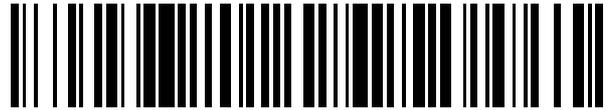


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 274**

51 Int. Cl.:

C01B 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2010 E 10816305 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014 EP 2493810**

54 Título: **Proceso para la producción de dióxido de cloro**

30 Prioridad:

30.10.2009 FI 20096126

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.02.2015

73 Titular/es:

**KEMIRA OYJ (100.0%)
Porkkalankatu 3
00180 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

POHJANVESI, SEPPO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 530 274 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

Proceso para la producción de dióxido de cloro

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a un proceso para la producción de dióxido de cloro. Específicamente, la invención se refiere a un proceso para la producción de dióxido de cloro, en el que se mezcla de manera eficaz ácido sulfúrico en la mezcla de reacción.

10

Antecedentes de la invención

El dióxido de cloro (ClO_2) es un importante compuesto químico blanqueante de pasta papelera. También se usa para muchos otros fines, por ejemplo, para la purificación del agua. Con mucha frecuencia, el dióxido de cloro se prepara reduciendo clorato de sodio (u otros cloratos de metal alcalino) en condiciones ácidas, y el dióxido de cloro gaseoso generado se recoge de la mezcla de reacción. Normalmente, se usa ácido sulfúrico como el ácido. El agente reductor puede comprender, por ejemplo, peróxido de hidrógeno, metanol, un ion cloruro, o dióxido de azufre. La preparación de dióxido de cloro con frecuencia tiene lugar en una fábrica de pasta papelera.

15

El dióxido de cloro se puede preparar por diversos métodos diferentes. En lo que respecta a sus funciones básicas, todos los procesos usados para preparar dióxido de cloro comprenden al menos las siguientes etapas:

20

- Las materias primas de dióxido de cloro, es decir, la solución acuosa de clorato de metal alcalino, el ácido y el agente reductor, se conducen hacia un reactor.

25

- La reacción que forma el dióxido de cloro tiene lugar en el reactor.

- El gas de dióxido de cloro se conduce fuera del reactor.

Los procesos de Solvay y Mathieson son procesos obsoletos para producir dióxido de cloro, y estos funcionan a presión atmosférica. Los procesos son similares en gran medida, con la excepción de que en el proceso de Solvay se usa metanol como el agente reductor en lugar de dióxido de azufre. El proceso HP-A[®] también funciona a presión atmosférica. En este proceso, el clorato de sodio reacciona con un agente reductor basado en peróxido de hidrógeno en una solución de ácido sulfúrico, con lo que se forma dióxido de cloro. Los subproductos de la reacción incluyen oxígeno y un residuo ácido que contiene bisulfato de sodio. El documento US 2.881.052 también da a conocer un proceso obsoleto que funciona a presión atmosférica.

30

35

Otros procesos de producción de dióxido de cloro bien conocidos comprenden los procesos ERCO. El proceso ERCO R2[®] es un ejemplo de un proceso que funciona a presión atmosférica. En el proceso ERCO R2[®], se usa cloruro de sodio para reducir clorato de sodio. La mezcla de clorato y cloruro se añade conjuntamente al generador con el ácido sulfúrico. En este proceso, se forma una gran cantidad de cloro gas (Cl_2), que normalmente se absorbe a fin de formar hipoclorito (NaClO).

40

En la actualidad, en el proceso se usa con mucha frecuencia un reactor a presión baja. Un ejemplo es el proceso ERCO R3[®]. En este proceso, reaccionan clorato de sodio, cloruro de sodio y ácido sulfúrico en condiciones bastante ácidas a una temperatura que se corresponde con el punto de ebullición de la mezcla de reacción. En el proceso se produce dióxido de cloro y se generan como subproductos sulfato de sodio (cristalino) y una pequeña cantidad de cloro (en agua en forma de hipoclorito). El dióxido de cloro se retira del equipo de reacción conjuntamente con vapor y precipitado de sulfato de sodio. Este proceso se describe en más detalle, por ejemplo, en el documento US 3.864.456, en el que el ácido sulfúrico y los otros reactivos se alimentan directamente al recipiente de reacción.

45

50

Otro proceso de producción conocido que funciona a presión reducida es el proceso ERCO R8[®]. Este proceso difiere del proceso R3 especialmente en que el proceso funciona en condiciones mucho más ácidas, y se usa metanol como el agente reductor en lugar de cloruro de sodio. Adicionalmente, el proceso no requiere el uso de un catalizador. Como resultado, se forma dióxido de cloro más limpio, puesto que el metanol reduce el cloro generado a iones cloruro, incrementando de esta manera la eficacia del proceso. El proceso R8 se describe, por ejemplo, en los documentos US 4.081.520, US 4.393.035 y US 4.393.036. El documento US 5.066.477 da a conocer una modificación del proceso R8. En esta modificación, se hace un intento por acelerar la reacción y reducir la acidez del subproducto de sulfato de sodio colocando un tubo corto en la garganta de Venturi del conducto de recirculación y alimentando ácido sulfúrico y metanol a través de este tubo. En el proceso de acuerdo con el documento US 5.066.477, el ácido sulfúrico y metanol siempre se alimentan después del intercambiador de calor.

55

60

El documento US 3.895.100 da a conocer un proceso para la preparación de dióxido de cloro en un reactor que comprende clorato de sodio, cloruro de sodio y ácido sulfúrico mantenidos a presión reducida. Parte de la solución de clorato de sodio y cloruro de sodio que contiene algo de sulfato de sodio no retirado se recicla al reactor a través de una caldera-intercambiador de calor. Se añade ácido sulfúrico al líquido reciclado aguas abajo de la caldera-

65

intercambiador de calor.

Un inconveniente relacionado con los procesos obsoletos, que hechos funcionar a presión normal y en los que, por ejemplo, se usó dióxido de azufre como el agente reductor y ácido sulfúrico como el ácido, consistió en las grandes cantidades de residuo ácido. Más tarde, se reemplazó gradualmente dióxido sulfúrico por compuestos basados en cloruro o metanol. No obstante, los procesos basados en cloruro con frecuencia producen cloro como un subproducto. En un intento por eliminar el cloro, se han desarrollado procesos en los que no se produce una gran cantidad de residuos ácidos o cloro. Después del uso de los procesos antiguos, el propósito de la industria del dióxido de cloro ha sido desarrollar procesos en los que los costes de funcionamiento sean bajos y solo se produzca una cantidad mínima de subproductos. Las soluciones de equipos modernos son, por tanto, muy diferentes de los equipos usados en los procesos de producción previos, y, por ejemplo, la alimentación y el mezclado de los compuestos químicos se ha solucionado en una manera nueva. Aunque los procesos han mejorado y se han retirado muchos de los inconvenientes, todavía hay problemas relacionados con estos procesos.

Uno de los problemas relacionados con los procesos mencionados anteriormente es la llamada emisión por bocanadas ("puffing"), donde el dióxido de cloro producido se descompone de forma explosiva en oxígeno y cloro en la mezcla de reacción. Esto da como resultado una detención temporal en la producción y una disminución de la rentabilidad de la producción. El problema puede estar causado por impurezas o una temperatura demasiado alta. El mezclado inadecuado del ácido sulfúrico es una causa común para la generación de puntos calientes locales. Estos puntos calientes causan la descomposición explosiva del dióxido de cloro, es decir, la emisión por bocanadas. Los intentos previos para solucionar este problema han incluido, por ejemplo, reemplazar el ácido sulfúrico fuerte por ácido sulfúrico más débil. No obstante, el uso de ácido sulfúrico más débil incrementa considerablemente el consumo de energía, lo que quiere decir que esta solución no es económicamente beneficiosa. El problema de la emisión por bocanadas se describe, por ejemplo, en el documento US 4.780.304. En él, se da a conocer un proceso en el que se ha hecho un intento para solucionar el problema añadiendo ácido sulfúrico en forma atomizada en un gas portador, de modo que el ácido sulfúrico se transforma en una fina nebulización. No obstante, esta solución requiere una etapa adicional que hace el equipo más complejo.

Se da a conocer otro problema en el documento WO 2006/062455 A1, donde se usa peróxido de hidrógeno como el agente reductor. Se ha encontrado que el peróxido de hidrógeno y el ácido sulfúrico reaccionan en la mezcla de reacción, formando ácido peroxomonosulfúrico (H_2SO_5), que en las condiciones de reacción del proceso reacciona adicionalmente con facilidad, por ejemplo, con peróxido de hidrógeno. Se ha hecho un intento para solucionar este problema alimentando directamente el peróxido de hidrógeno al recipiente de reacción o colocando el punto de alimentación a una distancia específica después del punto de alimentación de ácido sulfúrico. De acuerdo con dicha publicación WO, se alimenta preferentemente ácido sulfúrico después del intercambiador de calor.

Breve descripción de la invención

Por consiguiente, el objeto de la invención es proporcionar un proceso mediante el que se pueda solucionar el problema de la emisión por bocanadas mencionado anteriormente o al menos se pueda reducir significativamente. Específicamente, el objeto de la invención es proporcionar un proceso mediante el que se pueda mezclar de manera eficaz en la mezcla de reacción ácido sulfúrico, uno de los compuestos químicos principales necesarios en el proceso, sin el uso de dispositivos de mezclado especiales. Los objetos de la invención se pueden conseguir mediante un proceso que está caracterizado en las características dadas a conocer en la reivindicación independiente. Las realizaciones preferentes de la invención se han dado a conocer en las reivindicaciones dependientes.

Por consiguiente, el objeto de la invención es un proceso para la producción de dióxido de cloro con un aparato que comprende un recipiente de reacción 1 que funciona a presión reducida. El clorato de metal alcalino se reduce en condiciones ácidas en el recipiente de reacción 1 y el dióxido de cloro formado se retira del recipiente de reacción 1 y se recupera. El recipiente de reacción 1 está equipado con un conducto de recirculación 2 de la mezcla de reacción, que comprende una bomba de circulación 3 y, aguas abajo después de la bomba, un intercambiador de calor 4. El proceso está caracterizado porque como ácido se usa ácido sulfúrico, y el ácido se alimenta al conducto de recirculación 2 antes de dicha bomba de circulación o a la bomba de circulación 3.

La invención está basada en la observación de que la descomposición explosiva de dióxido de cloro (emisión por bocanadas) se puede reducir mezclando más rápidamente y más uniformemente el ácido sulfúrico alimentado a la mezcla de reacción.

Esto se puede lograr moviendo el punto de alimentación de ácido sulfúrico 6 de modo que se sitúe aguas arriba de la bomba de circulación o en la bomba de circulación 3. De esta manera, la bomba de circulación 3 contribuye al mezclado uniforme y veloz del ácido sulfúrico en la mezcla de reacción. Convencionalmente, el punto de alimentación de ácido sulfúrico 6 ha estado situado en el conducto de recirculación aguas abajo después del intercambiador de calor 4, debido a que esto se ha considerado la solución más ventajosa en lo que respecta a la eficiencia energética.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describe la invención en más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 - la figura 1 muestra el equipo de acuerdo con la técnica anterior,
- la figura 2 muestra un tipo de equipo que se puede usar en el proceso de acuerdo con la invención,
- la figura 3 muestra un tipo de equipo que se puede usar en el proceso de acuerdo con la invención, donde se
- 10 mezclan ácido sulfúrico y clorato de metal alcalino antes de que estos sean alimentados al conducto de recirculación.

Descripción detallada de la invención

- 15 En esta solicitud de patente, el término "emisión por bocanadas" se refiere al fenómeno en el que el dióxido de cloro se descompone en oxígeno y cloro de una manera explosiva durante el proceso de producción. El fenómeno puede estar causado por impurezas en la mezcla de reacción o una temperatura local demasiado alta ("puntos calientes").

El término "mezcla de reacción" hace referencia a una mezcla que comprende clorato de metal alcalino, agua, ácido sulfúrico y agente reductor. Normalmente la mezcla de reacción también contiene dióxido de cloro y sal de metal alcalino. El dióxido de cloro y la sal de metal alcalino producida como un subproducto se retiran de dicha mezcla de reacción. Al menos, la solución acuosa de clorato de metal alcalino, el ácido sulfúrico y el agente reductor se alimentan a la mezcla de reacción consumida. Por tanto, la composición de la mezcla de reacción varía en etapas del proceso diferentes.

25 La presente invención se refiere a un proceso para la producción de dióxido de cloro con un aparato que comprende un recipiente de reacción 1 que funciona a presión reducida. Normalmente, el recipiente de reacción 1 tiene la forma de un cilindro redondeado y está equipado con un fondo cónico. Las dimensiones del recipiente de reacción 1 se han seleccionado de tal manera que la eficacia de la reacción se optimiza y se mejora la separación de líquido y gas. El clorato de metal alcalino se reduce usando un agente reductor en condiciones ácidas en el recipiente de reacción 1, y el dióxido de cloro formado se retira del recipiente de reacción 1 y se recupera usando medios de recuperación 9.

30 El recipiente de reacción 1 está equipado con un conducto de recirculación 2 de la mezcla de reacción, que comprende una bomba de circulación 3, y aguas abajo después de la bomba, un intercambiador de calor 4. El conducto de recirculación 2 se extiende desde la parte inferior del recipiente de reacción 1 hasta la parte superior del mismo, y las materias primas, es decir, la solución acuosa de clorato de metal alcalino, el ácido y el agente reductor, se conducen hacia el recipiente de reacción 1 desde la parte superior del recipiente de reacción 1. En el proceso de acuerdo con la invención, se usa ácido sulfúrico como el ácido, y el ácido se alimenta al conducto de recirculación 2 antes de dicha bomba de circulación, o en la bomba de circulación 3. Debido al punto de alimentación, la bomba de circulación 3 contribuye al mezclado uniforme y veloz del ácido sulfúrico en la mezcla de reacción. Debido al

35 mezclado uniforme, se reduce la creación de puntos calientes locales, lo que, a su vez, reduce el problema causado por la emisión por bocanadas.

Las partes del aparato usadas en el proceso de acuerdo con la invención, tales como el recipiente de reacción 1, conducto de recirculación 2, bomba de circulación 3 e intercambiador de calor 4, están hechos preferentemente de

45 titanio o revestidos con titanio, puesto que la mezcla de reacción es corrosiva, haciendo necesario usar material resistente a la corrosión.

En el proceso de acuerdo con la invención, la reducción del clorato de metal alcalino a dióxido de cloro tiene lugar en el recipiente de reacción 1, donde la mezcla de reacción que contiene el clorato de metal alcalino, ácido sulfúrico y agente reductor reacciona formando dióxido de cloro y un subproducto, sal de metal alcalino. La mezcla de reacción se hace circular en el conducto de recirculación 2, que comprende un punto de alimentación de clorato de metal alcalino 5, un punto de alimentación de ácido sulfúrico 6, y un punto de alimentación de agente reductor 7. El conducto de recirculación se extiende desde la parte inferior del recipiente de reacción hasta la parte superior del mismo, donde la mezcla de reacción se alimenta de nuevo al recipiente de reacción 1. La bomba de circulación 3 hace circular la mezcla de reacción a través del intercambiador de calor 3. El intercambiador de calor preferentemente comprende un intercambiador de calor tubular, que tiene una pequeña pérdida de presión y es adecuado para líquidos que contienen sólidos. El gas que abandona el recipiente de reacción es una mezcla de dióxido de cloro y vapor de agua. La mezcla se enfría mediante el enfriador 8 y el dióxido de cloro se absorbe en agua, que normalmente se refrigera a fin de obtener una mejor solubilidad. La solución de dióxido de cloro se recupera mediante medios de recuperación 9 y normalmente se almacena en depósitos de almacenamiento. Los cristales de sal de metal alcalino que se forman en el recipiente de reacción normalmente se recuperan por filtración. El proceso es típicamente continuo.

50

55

60

En una realización preferente de la invención, el ácido sulfúrico se alimenta a través del punto de alimentación de ácido sulfúrico 6 al conducto de recirculación 2 después de la alimentación de clorato de metal alcalino 5, por lo que la alimentación puede estar bien integrada en el proceso, permitiendo el mezclado eficiente de ácido sulfúrico en la

65

mezcla de reacción. El punto de alimentación de ácido sulfúrico 6 también se puede situar aguas arriba del punto de alimentación de clorato de metal alcalino 5. El clorato de metal alcalino y el ácido sulfúrico también se pueden mezclar entre sí antes de alimentarlos al conducto de recirculación 2.

- 5 En una realización preferente, el ácido sulfúrico se alimenta al conducto de recirculación de 0 a 2 metros antes de la bomba de circulación 3, debido a que esta es la mejor manera de integrar la alimentación en el proceso, permitiendo el mezclado eficiente del ácido sulfúrico en la mezcla de reacción.

10 El clorato de metal alcalino preferentemente comprende clorato de sodio, que es una materia prima que se puede obtener con facilidad, y es el más económico de los cloratos.

15 El agente reductor para reducir el clorato de metal alcalino preferentemente comprende metanol, que es la alternativa más económica. Otros agentes reductores posibles incluyen, por ejemplo, peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y ácido clorhídrico (HCl).

En una realización preferente de acuerdo con la invención, la bomba de circulación 3 usada en el proceso es una bomba de hélice axial, que es compacta, delicada para con los cristales y adecuada para alturas de elevación. La bomba de circulación también puede ser una bomba centrífuga.

20 La figura 2 muestra un tipo de aparato adecuado para su uso en el proceso de acuerdo con la invención, comprendiendo el aparato un recipiente de reacción 1, un conducto de recirculación 2, una bomba de circulación 3, un intercambiador de calor 4, un punto de alimentación de clorato de metal alcalino 5, un punto de alimentación de ácido sulfúrico 6, un punto de alimentación de agente reductor 7, un enfriador gaseoso 8 y medios de recuperación 9. En la figura 2, se alimenta ácido sulfúrico al conducto de recirculación 2 después de la alimentación de clorato de metal alcalino 5 y antes de la bomba de circulación 3.

30 La figura 3 muestra un tipo de aparato adecuado para su uso en el proceso de acuerdo con la invención, comprendiendo el aparato un recipiente de reacción 1, un conducto de recirculación 2, una bomba de circulación 3, un intercambiador de calor 4, un punto de alimentación de clorato de metal alcalino 5, un punto de alimentación de ácido sulfúrico 6, un punto de alimentación de agente reductor 7, un enfriador de gas 8 y medios de recuperación 9. En la figura 3, el ácido sulfúrico y clorato de metal alcalino se mezclan antes de que se alimenten al conducto de recirculación 2. El punto de alimentación común se sitúa en la figura 3 antes de la bomba de circulación 3.

35 En una realización preferente, la concentración del ácido sulfúrico alimentado es de entre el 60 % aproximadamente y el 100 % en peso aproximadamente, y más preferentemente entre el 90 % aproximadamente y el 98 % en peso aproximadamente. El uso de ácido sulfúrico diluido incrementa el consumo de energía y minimiza los beneficios económicos, y, por esta razón, es preferente el uso de ácido sulfúrico fuerte.

40 La presión absoluta en el recipiente de reacción 1 es preferentemente de entre 5 kPa aproximadamente y 50 kPa aproximadamente, por ejemplo, 10 kPa, 15 kPa, 20 kPa, 25 kPa, 30 kPa, 35 kPa, 40 kPa, 45 kPa, 50 kPa, o 55 kPa, en cuyo caso la variación de la presión puede ser de 65 kPa, más preferentemente desde 6 kPa aproximadamente a 50 kPa aproximadamente, y más preferentemente desde 13 kPa aproximadamente a 25 kPa aproximadamente. En una realización preferente de la invención, la temperatura de reacción esde entre 50 °C aproximadamente y 100 °C aproximadamente, por ejemplo, 55 °C, 60 °C, 65 °C, 70 °C, 75 °C, 80 °C, 85 °C, 90 °C, o 95 °C, en cuyo caso la variación de la temperatura puede ser de 65 °C, más preferentemente de entre 70 °C aproximadamente y 80 °C aproximadamente.

50 El método de la invención se simuló realizando cálculos de DFC. La sigla DFC significa "dinámica de fluidos computacional", lo que quiere decir mecánica de fluidos computacional o numérica. Los cálculos de DFC se usan para predecir el comportamiento de fluidos mediante métodos numéricos y algoritmos. En función de los cálculos, se realizaron comparaciones entre el mezclado de ácido sulfúrico en la mezcla de reacción cuando se alimentó a la mezcla de reacción antes de la bomba de circulación y cuando se alimentó a la mezcla de reacción después del intercambiador de calor. Cuando se alimenta ácido sulfúrico después del intercambiador de calor, es decir, al tubo vertical del conducto de recirculación, los cálculos muestran que la concentración de ácido sulfúrico es localmente más alta en la parte superior del reactor y en algunos puntos en el codo superior del tubo vertical. La concentración de ácido sulfúrico localmente alta causa que la temperatura aumente ("puntos calientes"), lo que conduce al problema de emisión por bocanadas, es decir, la descomposición explosiva del dióxido de cloro. Al mismo tiempo, todavía hay zonas en el tubo vertical y la parte superior del reactor donde la concentración de ácido sulfúrico es baja y prácticamente inexistente. La concentración localmente baja disminuye la velocidad de reacción, dado que la formación de dióxido de cloro requiere la presencia de ácido sulfúrico.

60 Por consiguiente, los cálculos de DFC muestran que el ácido sulfúrico se mezcla considerablemente más rápido y más uniformemente en la mezcla de reacción si este se alimenta al conducto de recirculación antes de la bomba de circulación.

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un proceso para la producción de dióxido de cloro con un aparato que comprende un recipiente de reacción (1) que funciona a presión reducida, en el que el clorato de metal alcalino se reduce usando un agente reductor en condiciones ácidas y el dióxido de cloro formado se retira del recipiente de reacción (1) y se recupera, estando equipado el recipiente de reacción (1) con un conducto de recirculación (2) de la mezcla de reacción, que comprende una bomba de circulación (3) y, aguas abajo después de dicha bomba, un intercambiador de calor (4), caracterizado porque la presión absoluta en el recipiente de reacción (1) es de 6 kPa a 50 kPa y como ácido se usa ácido sulfúrico, y dicho ácido se alimenta al conducto de recirculación (2) antes de dicha bomba de circulación o a la bomba de circulación (3).
- 10 2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el ácido sulfúrico se alimenta al conducto de recirculación (2) después de la alimentación de clorato de metal alcalino (5).
- 15 3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el clorato de metal alcalino y el ácido sulfúrico se mezclan entre sí antes de que se alimenten al conducto de recirculación (2).
- 20 4. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el ácido sulfúrico se alimenta al conducto de recirculación (2) de 0 a 2 metros antes de la bomba de circulación (3).
5. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el clorato de metal alcalino es clorato de sodio.
- 25 6. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el agente reductor para reducir el clorato de metal alcalino es metanol.
7. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la bomba de circulación (3) es una bomba de hélice axial.
- 30 8. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la bomba de circulación (3) es una bomba centrífuga.
9. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la concentración del ácido sulfúrico alimentado varía de 60 % a 100 % en peso, preferentemente de 90 % a 98 % en peso.
- 35 10. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la presión absoluta en el recipiente de reacción (1) varía de 13 kPa a 25 kPa.
- 40 11. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la temperatura de reacción varía entre 50 °C y 100 °C, preferentemente entre 70 °C y 80 °C.

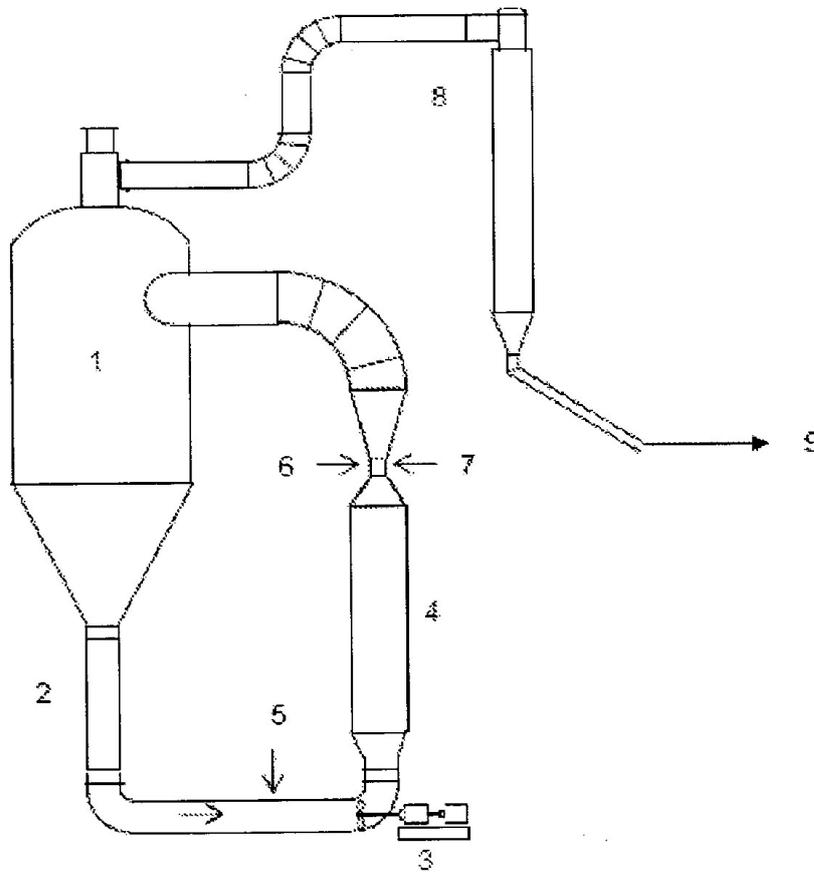


Figura 1

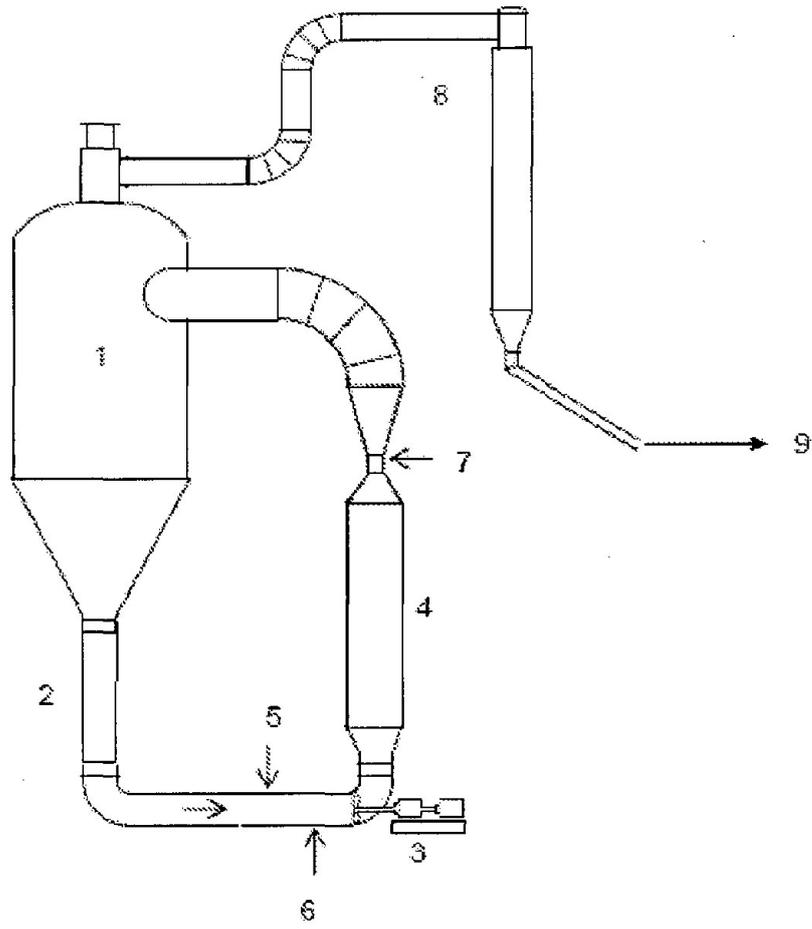


Figura 2

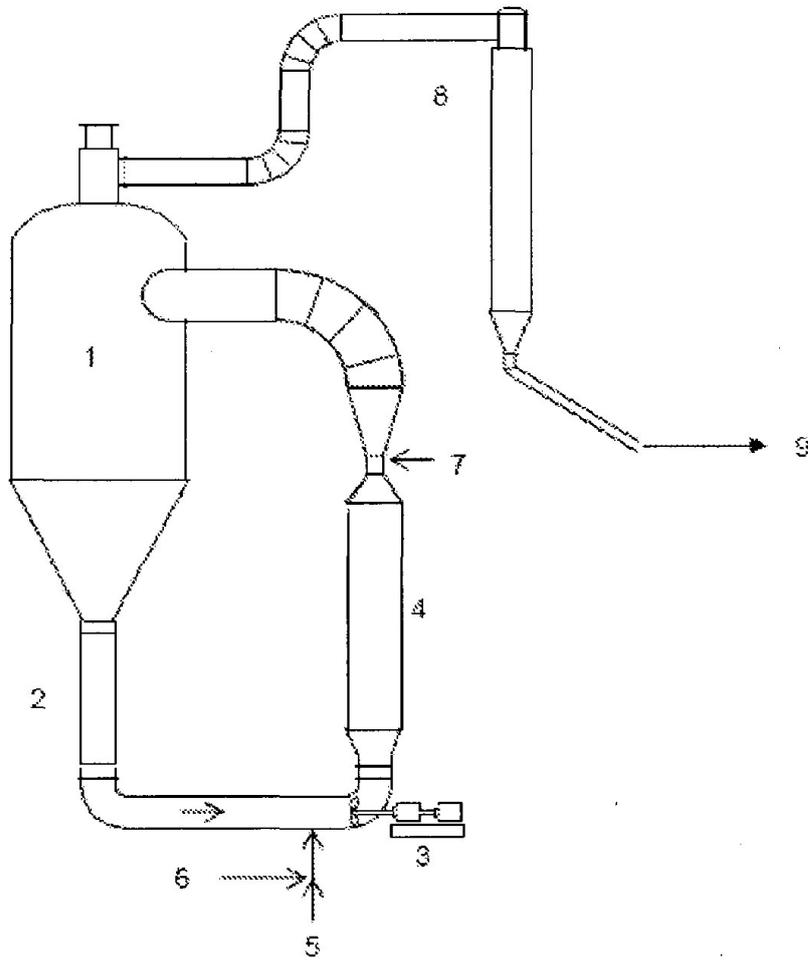


Figura 3