configurado [i] para recibir parte del gas que contiene al menos algo de dióxido de azufre SO_2 y [ii] para convertir (es decir, oxidar) al menos parte del SO_2 a SO_3 haciendo reaccionar SO_2 con oxígeno O_2 . Formalmente, la reacción de oxidación se puede escribir como



La reacción de oxidación se cataliza preferiblemente usando un catalizador, tal como pentóxido de vanadio V_2O_5 y/o platino Pt.

El convertidor 500 comprende una disposición de entrada 502 para recibir dióxido de azufre SO_2 y oxígeno O_2 . La disposición de entrada 502 puede comprender una primera entrada para recibir gas que comprende SO_2 , pero libre de O_2 y una segunda entrada para recibir otro gas que comprende O_2 . La disposición de la entrada 502 puede comprender sólo una primera entrada para recibir gas que comprende SO_2 y O_2 . La disposición de la entrada 502 puede comprender una primera entrada para recibir gas que comprende SO_2 (que comprende opcionalmente también O_2) y una segunda entrada para recibir otro gas que comprende O_2 (opcionalmente libre de SO_2). El convertidor 500 comprende una salida 504 para el gas que contiene trióxido de azufre SO_3 . El convertidor 500 comprende un catalizador 510, tal como V_2O_5 y/o Pt, para convertir al menos algo del dióxido de azufre SO_2 y del oxígeno O_2 en trióxido de azufre SO_3 . El sistema 100 comprende una tubería 440 configurada para transportar el gas que contiene trióxido de azufre SO_3 desde la salida 504 del convertidor 500 a la primera entrada 212 de la unidad de preenfriamiento 200.

El método correspondiente comprende recibir dióxido de azufre SO_2 y oxígeno O_2 , ambos contenidos en algún gas o gases. El método comprende oxidar catalíticamente al menos algo del dióxido de azufre SO_2 a trióxido de azufre SO_3 en el convertidor 500, produciendo de ese modo el gas que contiene trióxido de azufre SO_3 . El método comprende transportar el gas que contiene trióxido de azufre SO_3 a la unidad de preenfriamiento 200. Una realización comprende usar V_2O_5 y/o Pt para oxidar catalíticamente el SO_2 al SO_3 .

La reacción de oxidación es algo sensible a la temperatura. Los catalizadores típicos funcionan bien a temperaturas por encima de 400 °C. Sin embargo, la reacción favorece la formación de SO_3 a bajas temperaturas. Por lo tanto, en una realización del método, la temperatura de reacción en el convertidor 500 se ajusta para que sea de 350 °C a 480 °C, tal como de 400 °C a 480 °C. La temperatura de reacción se refiere a la temperatura dentro del convertidor 500 en un punto que está en el medio entre la disposición de entrada 502 y la de salida 504 a lo largo de la trayectoria del flujo del gas dentro del convertidor 500. La temperatura en el convertidor 500 o del convertidor 500 se puede ajustar usando vapor $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ procedente de una caldera 610. Preferiblemente, se alimenta algo de vapor desde la caldera 610 al convertidor 500 para ajustar la temperatura dentro del convertidor 500. Como se indica en la Figura 2, el vapor se puede mezclar con el gas que comprende SO_2 antes de que se alimente al convertidor 500. Preferiblemente, el vapor se añade al gas que comprende SO_2 de tal manera que la temperatura del gas que comprende el SO_2 sea 400 °C (dada con uno o dos dígitos significativos), tal como de 370 °C a 430 °C, en la disposición de entrada 502 del convertidor 500. Como se indicó anteriormente, el uso de vapor en exceso disminuye la concentración del H_2SO_4 obtenible mediante el proceso. Así, si se usa, la temperatura del vapor debe ser alta. Además, o alternativamente, se pueden usar otros medios (por ejemplo, un calentador, tal como un quemador) para controlar la temperatura.

El equilibrio de la reacción de oxidación depende también de la relación de oxígeno a dióxido de azufre. Normalmente, la relación molar de O_2 a SO_2 es más de 3, tal como al menos 5.

55 Un sistema correspondiente 100 comprende medios para ajustar la temperatura del convertidor 500. Dichos medios pueden comprender un calentador configurado para calentar el gas que contiene SO_2 y/o el convertidor 500. Un sistema correspondiente 100 puede comprender una caldera 610 configurada para producir vapor y una tubería 612 para transportar el vapor y para poner el vapor en contacto con el gas que contiene SO_2 . El sistema 100 puede

comprender una unidad de control 614 configurada para controlar la cantidad de vapor de tal forma que la temperatura de reacción en el convertidor 500 esté dentro de los límites antes mencionados.

Debido a que la reacción de oxidación es exotérmica, la temperatura del gas aumenta en el convertidor 500. Normalmente, la temperatura del gas en la salida 504 del convertidor 500 es de 460 °C a 480 °C.

5 Incluso si el catalizador, la temperatura del proceso, y la relación molar se seleccionan adecuadamente, la eficiencia de conversión del convertidor 500 no es necesariamente el 100%. Normalmente, la eficiencia de conversión es al menos el 90%, es decir, al menos el 90% en volumen del SO₂ se convierte a SO₃. Aún más normalmente, la eficiencia de la conversión está en el intervalo de desde el 93% al 98%. Por lo tanto, el gas indicado por "Humos" en la Figura 2 puede contener, por ejemplo, como máximo 3.000 ppm de SO₂, o más normalmente como máximo 1.500 ppm de SO₂.
10 Los humos se pueden lavar con una torre de lavado para gases 700, como se discutirá con más detalle a continuación en relación con la Figura 5.

En una realización, la circulación del gas que comprende el SO₃ se mejora con una bomba o bombas 480a, 480b (véase la Figura 5). Se puede disponer una bomba 480a aguas arriba de la unidad de preenfriamiento 200, tal como aguas arriba del reactor catalítico 500. Dicha bomba 480a se dispone para aumentar la presión del gas que contiene SO₃ y/o del gas que contiene SO₂, y de ese modo impulsar el gas hacia la torre de condensación 300. Se puede disponer una bomba 480b aguas abajo de la torre de condensación 300, tal como aguas abajo de la torre de lavado para gases 700. Dicha bomba se dispone para disminuir la presión de los humos y, por lo tanto, succionar el gas que contiene SO₃ y/o el gas que contiene SO₂ hacia la torre de condensación 300.
15

Cuando se usa la bomba (480a o 480b) o las bombas (480a y 480b), no es necesario usar un gas portador adicional para transportar el gas que contiene SO₂ o SO₃. Por tanto, la concentración obtenible del ácido sulfúrico acuoso es razonablemente alta. Por ejemplo, en el caso de que se use vapor de media presión para transportar el gas que contiene SO₂ o SO₃, el vapor diluiría el ácido sulfúrico acuoso.
20

Ejemplos de bombas y configuraciones de bombas adecuadas en tales sistemas se describen, por ejemplo, en el Documento de Patente de Número WO2010/019079. El Documento describe bombas de anillo líquido (1a y 1b), equivalentes a las bombas 480a, 480b discutidas anteriormente. Dichas soluciones de bombeo se incorporan por referencia a las presentes realizaciones.
25

En una realización, el sistema 100 comprende además una fábrica de pulpa de celulosa 600. Una fábrica de pulpa de celulosa 600 se refiere a una disposición que convierte astillas de madera u otra fuente de fibra vegetal en tableros de fibra. Los tableros de fibra se pueden enviar a una fábrica de papel para su posterior procesamiento. La fábrica de pulpa de celulosa 600 puede ser una fábrica de pulpa de celulosa Kraft (es decir, una fábrica de pulpa de celulosa al sulfato) o una fábrica de pulpa de celulosa al sulfito. En una realización, la fábrica de pulpa de celulosa 600 es una fábrica de pulpa de celulosa al sulfato. La caldera 610 antes mencionada puede ser parte de la fábrica de pulpa de celulosa 600 tal como la fábrica de pulpa de celulosa al sulfato 600.
30

Como subproducto, la fábrica de pulpa de celulosa 600 se configura para producir al menos algo de gas que contiene dióxido de azufre SO₂. El sistema 100 comprende una tubería 602 configurada para transportar el gas que contiene dióxido de azufre desde la fábrica de pulpa de celulosa 600 a la disposición de entrada 502 del convertidor 500. En tal sistema, los beneficios son triples. En primer lugar, el dióxido de azufre, que tiene un olor acre, se puede eliminar de forma segura de la fábrica de pulpa de celulosa 600, reduciendo así las desventajas medioambientales. En segundo lugar, mediante el uso del SO₂, se puede producir ácido sulfúrico acuoso. En tercer lugar, dado que la fábrica de pulpa de celulosa 600 requiere algo de ácido sulfúrico diluido para su funcionamiento, el ácido sulfúrico acuoso producido se puede usar en la fábrica de pulpa de celulosa 600. Con este fin, una realización del sistema 100 comprende una tubería 604 para transportar el ácido sulfúrico acuoso desde la torre de condensación 300 a la fábrica de pulpa de celulosa 600.
35
40

El método correspondiente comprende separar algo de gas que contiene dióxido de azufre procedente de una circulación de lejía de una fábrica de pulpa de celulosa 600 y transportar el gas que contiene dióxido de azufre al convertidor 500. Para los detalles de la circulación de la lejía de la fábrica de pulpa de celulosa al sulfato, véase el Documento de Patente de Número SE 510 171. Una realización comprende transportar al menos algo del ácido sulfúrico acuoso producido a una fábrica de pulpa de celulosa. Una realización comprende transportar al menos algo del ácido sulfúrico acuoso producido a la misma fábrica de pulpa de celulosa 600 desde la que se recibe en el convertidor 500 el gas que contiene SO₂, que se convierte a SO₃ en el convertidor 500 y a H₂SO₄ en la torre de condensación 300.
45
50

Como se indicó anteriormente, la temperatura en la unidad de preenfriamiento 200 es alta. Además, tanto el SO₃ como el H₂SO₄ son muy corrosivos. Por lo tanto, los requisitos de resistencia a la corrosión y de resistencia al calor de los materiales de la unidad de preenfriamiento 200 son altos. Así, los materiales de la unidad de preenfriamiento 200 son caros. Sólo por esta razón, la unidad de preenfriamiento 200 debe ser relativamente pequeña, es decir, más pequeña que la torre de condensación 300. Por otra parte, cuando la unidad de preenfriamiento 200 es pequeña en comparación a la torre de condensación 300, la formación de H₂SO₄ se puede desplazar desde la unidad de preenfriamiento 200
55

principalmente a la torre de condensación 300. Esto ayuda a la selección de los materiales para la unidad de preenfriamiento 200, ya que se producirá menos H_2SO_4 en la misma.

Por estas razones y con referencia a la Figura 1b, en una realización, la unidad de preenfriamiento 200 tiene una primera área de sección transversal A_{200} en un plano con una superficie normal que es paralela a la dirección del flujo de los gases dentro de la unidad de preenfriamiento 200. El área de la sección transversal A_{200} se refiere al área en el plano mencionado anteriormente limitado por tal(es) pared(es) de la unidad de preenfriamiento 200 que limitan el flujo del gas que comprende SO_3 . De manera correspondiente, la primera área de sección transversal A_{200} se refiere al área del canal de flujo de la unidad de preenfriamiento 200, en la que se configura para que fluya el gas que comprende SO_3 . Dentro de la unidad de preenfriamiento 200, la dirección del flujo de los gases es paralela a la dirección de la velocidad del flujo v_1 del gas que contiene SO_3 en la unidad de preenfriamiento 200. En la Figura 1a se muestra la velocidad v_1 por la flecha correspondiente.

La torre de condensación 300 tiene una segunda área de sección transversal A_{300} en un plano con una superficie normal que es paralela a la dirección del flujo de los gases dentro de la torre de condensación 300. La segunda área de sección transversal A_{300} se refiere al área en el plano mencionado anteriormente limitado por tal(es) pared(es) de la torre de condensación 300 que limitan el flujo del gas que comprende SO_3 . Dichas paredes pueden ser las paredes 310, o el flujo se puede limitar aún más mediante paredes adicionales que limitan la cámara de reacción 312. De manera correspondiente, la segunda área de sección transversal A_{300} se refiere al área del canal de flujo de la torre de condensación 300, en la que se configura el gas que comprende SO_3 para que fluya. Dentro de la torre de condensación 300, la dirección del flujo de los gases es paralela a la dirección de la velocidad del flujo v_2 del gas que contiene SO_3 en la torre de condensación 300. En la Figura 1a se muestra la velocidad v_2 por la flecha correspondiente.

Para que se produzca mucho H_2SO_4 en la torre de condensación 300, la velocidad del flujo del gas que comprende trióxido de azufre debería ser mayor en la unidad de preenfriamiento 200 que en la torre de condensación 300. Por lo tanto, en una realización, el área de la segunda sección transversal A_{300} es mayor que el área de la primera sección transversal A_{200} (es decir, $A_{300} > A_{200}$). En una realización, la segunda área de la sección transversal A_{300} es al menos dos veces o al menos tres veces el área de la primera sección transversal A_{200} (es decir, $A_{300} \geq 2 \times A_{200}$ o $A_{300} \geq 3 \times A_{200}$). Como se indica en la Figura 1b, las secciones transversales pueden ser circulares. En una realización, el diámetro de la sección transversal de la unidad de preenfriamiento 200 es de 0,3 m a 2,4 m. En una realización, el diámetro de la sección transversal de la torre de condensación 300 es de al menos 1,5 m, tal como de 1,5 m a 8 m. En el caso de que la unidad de preenfriamiento 200 no sea circular, los valores antes mencionados se aplican a un diámetro efectivo $2 \times \sqrt{(A_{200}/\pi)}$. En el caso de que la torre de condensación 300 no sea circular, los valores antes mencionados se aplican a un diámetro efectivo $2 \times \sqrt{(A_{300}/\pi)}$.

Cuando se usa dicho sistema 100, es decir, en una realización de un método, el gas que comprende trióxido de azufre tiene una primera velocidad de flujo v_1 (véase la Figura 1a) en la unidad de preenfriamiento 200 y el gas que comprende trióxido de azufre tiene una segunda velocidad de flujo v_2 (véase la Figura 1a) en la torre de condensación 300. En una realización, la magnitud de la segunda velocidad de flujo v_2 es menor que la magnitud de la primera velocidad de flujo v_1 (es decir, $v_2 < v_1$). Preferiblemente, la magnitud de la segunda velocidad de flujo es como máximo la mitad o como máximo un tercio de la magnitud de la primera velocidad de flujo (es decir, $v_2 \leq v_1/2$ o $v_2 \leq v_1/3$). Se usa el término magnitud, porque las velocidades en general son vectores.

Con referencia a la Figura 3, debido a las condiciones corrosivas dentro de la unidad de preenfriamiento 200, se puede cambiar preferiblemente al menos parte de la unidad de preenfriamiento 200 del sistema 100. Por ejemplo, toda la unidad de preenfriamiento 200 se puede conectar a la tubería 290 con unos primeros medios de bloqueo que se pueden abrir 233, tales como tuercas y pernos. La unidad de preenfriamiento 200 puede comprender una brida 230 que se dispone para unirse a la tubería 290 con unos primeros medios de sujeción que se pueden abrir 233. La forma de la unidad de preenfriamiento 200 se puede adaptar para funcionar en combinación con los primeros medios de sujeción que se pueden abrir 233. Por ejemplo, la unidad de preenfriamiento 200, tal como la brida 230 de la misma, puede limitar los orificios 232 para una tuerca y un perno 233, que sirven como medios de sujeción que se pueden abrir 233.

Como alternativa, o además de la solución de la Figura 3, la tubería 290 se puede conectar a la torre de condensación 300 de una manera similar, que se puede abrir. De manera correspondiente, la unidad de precalentamiento 200 puede comprender la tubería 290. Así, en una realización, la unidad de preenfriamiento 200 se conecta con los primeros medios de sujeción que se pueden abrir 233 a la torre de condensación 300. Más específicamente, en una realización, la unidad de refrigeración 200 se conecta con los primeros medios de sujeción que se pueden abrir 233 directamente a la torre de condensación 300 (no mostrada).

Sin embargo, se ha observado que los puntos más corrosivos dentro de la unidad de preenfriamiento 200 son aquellos donde el ácido sulfúrico acuoso condensa en las paredes de la unidad de preenfriamiento 200, en el lado interior de la misma. Se ha descubierto que la mayor parte del interior de la unidad de preenfriamiento se puede hacer resistente a los ácidos de tal manera que sólo una pequeña parte corrosiva de la unidad de preenfriamiento 200 necesita ser reemplazada de vez en cuando para su mantenimiento. La parte que está diseñada para corroerse durante el uso se denominará tapa de sacrificio 240 (véanse las Figuras 3 y 4).

Con referencia a la Figura 4, en una realización, la unidad de preenfriamiento 200 comprende un marco 260, tal como una pared exterior 260 de la unidad de preenfriamiento 200. La Figura 4 muestra la parte IV de la Figura 3 con más detalle. El marco 260 puede estar hecho de un material que sea adecuadamente resistente al calor. El marco 260 no necesita ser a prueba de ácido, siempre que se proteja suficientemente contra el H₂SO₄ acuoso dentro de la unidad de preenfriamiento 200. Para aislar el marco 260 del H₂SO₄ acuoso, la unidad de preenfriamiento 200 comprende una primera pared interior 252 que rodea lateralmente una cámara de reacción 202 de la unidad de preenfriamiento 200. La primera pared interior 252 está hecha de material resistente a los ácidos, preferiblemente de ladrillos resistentes a los ácidos.

Para una mejor resistencia a los ácidos, en una realización, la unidad de preenfriamiento 200 comprende una segunda pared interior 254 que rodea lateralmente la primera pared interior 252. La segunda pared interior 254 está hecha de material resistente a los ácidos, preferiblemente de ladrillos resistentes a los ácidos. La unidad de preenfriamiento 200 puede comprender mortero entre la primera pared interior 252 y la segunda pared interior 254.

Cuando la primera pared interior 252 se hace de ladrillos resistentes a los ácidos, el espesor de la primera pared interior 252 es preferiblemente de 80 mm a 150 mm, tal como de 90 mm a 110 mm, tal como 100 mm. Cuando la segunda pared interior 254 se hace de ladrillos resistentes a los ácidos, el espesor de la segunda pared interior 254 es preferiblemente de 80 mm a 150 mm, tal como de 90 mm a 110 mm, tal como 100 mm. Estos espesores se pueden aplicar también a otros materiales adecuadamente resistentes a los ácidos.

Para aislar térmicamente la(s) pared(es) interior(es) 252, 254 desde la pared exterior 260, y de esta manera ayudar a mantener la temperatura de reacción adecuada dentro de la cámara de reacción 202, la unidad de preenfriamiento 200 comprende una pared interior termoaislante 256 que rodea lateralmente la cámara de reacción 202 de la unidad de preenfriamiento 200 y está rodeada lateralmente por una pared exterior 260 de la unidad de preenfriamiento 200. Preferiblemente, la pared interior termoaislante 256 rodea lateralmente la primera pared interior 252, y si está presente, también la segunda pared interior 254.

Para que la pared interna termoaislante 256 tenga un aislamiento térmico razonable, el material de la pared interna termoaislante 256 puede tener una conductividad térmica κ de como máximo 0,1 W/m·K, preferiblemente como máximo 0,05 W/m·K a una temperatura de 10 °C. La pared interna termoaislante 256 puede estar hecha de espuma de vidrio. En una realización, la pared interna termoaislante 256 está hecha de espuma de vidrio y el espesor t_{256} de la pared interna termoaislante 256 es de 60 mm a 160 mm, tal como de 70 mm a 100 mm, tal como 80 mm; para que tenga las adecuadas propiedades de aislamiento térmico. Preferiblemente, la relación (κ/t_{256}) de la conductividad térmica κ y el espesor t_{256} es como máximo 5 W/m²·K, más preferiblemente como máximo 1 W/m²·K, calculado a una temperatura de 10 °C. La unidad de preenfriamiento 200 puede comprender mortero entre las paredes 252 y 256 y/o entre las paredes 254 y 256.

Para proteger adicionalmente la pared exterior 260 de la corrosión, la pared exterior 260 puede comprender, en su lado interior, un primer revestimiento 258. El primer revestimiento 258 puede ser, por ejemplo, un revestimiento de polímero resistente al calor, tal como un revestimiento de caucho. La resistencia al calor del primer revestimiento 258 puede ser, por ejemplo, de al menos 100 °C. Se debe observar que debido a que la pared exterior 260 está en contacto con el ambiente y puede conducir el calor razonablemente bien, la temperatura del segundo revestimiento 258, en uso, puede ser razonablemente baja. Además, el aislamiento térmico proporcionado por las otras paredes (252, 254, 256) ayudará a mantener la temperatura del primer revestimiento 258 razonablemente baja. La unidad de preenfriamiento 200 puede comprender un mortero entre el primer revestimiento 258 y la pared interna termoaislante 256.

En general, las paredes de ladrillos resistentes a los ácidos con una forma arbitraria son difíciles de fabricar. Por lo tanto, el techo de la cámara de reacción 202 de la unidad de preenfriamiento 200 puede ser difícil de aislar de la cámara de reacción en una manera resistente a los ácidos. Para simplificar la construcción, en una realización, la unidad de preenfriamiento 200 comprende una tapa de sacrificio 240. La tapa de sacrificio 240 se configura para corroerse durante el uso y, por lo tanto, se dispone para que sea fácilmente reemplazable.

Como se indica en la Figura 3, la tapa de sacrificio 240 se conecta al marco 260 con unos segundos medios de sujeción que se pueden abrir 243, tales como tuercas y pernos, ganchos o cierres. La forma de la tapa de sacrificio 240 se adapta a la forma de los segundos medios de sujeción que se pueden abrir 243. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 3, la tapa de sacrificio 240 limita los orificios 242 para sujetar la tapa de sacrificio 240 al marco 260 de la unidad de preenfriamiento con tuercas y tornillos 243 (véase también la Figura 4).

Como se indica en la Figura 4, la tapa de sacrificio 240 está aislada térmicamente sólo débilmente de la cámara de reacción 202. Así, la tapa de sacrificio 240 comprende un material 241 que es resistente al calor hasta al menos 500 °C. Preferiblemente, todas las partes de la tapa de sacrificio que se extienden a través de la tapa de sacrificio 240 en la dirección del espesor de la tapa de sacrificio 240 comprenden un material 241 que es resistente al calor hasta al menos 500 °C. Preferiblemente, la tapa de sacrificio 240 comprende una capa de un metal, tal como acero, por ejemplo, acero resistente a los ácidos. Esta capa puede ser resistente al calor como se indicó anteriormente.

Además, la tapa de sacrificio 240 comprende un segundo revestimiento 244. El segundo revestimiento 244 no necesita cubrir completamente un lado del material 241. El propósito del segundo revestimiento es proteger al menos una parte de la capa 241 del ácido sulfúrico acuoso líquido. Por lo tanto, el segundo revestimiento 244 se dispone entre el interior de la unidad de preenfriamiento 200 y el material 241. En otras palabras, el segundo revestimiento 244 mira hacia el interior de la unidad de preenfriamiento 200. El segundo revestimiento 244 debe ser resistente al calor hasta al menos el punto de ebullición del ácido sulfúrico acuoso. En una realización, el segundo revestimiento 244 es resistente al calor hasta al menos 230 °C, preferiblemente al menos 300 °C. En una realización, el segundo revestimiento 244 comprende un material plástico. En una realización, el segundo revestimiento 244 consiste en un material plástico fluorado. En una realización, el segundo revestimiento 244 consiste en un material plástico fluorado.

Como se indica en la Figura 4, en una realización, la tapa de sacrificio 240 comprende una capa metálica 241 que se reviste parcialmente con un segundo revestimiento 244 que es resistente al calor hasta al menos 240 °C. El segundo revestimiento 244 puede estar hecho de, por ejemplo, un plástico fluorado, tal como politetrafluoroetileno (es decir, teflón), o un plástico no fluorado con una resistencia térmica adecuadamente alta (por ejemplo, algunas poliamidas tales como Nylon 66 o parileno).

Además, en una realización, la unidad de preenfriamiento 200 comprende un canal de refrigeración 248 que se dispone en contacto con la tapa de sacrificio 240. El canal de refrigeración 248 se dispone en contacto con la tapa de sacrificio 240 de una manera térmicamente conductora. En uso, algo del refrigerante líquido puede fluir en el canal de refrigeración 248. La unidad de preenfriamiento 200 comprende una entrada 248a para este refrigerante y una salida 248b para este refrigerante (véase la Figura 3), a través de las cuales el refrigerante puede circular dentro del canal 248. El canal de refrigeración 248 se dispone en contacto con la tapa de sacrificio 240 de una manera térmicamente conductora que, en uso, la diferencia de temperaturas entre [i] un líquido que fluye por dentro del canal de refrigeración 248 y [ii] una parte de la tapa de sacrificio 240 es como máximo de 50 °C.

Preferiblemente, el canal de refrigeración 248 se dispone en un lado opuesto de la tapa de sacrificio 240 con respecto al segundo revestimiento 244. Además, preferiblemente el canal de refrigeración 248 se dispone en la tapa de sacrificio 240 en una ubicación tal que una línea recta L es paralela a una superficie normal N de la tapa de sacrificio 240 y penetra tanto en el canal de refrigeración 248 como en el segundo revestimiento 244. Esto tiene el efecto técnico de que a medida que el refrigerante fluye en el canal de refrigeración 248 enfría la tapa de sacrificio 240 localmente cerca del propio canal 248; sin embargo, el ácido sulfúrico acuoso condensará en el punto donde se ubica el canal de refrigeración 248; en el otro lado de la tapa 240. Así, el ácido sulfúrico acuoso condensará en un punto que comprende un segundo revestimiento 244, que protege el material 241 de la corrosión en ese punto. Como se indica en la Figura 4, el segundo revestimiento 244 se puede disponer también en ubicaciones que son más frías. Así, el segundo revestimiento 244 se puede disponer también en todas las ubicaciones que están, en una dirección lateral, más alejadas del centro de la cámara de reacción 202 que del canal de refrigeración 248. Como se indica en la figura, normalmente la superficie normal N es paralela al espesor de la tapa de sacrificio 240.

Sin embargo, como se indica en la Figura 4, en algunas de estas ubicaciones que están en una dirección lateral más cercana al centro de la cámara de reacción 202 que del canal de refrigeración 248, no necesariamente está presente un segundo revestimiento. En la práctica, un segundo revestimiento inicialmente uniforme 244 se puede quemar o fundir en tales ubicaciones. Sin embargo, cuando el segundo revestimiento 244 es resistente a temperaturas superiores al punto de ebullición del ácido sulfúrico acuoso, en tales ubicaciones, la capa metálica 241 de la tapa de sacrificio 240 sólo está expuesta al ácido sulfúrico gaseoso, que es menos corrosivo que el ácido sulfúrico acuoso. De esta manera, la resistencia a la corrosión de la tapa de sacrificio 240 se puede mejorar con el revestimiento 244 incluso si el revestimiento no se aplica uniformemente sobre la tapa de sacrificio 240.

Como se indica en la Figura 4, lo más preferiblemente al menos una parte del canal de refrigeración 248, al menos un segundo revestimiento 244, y al menos parte de la pared interna termoaislante 256 se disponen en una misma línea recta L que es paralela a una superficie normal N de la tapa de sacrificio 240; tal como en una misma línea recta L que es paralela a la dirección del espesor de la tapa de sacrificio 240. Esto ayuda a controlar la ubicación en la que se produce la condensación del ácido sulfúrico acuoso, ya que también la pared interna termoaislante 256 impone un alto gradiente de temperaturas dentro de la unidad de preenfriamiento 200.

Dado que la unidad de preenfriamiento 200 puede ser reemplazable, es evidente que la unidad de preenfriamiento 200 se puede vender incluso sin el resto del sistema 100. De esta manera, una unidad de preenfriamiento 200 se puede ver como una realización independiente de los otros componentes del sistema.

Con referencia a la Figura 5, en particular cuando el gas que contiene SO₃ contiene además SO₂, por ejemplo, debido a reacciones catalíticas incompletas en el convertidor 500, el sistema puede comprender una torre de lavado para gases 700. En la Figura 5, una tubería 340 se configura para transportar los humos desde la torre de condensación 300 a la torre de lavado para gases. La torre de lavado para gases 700 se configura para eliminar al menos algo del SO₂ de los humos. Dichos procesos de eliminación de SO₂ se conocen como desulfuración de gases de humos.

En relación con una fábrica de pulpa de celulosa, un tipo de torre de lavado para gases extremadamente aplicable es una torre de lavado para gases de bisulfito. En una torre de lavado para gases de bisulfito, el dióxido de azufre se

hace reaccionar con una disolución acuosa alcalina, produciendo así algo de bisulfito. Como ejemplo, se puede usar una disolución acuosa de NaOH para lavar SO₂, dando como resultado sulfito de sodio Na₂SO₃ y/o bisulfito de sodio NaHSO₃, dependiendo de la alcalinidad del líquido de lavado. Si el pH del líquido de lavado es de aproximadamente 10 o más, sustancialmente sólo se producirán Na₂SO₃ y agua mediante la reacción del SO₂ con el NaOH.

- 5 Otros posibles álcalis incluyen hidróxido de potasio KOH y agua amoniacal NH₃(ac). Su uso en la torre de lavado para gases 700 produce el correspondiente sulfito y/o bisulfito.

Como es conocido por un experto en la materia, tales sulfitos y/o bisulfitos se usan en una fábrica de pulpa de celulosa. Más precisamente, tales sulfitos y/o bisulfitos se necesitan tanto en una fábrica de pulpa de celulosa al sulfato (es decir, una fábrica de pulpa de celulosa Kraft) como en una fábrica de pulpa de celulosa al sulfito; incluso si una fábrica al sulfito usa sulfitos en cantidades grandes. Por ejemplo, en una fábrica al sulfato, se pueden usar sulfitos y/o bisulfitos en el proceso de lavado de los gases de venteo que contienen dióxido de cloro ClO₂. De esta manera, los productos de reacción del lavador para gases 700 se pueden usar en la fábrica de pulpa de celulosa 600 independientemente de su tipo. Un sistema comprende un canal 752 para transportar algunos productos de reacción desde la torre de lavado para gases 700 a la fábrica de pulpa de celulosa 600. Tal medio puede comprender una tubería 752 configurada para tal fin. El producto de reacción puede comprender al menos uno de un sulfito y un bisulfito. El producto de reacción puede comprender al menos uno de sulfito de sodio, bisulfito de sodio, sulfito de potasio, bisulfito de potasio, sulfito de amonio (NH₄)₂SO₃, y bisulfito de amonio NH₄HSO₃.

La Figura 5 también muestra una estructura de una torre de lavado para gases 700 típica, que es una torre de lavado para gases en húmedo, por ejemplo, una torre de lavado para gases de bisulfito. La torre de lavado para gases 700 comprende boquillas 710 para rociar una disolución de lavado sobre el gas de humos. La disolución de lavado puede comprender agua y el aditivo mencionado anteriormente; que se puede alimentar a la torre de lavado para gases 700, o a una circulación de la disolución de lavado, como se indica mediante las flechas correspondientes. Además, si es necesario, a la torre de lavado para gases se puede alimentar algo de gas oxidante. Cuando se rocía con las boquillas 710, la mayor parte del líquido de lavado cae al fondo de la torre de lavado para gases 700. Para evitar que se escapen gotas de la torre de lavado para gases 700, la torre de lavado para gases 700 puede comprender un segundo separador de gotas 730. El segundo separador de gotas 730 detiene también la mayor parte de las gotas pequeñas, que, al formar gotas más grandes, caen al fondo de la torre de lavado de gases 700. La torre de lavado para gases 700 comprende una bomba 740 y una tubería 742 para hacer circular la disolución de lavado desde el fondo de la torre de lavado para gases 700 hasta las boquillas 710. La torre de lavado para gases 700 puede comprender un lecho empacado 720 para mejorar el contacto entre el gas de humos y la disolución de lavado.

Un método correspondiente comprende eliminar al menos algo de SO₂ de los humos (es decir, el gas restante) que se elimina de la torre de condensación 300. El SO₂ se puede eliminar en una torre de lavado para gases 700. El SO₂ se puede eliminar en una torre de lavado de gases en húmedo 700. El SO₂ se puede eliminar en una torre de lavado para gases de bisulfito 700 usando una disolución de lavado alcalina.

La torre de lavado para gases 700 comprende una salida 750 para dejar salir al menos algunos de los productos de reacción líquidos. Una realización comprende un canal 752, tal como una tubería 752, configurada para transportar al menos algunos de los productos de reacción sólidos y/o líquidos desde la salida 750 a una fábrica de pulpa de celulosa 600. Se puede usar otro canal 754 para transportar otra parte de los productos de reacción, por ejemplo, a una planta de tratamiento de residuos, por ejemplo, si la torre de lavado para gases es una torre de lavado para gases de dos etapas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) para producir ácido sulfúrico acuoso a partir de un gas que contiene dióxido de azufre de una circulación de lejía de una fábrica de pulpa de celulosa (600), comprendiendo el sistema (100)
- 5 – la fábrica de pulpa de celulosa (600), configurada para producir al menos algo de gas que contiene dióxido de azufre,
- 10 – una tubería (602) configurada para transportar al menos algo del gas que contiene dióxido de azufre a un convertidor (500), comprendiendo el convertidor (500)
- una disposición de entrada (502) para recibir algo de gas que contiene al menos algo de dióxido de azufre y algo de oxígeno o algo de gas que contiene al menos algo de dióxido de azufre y algo de otro gas que comprende oxígeno y
- catalizador (510) para convertir al menos algo del dióxido de azufre y del oxígeno a trióxido de azufre,
- 15 – una tubería (440) configurada para transportar gas que contiene trióxido de azufre desde el convertidor (500) a una entrada (212) de una unidad de preenfriamiento (200), y
- un primer intercambiador de calor (410) configurado para enfriar agua y/o ácido sulfúrico acuoso para producir agua enfriada y/o ácido sulfúrico acuoso enfriado, en donde
- la unidad de preenfriamiento (200) se configura para enfriar previamente algo del gas que contiene trióxido de azufre, comprendiendo la unidad de preenfriamiento (200)
- la entrada o entradas (212, 214) para recibir [i] el gas que contiene trióxido de azufre y [ii] el agua enfriada y/o el ácido sulfúrico acuoso enfriado,
- 20 • una salida (216) para dejar salir el ácido sulfúrico acuoso y el gas que contiene trióxido de azufre, y
- una primera boquilla (220) para rociar el agua enfriada y/o el ácido sulfúrico acuoso enfriado sobre el gas que contiene trióxido de azufre para enfriar el gas que contiene trióxido de azufre y hacer reaccionar algo del trióxido de azufre con algo del agua enfriada y/o del ácido sulfúrico acuoso, aumentando la concentración o produciendo de ese modo algo de ácido sulfúrico acuoso, comprendiendo el sistema
- 25 – una tubería (450) configurada para transportar el ácido sulfúrico acuoso enfriado y/o el agua enfriada desde el primer intercambiador de calor (410) a la unidad de preenfriamiento (200),
- una torre de condensación (300) que comprende
- una primera entrada (302) para recibir el gas enfriado que contiene trióxido de azufre y ácido sulfúrico acuoso procedente de la unidad de preenfriamiento (200) y
- 30 • medios (320) para hacer circular el ácido sulfúrico acuoso dentro de la torre de condensación (300) mediante rociado con el fin de concentrar el ácido sulfúrico acuoso, y
- un canal (290) configurado para transportar el ácido sulfúrico acuoso y el gas que comprende trióxido de azufre desde la salida (216) de la unidad de preenfriamiento (200) a la torre de condensación (300).
2. El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde
- 35 – la torre de condensación (300) comprende una pared (310) o paredes (310) que limitan una cámara de reacción (312) y
- la pared (310) o las paredes (310) de la torre de condensación (300) comprenden un material plástico; preferiblemente,
- 40 – la pared (310) o las paredes (310) de la torre de condensación (300) comprenden además un material de refuerzo fibroso.
3. El sistema (100) de la reivindicación 1 o 2, en donde los medios (320) para hacer circular el ácido sulfúrico acuoso dentro de la torre de condensación (300) mediante rociado con el fin de concentrar el ácido sulfúrico acuoso comprenden
- un segundo intercambiador de calor (420) configurado para enfriar el ácido sulfúrico acuoso circulado,

ES 2 822 086 T3

- una bomba (322) configurada para bombear ácido sulfúrico acuoso a través del segundo intercambiador de calor (410),
 - una segunda boquilla (326) para rociar ácido sulfúrico acuoso enfriado sobre el gas enfriado que contiene trióxido de azufre dentro de la torre de condensación (300), y
- 5 – una tubería (324) configurada para transportar ácido sulfúrico acuoso enfriado desde el segundo intercambiador de calor (420) a la segunda boquilla (326).
4. El sistema (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde
- la fábrica de pulpa de celulosa (600) es una fábrica de pulpa de celulosa Kraft (600).
5. El sistema (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende
- 10 – una torre de lavado para gases (700) configurada para lavar al menos algo del dióxido de azufre del gas de humos que entra en la torre de lavado para gases (700) para producir un gas limpio y
- una tubería (340) configurada para transportar el gas de humos desde la torre de condensación (300) a la torre de lavado para gases (700).
6. El sistema (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde
- 15 – la unidad de preenfriamiento (200) se conecta con los primeros medios de sujeción que se pueden abrir (233) a
- la torre de condensación (300) o
 - una tubería (290) que se conecta a la torre de condensación (300).
7. El sistema (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde
- el sistema está libre de tal dispositivo de concentración que se configura para concentrar el ácido sulfúrico acuoso a ácido sulfúrico con una concentración de más del 80% en peso.
- 20 8. El sistema (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde
- la unidad de preenfriamiento (200) comprende una tapa de sacrificio (240) y
 - la tapa de sacrificio (240) se conecta a un marco (260) de la unidad de preenfriamiento (200) con unos segundos medios de sujeción que se pueden abrir (243);
- 25 preferiblemente, además
- la tapa de sacrificio (240) comprende metal (241) que se reviste con un segundo revestimiento (244) que comprende plástico y es resistente al calor hasta al menos 240 °C;
- preferiblemente, además
- 30 – el sistema comprende además un canal de refrigeración (248) que se dispone en contacto con la tapa de sacrificio (240);
- preferiblemente, además
- al menos una parte del canal de refrigeración (248) y al menos algo del segundo revestimiento (244) se disponen en una misma línea recta (L) que es paralela a una superficie normal (N) de la tapa de sacrificio (240);
- preferiblemente, además
- 35 – la unidad de preenfriamiento (200) comprende
- una primera pared interior (252) hecha de un material resistente a los ácidos y que rodea una cámara de reacción (202) de la unidad de preenfriamiento (200) y
 - una pared interior termoaislante (256) que rodea la primera pared interior (252), dispuesta de tal manera que
- 40 – al menos una parte del canal de refrigeración (248), al menos algo del segundo revestimiento (244), y al menos parte de la pared interior termoaislante (256) se disponen en una misma línea recta (L) que es paralela a una superficie normal (N) de la tapa de sacrificio (240).

9. Un método para producir ácido sulfúrico acuoso a partir de un gas que contiene dióxido de azufre de una circulación de lejía de una fábrica de pulpa de celulosa (600), comprendiendo el método

- separar algo de gas que contiene dióxido de azufre de una circulación de lejía de la fábrica de pulpa de celulosa (600),
- 5 – transportar el gas que contiene dióxido de azufre a un convertidor (500),
- oxidar catalíticamente en el convertidor (500) al menos algo del dióxido de azufre a trióxido de azufre, produciendo de ese modo el gas que comprende trióxido de azufre,
- transportar el gas que comprende trióxido de azufre a una unidad de preenfriamiento (200) de tal manera que en una entrada (212) de la unidad de preenfriamiento, la temperatura del gas que contiene trióxido de azufre sea al menos 300 °C,
- 10 – en un primer intercambiador de calor (410), enfriar agua y/o ácido sulfúrico acuoso produciendo así agua enfriada y/o ácido sulfúrico acuoso enfriado,
- en la unidad de preenfriamiento (200), enfriar el gas que contiene trióxido de azufre a una temperatura de como máximo 120 °C rociando el agua enfriada y/o el ácido sulfúrico acuoso enfriado sobre el gas que contiene trióxido de azufre usando una primera boquilla (220), por lo que al menos algo del trióxido de azufre forma ácido sulfúrico acuoso con el agua y/o con el ácido sulfúrico acuoso,
- 15 – transportar el gas enfriado que contiene trióxido de azufre y ácido sulfúrico acuoso desde la unidad de preenfriamiento (200) a una torre de condensación (300), y
- en la torre de condensación (300), concentrar el ácido sulfúrico acuoso haciendo circular el ácido sulfúrico acuoso en la torre de condensación (300) y rociando el ácido sulfúrico acuoso sobre el gas que contiene trióxido de azufre usando una segunda boquilla (326).
- 20

10. El método de la reivindicación 9, en donde

- el gas o los gases, en particular el gas que comprende trióxido de azufre, sólo se transportan a la torre de condensación (300) de tal manera que en una entrada de la torre de condensación (300) la temperatura del gas o de los gases sea como máximo de 120 °C y/o
- 25 – la pared (310) o las paredes de la torre de condensación (300) que limitan una cámara de reacción (312) para concentrar el ácido sulfúrico acuoso comprenden un material plástico.

11. El método de la reivindicación 9 o 10 que comprende

- transportar algo de ácido sulfúrico acuoso desde la torre de condensación (300) a un segundo intercambiador de calor (420),
- 30 – enfriar el ácido sulfúrico acuoso en el segundo intercambiador de calor (420) para producir ácido sulfúrico acuoso enfriado, y
- transportar al menos algo del ácido sulfúrico acuoso enfriado desde el segundo intercambiador de calor (420) a la segunda boquilla (326) en la torre de condensación (300) para rociar al menos algo del ácido sulfúrico acuoso enfriado sobre el gas que contiene trióxido de azufre.
- 35

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde

- la temperatura del gas que contiene dióxido de azufre en una disposición de entrada (502) del convertidor (500) es de 350 °C a 450 °C, y
- 40 – la temperatura del gas que contiene trióxido de azufre en una salida (504) del convertidor (500) es de 460 °C a 480 °C.

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende

- transportar el gas de humos desde la torre de condensación (300) a una torre de lavado para gases (700) y
- eliminar algo de dióxido de azufre del gas de humos lavando los gases de humos en la torre de lavado para gases (700).
- 45

14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en donde el ácido sulfúrico acuoso se produce de tal manera que

- la concentración de ácido sulfúrico del ácido sulfúrico acuoso no supera el 80% en peso en la torre de condensación (300);

preferiblemente,

- sólo se produce dicho ácido sulfúrico acuoso, cuya concentración es menos del 80% en peso.

5 15. Una unidad de preenfriamiento (200) adecuada para enfriar gas que comprende trióxido de azufre desde una temperatura de al menos 400 °C a una temperatura de como máximo 150 °C, comprendiendo la unidad de preenfriamiento

- una pared exterior (260) que limita una cámara de reacción (202) de la unidad de preenfriamiento (200),

10 – una entrada o entradas (212, 214) para recibir [i] el gas que contiene trióxido de azufre y [ii] agua enfriada y/o ácido sulfúrico acuoso enfriado en la cámara de reacción (202),

- una primera boquilla (220) para rociar el agua enfriada y/o el ácido sulfúrico acuoso enfriado sobre el gas que contiene trióxido de azufre para enfriar el gas que contiene trióxido de azufre y hacer reaccionar algo de trióxido de azufre con algo de agua enfriada y/o con el ácido sulfúrico acuoso enfriado, concentrando o produciendo de ese modo algo de ácido sulfúrico acuoso, y

15 – una pared interior termoaislante (256) rodeada por la pared exterior (260) y que rodea la cámara de reacción (202),

caracterizada por

- una primera pared interior (252) hecha de un material resistente a los ácidos, rodeada por la pared exterior (260) y que rodea la cámara de reacción (202),

20 – una tapa de sacrificio (240) que comprende metal (241) que se reviste con un revestimiento (244) que comprende un material plástico, siendo el material plástico resistente al calor hasta al menos 230 °C y estando orientado hacia el interior de la unidad de preenfriamiento (200), y estando la tapa de sacrificio (240) conectada a la pared exterior (260) con unos segundos medios de sujeción que se pueden abrir (243),

- un canal de refrigeración (248) que se dispone en contacto con la tapa de sacrificio (240),

25 – una entrada (248a) para alimentar el refrigerante al canal de refrigeración (248), y

- una salida (248b) para eliminar el refrigerante del canal de refrigeración (248), en donde

- al menos una parte del canal de refrigeración (248) y al menos algo del revestimiento (244) se disponen en una misma línea recta (L) que es paralela a una superficie normal (N) de la tapa de sacrificio (240).

16. La unidad de preenfriamiento de la reivindicación 15, en donde

30 – al menos una parte del canal de refrigeración (248), al menos algo del revestimiento (244), y al menos parte de la pared interior termoaislante (256) se disponen en una misma línea recta (L) que es paralela a una superficie normal (N) de la tapa de sacrificio (240).

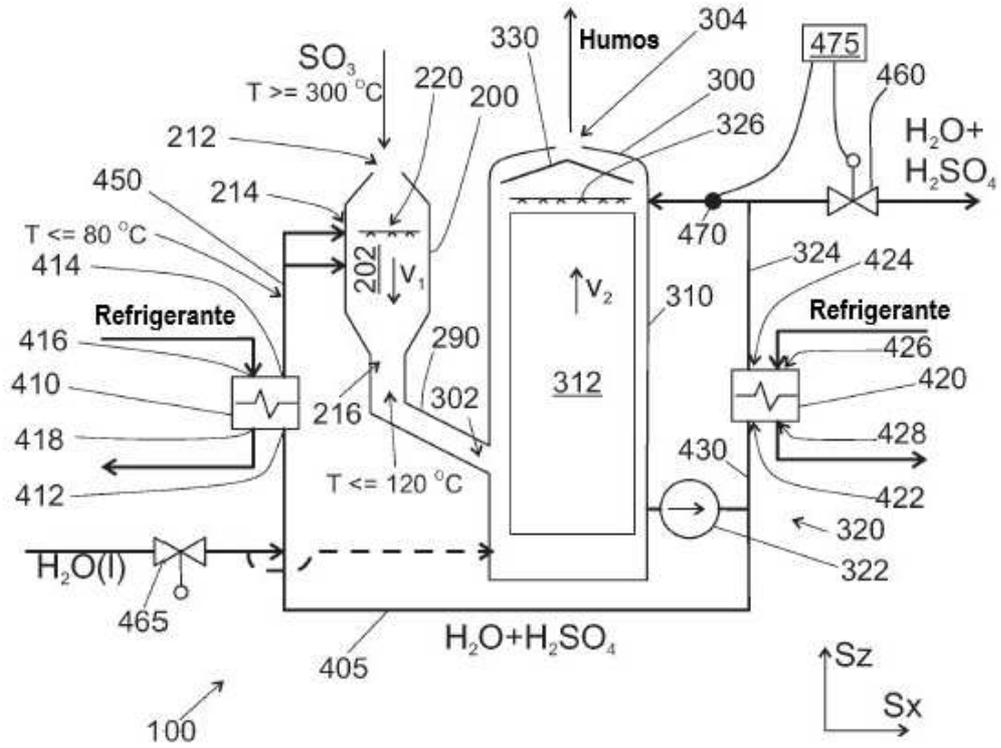


Figura 1a

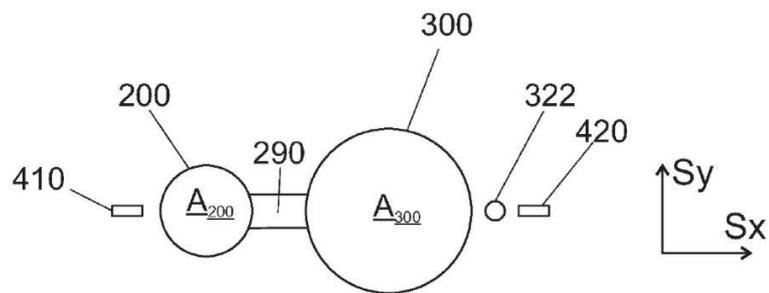


Figura 1b

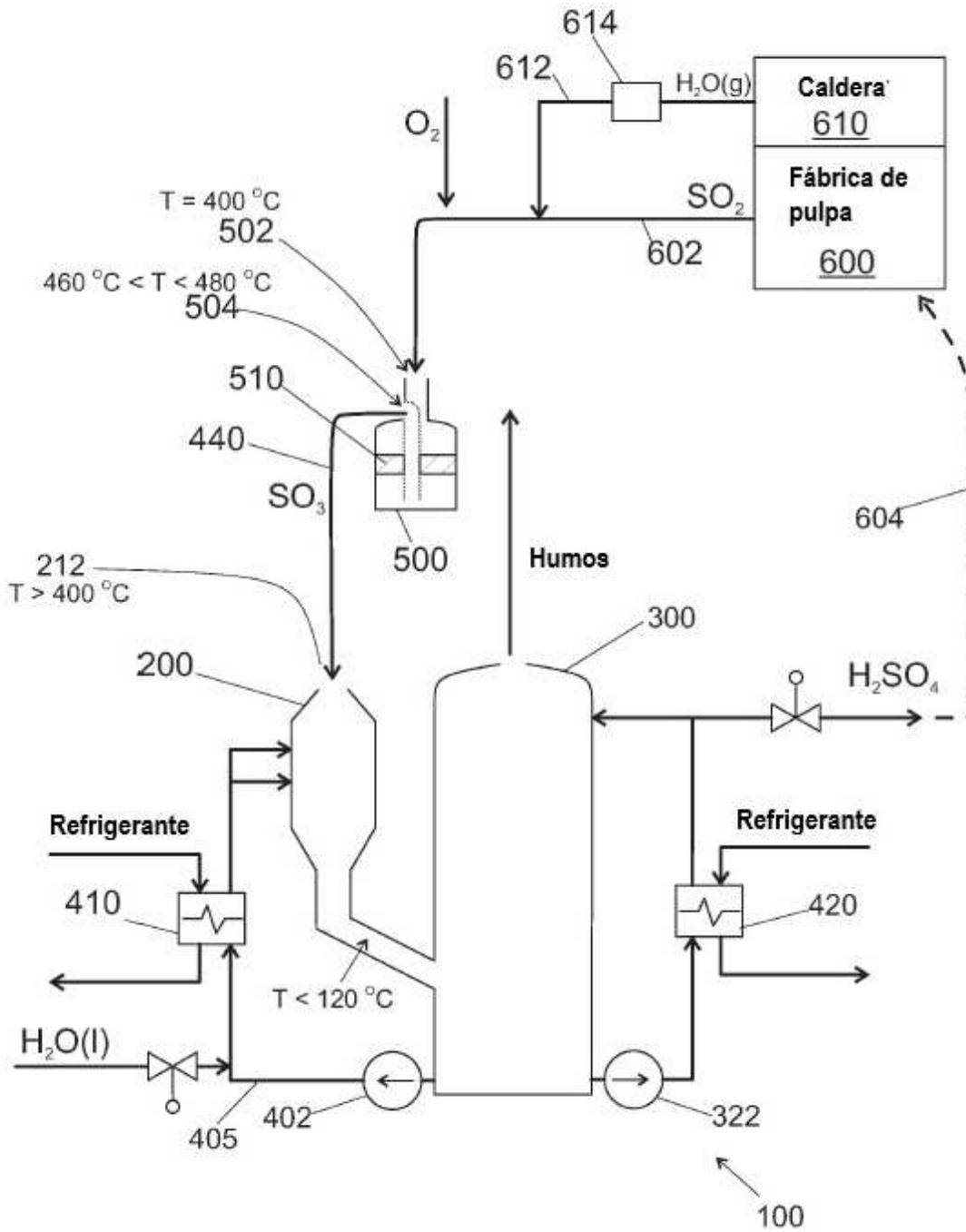


Figura 2

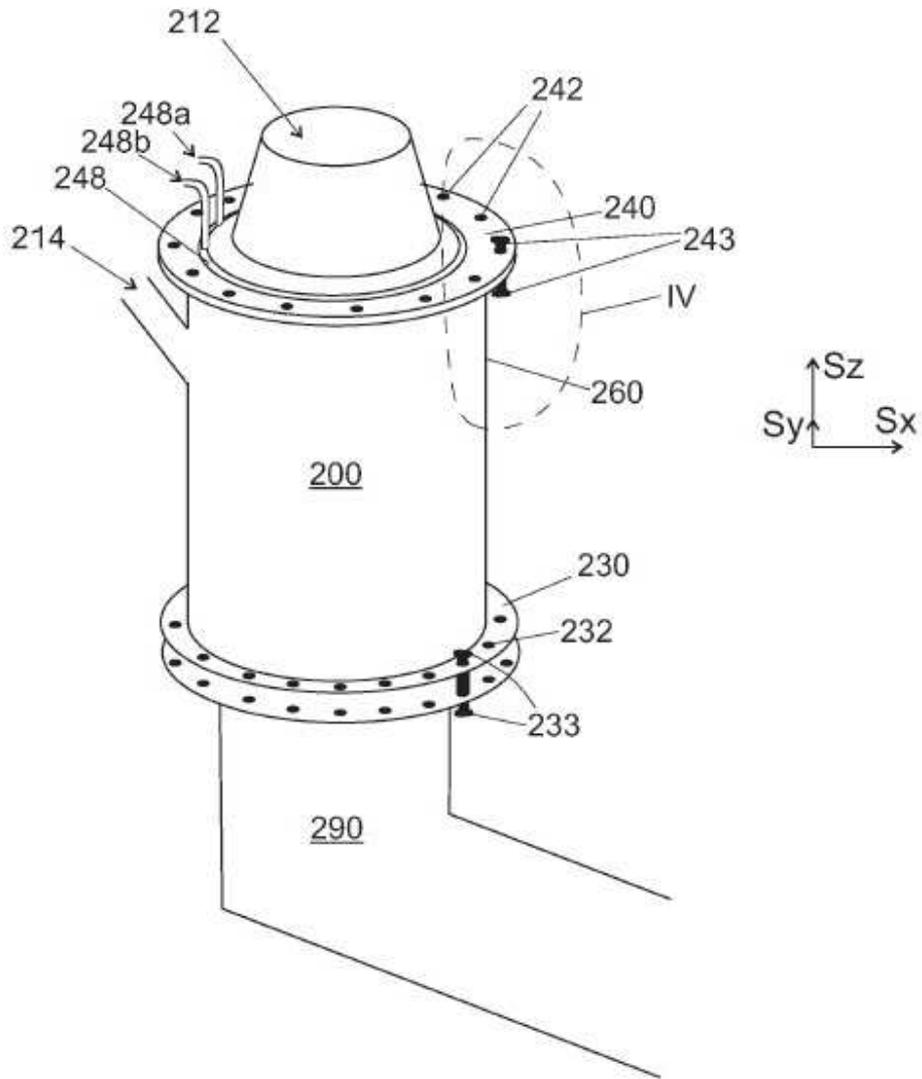


Figura 3

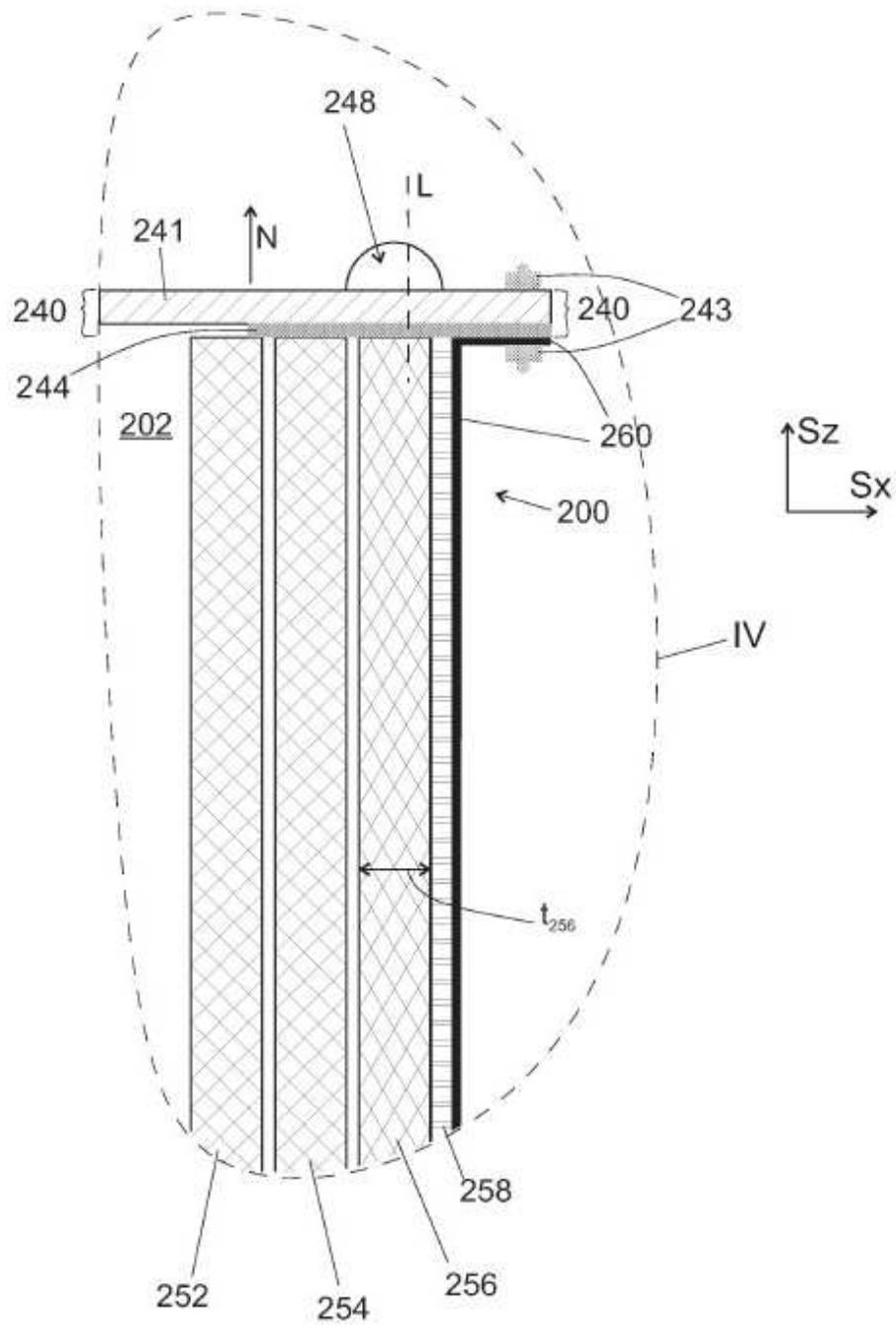


Figura 4

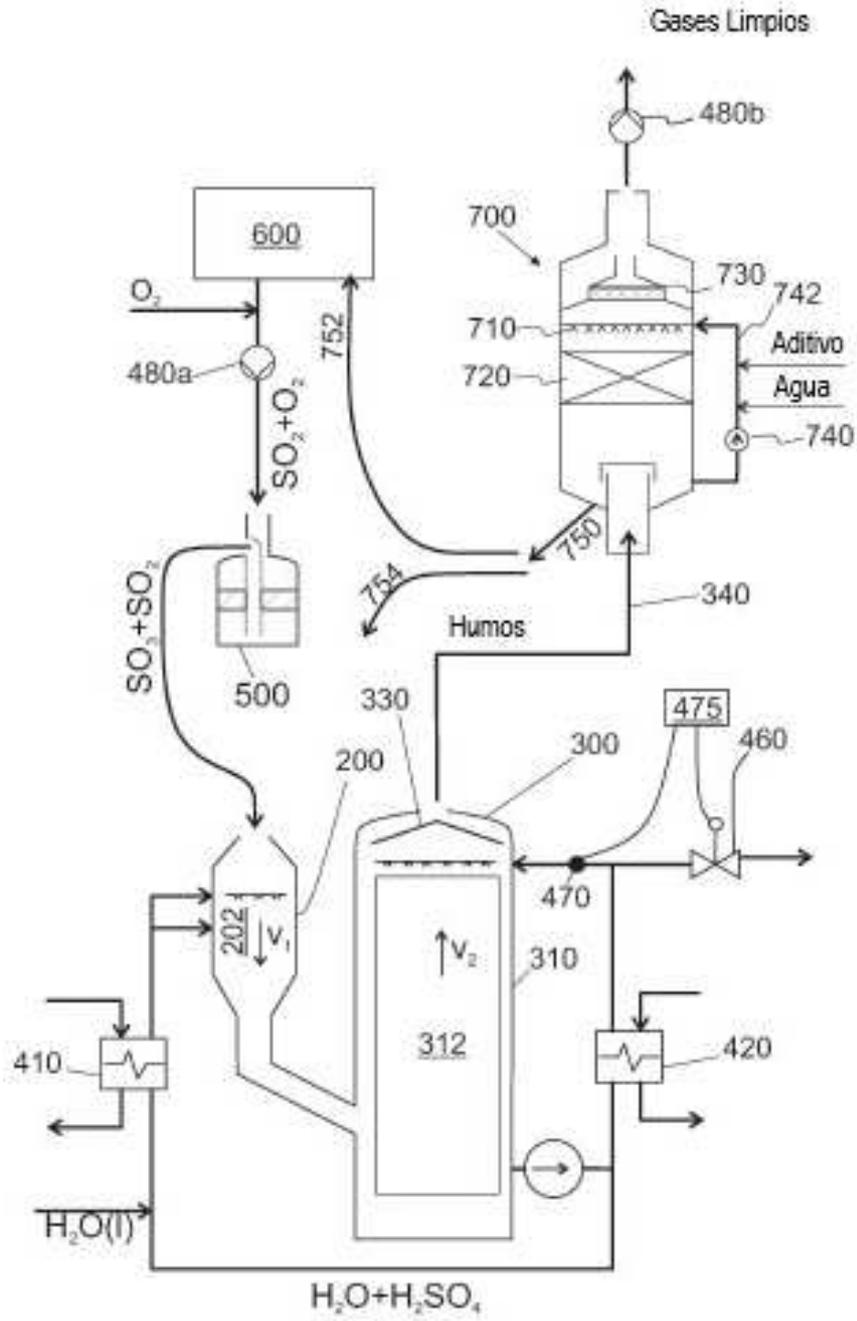


Figura 5