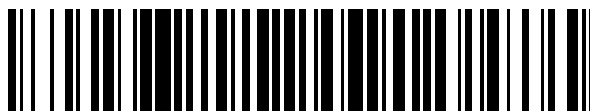


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 191**

51 Int. Cl.:

B01D 53/58

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2009** **E 09764719 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013** **EP 2365865**

54 Título: **Eliminación de nitrógeno amoniacal, nitrógeno amónico y nitrógeno ureico del aire residual de plantas de producción de amoníaco y urea, por oxidación con soluciones que contienen hipoclorito**

30 Prioridad:

12.12.2008 DE 102008061674

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

18.09.2013

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP UHDE GMBH (100.0%)
Friedrich-Uhde-Strasse 15
44141 Dortmund, DE**

72 Inventor/es:

**GEHRKE, HELMUT y
LIPPMANN, DENNIS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 423 191 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

Eliminación de nitrógeno amoniacal, nitrógeno amónico y nitrógeno ureico del aire residual de plantas de producción de amoniaco y urea, por oxidación con soluciones que contienen hipoclorito

La presente invención se refiere a un método para eliminar nitrógeno amoniacal, nitrógeno amónico y nitrógeno ureico del aire residual emitido en plantas de producción de amoniaco y de urea, por oxidación con soluciones que contienen hipoclorito. La reacción del nitrógeno amoniacal, del nitrógeno amónico y del nitrógeno ureico se debe llevar a cabo en condiciones ácidas o neutras. Asimismo es objeto de la presente invención un dispositivo para la realización del método según la misma.

Durante la fabricación de fertilizantes que contienen amonio o de fertilizantes que pueden desprender amoniaco, como por ejemplo los fertilizantes que contienen urea, se producen en distintas etapas del proceso flujos de aire residual que contienen amoniaco, amonio o urea, los cuales, teniendo en cuenta la carga medioambiental que suponen estos compuestos nitrogenados, deben depurarse antes de su emisión al exterior.

Según los métodos conocidos de la literatura de patentes, el amoniaco del aire residual se elimina añadiendo ácido sulfúrico o ácido nítrico. El amoniaco se elimina de la corriente de aire por absorción química y se transforma en la sal amónica correspondiente. El uso de ácido nítrico da lugar a la formación de nitrato amónico y el uso de ácido sulfúrico produce sulfato amónico.

Estas soluciones de sales amónicas forman entonces unos flujos de aguas residuales que no pueden verterse sin más al medio ambiente, pues supondría grandes cargas medioambientales por los considerables efectos que tendría la eutrofización sobre la flora y la fauna. El uso de ácido nítrico tiene el riesgo de que a partir de trazas residuales de urea se forme nitrato de urea, que es inestable y tiende a descomponerse. Otra opción sería un complejo tratamiento de las sales amónicas contenidas en los flujos de aguas residuales, para transformarlas en fertilizantes de sulfato amónico o de nitrógeno-fósforo-potasio (fertilizantes NPK). Este procesamiento por separado de las sales amónicas formadas requiere mucha inversión y energía, y por tanto se buscan alternativas.

En la patente EP 0099176 A1 se describe el modo de reciclar un flujo de sales amónicas formadas en un proceso de fabricación de urea. Sin embargo este método tiene el inconveniente de que la calidad del producto final, en este caso la urea, se ve menoscabada por la contaminación con sales amónicas. La urea resultante no se puede utilizar, por ejemplo, para producir melanina.

En la patente WO 06/061082 A1 se propone tratar por electrodiálisis los flujos de aguas residuales que contienen sales amónicas resultantes de la eliminación de amoniaco del aire residual, recuperando el ácido empleado en el proceso y formando un flujo acuoso enriquecido en sales de hidróxido amónico. Es decir, en este caso el flujo de aguas residuales que contienen sales amónicas se somete a un tratamiento costoso.

En la patente WO 03/099721 se revela otro ejemplo de un costoso tratamiento del flujo de aguas residuales que contienen sales amónicas resultantes de la eliminación de compuestos nitrogenados de amonio del aire residual. En este caso la sal amónica formada se trata a temperaturas altas con peróxidos. De esta manera la sal amónica se descompone en NH_3 , CO_2 y H_2O en una unidad de separación y puede reutilizarse en la unidad de síntesis de urea. No obstante el peróxido añadido podría causar efectos secundarios no deseados.

En la patente US 6,994,793 B2 se presenta un proceso para tratar aguas subterráneas que contienen componentes nitrogenados, como p.ej. amoniaco, urea y nitratos, en el cual el agua subterránea contaminada se hace reaccionar con oxidantes químicos que oxidan los componentes nitrogenados a nitrógeno gas. Para ello, como oxidante se usa, por ejemplo, hipoclorito, hipobromito, hipoyodito, reactivos de Fenton o combinaciones de estos reactivos y el gas nitrógeno resultante se libera a la atmósfera. En otras etapas posteriores del proceso el agua subterránea se puede depurar de otros componentes perturbadores.

En Lobanov y otros, Russ. J. Appl. Chem. 79(10) (2006), 1617-1620 se describe un proceso análogo al de la patente US 6,994,793 B2 para eliminar compuestos amónicos de soluciones. Ahí se exponen detalladamente los estudios de transformación de los compuestos amónicos en función del tiempo de reacción, del agente oxidante, del exceso estequiométrico de oxidante y de la temperatura. Asimismo, en Spalding y otros, REMEDIATION, invierno de 2005, 55-63 se describen ensayos de tratamiento de soluciones que llevan compuestos amónicos y/o urea, tanto a escala de laboratorio como a escala semiindustrial.

Todos los métodos arriba citados para eliminar componentes nitrogenados mediante el uso de agentes oxidantes consideran exclusivamente la purificación de soluciones, pero no la depuración de aire residual. En la patente GB 2047217 A1 se describe un ejemplo de depuración del aire residual de instalaciones sanitarias con una solución que contiene hipoclorito. En este caso, un gas por purificar, que contiene ácido sulfhídrico y amoniaco como sustancias malolientes, se hace pasar en contracorriente a través de una solución de hipoclorito sódico por una columna que lleva peróxido de níquel como catalizador. La solución de hipoclorito sódico tiene un pH entre 7,5 y 11,0. Este pH básico es necesario para evitar la extracción de compuestos de Ni(II) del material catalizador, que sí tendría lugar en

medio ácido.

La patente EP 0669850 B1 reivindica un proceso análogo en el cual también se prevé un catalizador y se emplea hipoclorito en medio de pH básico como agente oxidante. En este documento se reivindica la eliminación del flujo gaseoso de una o más sustancias orgánicas y/o de materiales que producen olor. Además se mezcla lejía reciclada con la solución reciente de oxidante y el lecho del catalizador está dispuesto de manera que siempre está lleno de lejía, incluso cuando se interrumpe el flujo de la misma.

La patente JP 56031424 AA describe un proceso en cuya primera etapa el gas por purificar se somete a un fuerte lavado alcalino a pH 10 – 13 antes de pasar a una segunda etapa en la cual se lava con hipoclorito, ajustando el pH a 6 – 8. En la primera etapa de lavado los compuestos amónicos contenidos en el gas sometido a purificación se transformarían en amoniaco libre, que luego se oxidaría en la segunda etapa. Además la invención tiene por objeto la eliminación de gases malolientes, pero no revela la eliminación de compuestos de urea.

Este es también el caso de la patente JP 52114565. Aquí se revela un proceso para eliminar amoniaco y ácido sulfhídrico del aire residual por oxidación con soluciones ácidas y básicas de hipoclorito sódico en un proceso de lavado en dos etapas. Por lo tanto aquí tampoco se indica la eliminación de nitrógeno amoniacal y/o de nitrógeno amónico y/o de nitrógeno ureico, con soluciones que contienen hipoclorito, de los gases residuales en plantas de producción de amoniaco o de urea,

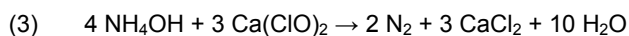
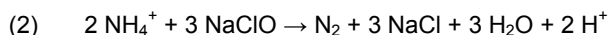
En la patente JP 5505743 AA se describe una instalación para desodorizar un gas residual. Ahí se usa una solución de lavado que se ajusta a un pH de 6 – 8 mediante una unidad reguladora de pH. La desodorización tiene lugar por conversión de amoniaco a nitrógeno y agua y ácido sulfhídrico mediante reacción en ácido sulfúrico. En este caso tampoco se indica la eliminación de urea y compuestos amónicos - no comprendidos en el criterio de sustancias malolientes. En condiciones de reacción alcalinas y en el caso de la urea, tal como sabe el especialista, hay que contar con la formación de hidrocarburos halogenados y por consiguiente con el proceso descrito tampoco puede haber una eliminación deliberada de urea.

En la patente GB 1496143 A se reivindica un proceso en cuya primera etapa el gas residual a tratar se conduce a través de un lavado alcalino y luego, en una segunda etapa, se separan por oxidación los componentes malolientes. Ahí se señala el ácido sulfhídrico como componente que debe ser eliminado. De este modo también se asegura la eliminación de amoniaco, dióxido de azufre y monóxido de carbono. No se revela la eliminación de compuestos amónicos y de urea. Como medio oxidante se usa una solución acuosa de cloro o de hipoclorito. El inconveniente de este proceso es que el sulfato amónico que se forma como producto intermedio se transforma en cloruro amónico y no tiene lugar la descomposición oxidativa del N amónico, por ejemplo a nitrógeno elemental. Por tanto resulta un flujo de agua residual que lleva N amónico y debe someterse a un tratamiento aparte.

El objeto de la presente invención es ofrecer un proceso que permita tratar los flujos de aire residual que contienen amoniaco maloliente o también compuestos amónicos y/o de urea que no suponen ninguna carga olfativa, de modo que los gases residuales depurados resultantes lleven un menor contenido de estos compuestos nitrogenados. El proceso tiene que ser integrable en las plantas de fabricación de amoniaco o urea ya existentes y no debe volver a aparecer el problema arriba descrito de formación de flujos de agua residual que requieran un tratamiento adicional. Para ello el proceso debe diseñarse de manera que las sales formadas por oxidación se puedan separar en partes ya existentes de la planta.

Ello se logra mediante un proceso de extracción de nitrógeno amoniacal y/o nitrógeno amónico y/o nitrógeno ureico de los gases residuales enriquecidos con estos compuestos nitrogenados en plantas de producción de amoniaco o de urea. Primero, en un lavador, los compuestos nitrogenados forman un producto intermedio con una solución que contiene hipoclorito y dicho intermedio se transforma en nitrógeno elemental y sal en condiciones de reacción ácidas o neutras. La conversión de compuestos nitrogenados en nitrógeno elemental y sal tiene lugar en un intervalo de pH de 4 hasta 6.

La presente invención se basa en las siguientes reacciones:



La grafía NH_4OH en las ecuaciones (1) y (3) denota que la reacción transcurre en medio ácido o ligeramente ácido. Si las condiciones de reacción son básicas, en el caso de la urea hay que contar con la formación de hidrocarburos halogenados, sobre todo de triclorometano. La formación de protones (véase ecuación (2)) o la liberación de agua del hidróxido amónico indica que en el curso de la reacción hay que ajustar el pH de la mezcla reactiva hacia el

punto neutro mediante la adición de solución alcalina.

Tomando como base estas condiciones de reacción - por ejemplo con un consumo estequiométrico, sin exceso - para eliminar 1 t de amonio hay que emplear 4,41 t de NaClO (100%).

Por consiguiente conviene que la transformación de los compuestos nitrogenados a nitrógeno elemental y sal tenga lugar en un intervalo de pH de 4 hasta 6 y con especial preferencia de 4,5 hasta 5,5. Tal como se ha indicado arriba, a valores inferiores de pH habría desprendimiento de cloro, lo cual debe evitarse absolutamente por su nocividad medioambiental, pues este elemento químico es muy reactivo. El ajuste de un determinado valor del pH en dicho intervalo de 4 - 6 puede conseguirse midiendo el pH del agua residual en el lavador y regulándolo en el mismo lavador con el aporte directo de un flujo de solución alcalina o mediante la incorporación al lavador de la solución alcalina mezclada con la solución que contiene el hipoclorito.

Para dicha transformación de los compuestos nitrogenados a nitrógeno elemental y sal hay que usar una solución que contenga hipoclorito, ya sea hipoclorito sódico o hipoclorito cálcico.

En una forma ventajosa de ejecución del proceso, la solución que contiene hipoclorito se incorpora al flujo de agua de lavado y la reacción de los compuestos nitrogenados contenidos en el gas residual tiene lugar directamente en el lavador. En este proceso, el agua residual que sale del lavador se conduce hacia un intercambiador iónico en el cual se separan las sales generadas y el gas residual purificado que sale del mismo lavador se emite a la atmósfera.

Otra posible forma de ejecución de la presente invención consiste en efectuar la conversión de los compuestos nitrogenados del gas residual en otro lavador aparte, conectado tras el primero por la parte del gas, en el cual se introduce directamente la solución que contiene hipoclorito desde un depósito. El agua residual resultante de este proceso se conduce desde el lavador hasta un intercambiador iónico en el cual se separan las sales generadas y el flujo de gas residual purificado que sale del lavador se emite a la atmósfera.

En otra forma de ejecución de la presente invención el proceso se lleva a cabo en circuito cerrado y la sal formada y el nitrógeno elemental se reconducen al depósito de la solución que contiene hipoclorito y el flujo de gas residual purificado se emite a la atmósfera. Asimismo, en el depósito de la solución que contiene hipoclorito se mide la concentración de sal, que es regulada por un flujo de descarga mediante el cual se extrae líquido de dicho depósito y mediante un flujo de alimentación se repone solución de hipoclorito.

De modo ventajoso, el agua residual generada en el lavador donde tiene lugar la transformación de los compuestos nitrogenados a nitrógeno elemental y sal o el flujo de descarga del depósito de hipoclorito se mezcla con un agente reductor escogido del grupo formado por sulfito y bisulfito. Esta etapa del proceso es necesaria para reducir a cloruro el exceso de hipoclorito que lleva el flujo de agua residual. Para ello se usa, por ejemplo, sulfito sódico.

Seguidamente la presente invención se explica por medio de un ejemplo práctico, donde se describe la eliminación del nitrógeno amoniacal, del nitrógeno amónico y del nitrógeno ureico, contenidos en el aire residual procedente de una unidad de granulación de urea, por oxidación con soluciones que contienen hipoclorito. En el granulador, un caudal de 450 t de aire residual/h constituye un gas residual que contiene 0,08 kg de amoniaco/t de aire residual y 0,34% en peso de urea. Entonces este flujo de gas residual se conduce a un lavador donde se pone en contacto con condensado del proceso. El gas residual saliente de este lavado se compone de 0,08 kg de amoniaco/t de aire residual y 0,002 g de urea/t de aire residual, que según el estado técnico corriente se emite a la atmósfera. De este modo se emiten unos 36 kg de amoniaco por hora. Entonces la presente invención consiste en añadir una cantidad suficiente de hipoclorito al condensado del proceso, usado en este caso como agua de lavado en el lavador, y captar el nitrógeno amoniacal, el nitrógeno amónico y el nitrógeno ureico del gas residual por oxidación, transformándolo en nitrógeno elemental y sal. Además en este ejemplo hay que partir de un consumo estequiométrico de unos 145 kg/h de hipoclorito, aproximadamente. Una mayor temperatura en el lavador favorece la reacción química del hipoclorito con los respectivos compuestos nitrogenados.

A continuación se explican más detalladamente dos variantes de ejecución del ejemplo práctico expuesto en la presente invención, mediante dos figuras que representan:

Fig. 1 un esquema del proceso de la presente invención, en el cual la solución que contiene hipoclorito para el tratamiento del flujo de gas residual se añade directamente al flujo de agua de lavado de un lavador.

Fig. 1 una forma de ejecución de la presente invención, en la cual la solución que contiene hipoclorito para el tratamiento del flujo de gas residual se introduce en el proceso a través de otro lavador separado.

En la fig. 1 la cantidad correspondiente de solución que contiene hipoclorito (3) se añade directamente sobre un caudal de alimentación regulable mediante una válvula (4), como mezcla (5), al flujo de agua de lavado (1) que se dirige al lavador (2). La solución que contiene hipoclorito se toma de un depósito (6). De esta forma una gran parte del amonio contenido en el flujo de gas residual (7) se oxida a nitrógeno elemental. En este ejemplo el flujo de gas residual proviene de una granulación de urea, pero en general todos los flujos de gas residual generados en una

planta de producción de amoníaco o urea se pueden tratar con el proceso de la presente invención. El gas residual purificado (8) sale del lavador (2) y se emite seguidamente a la atmósfera. El agua residual (9) del lavador se lleva a un intercambiador iónico (10), en el cual se separan las sales generadas. Tal como se muestra en el ejemplo puede agregarse un agente reductor (19) al agua residual (9) para reducir a cloruro el exceso de hipoclorito contenido en el agua residual (9). Para garantizar que el pH en el lavador (2) se mantenga en un intervalo de 4 – 6, se mide su valor en el agua residual (9) y mediante la válvula (22) se regula la adición de solución alcalina (21) al lavador (2).

Este tipo de ejecución facilita el aporte de la solución que contiene hipoclorito y la oxidación del nitrógeno con hipoclorito en un aparato integrado en el proceso convencional. El inconveniente de esta variante es el peligro de que la solución que contiene hipoclorito penetre en otras partes de la instalación, fuera del lavador.

En una segunda variante del proceso, representada en la fig. 2, tras el lavador (2) empleado en las instalaciones convencionales para depurar el nitrógeno ureico contenido en el flujo de gas residual (7) se conecta un segundo lavador (11) que se carga con el flujo de gas residual (12) procedente del primer lavador (2). Este lavador se pone en contacto con agua limpia. No es necesario un lavado básico como el conocido del estado técnico. Aquí, por tanto, la extracción de amonio del gas residual se realiza en un circuito de lavado separado. En este caso el primer lavador (2) funciona, como en el estado técnico, con alimentación de un flujo de gas residual (7) y de un flujo de agua de lavado (1). El agua residual (18) del lavador (2) se conduce a un depósito para reutilizarla (no representado). El flujo de gas residual (12) del lavador (2), ahora libre de urea en gran medida por la purificación en el lavador (2), se lleva al segundo lavador (11) conectado a continuación.

En el segundo lavador (11) se introduce solución de hipoclorito (3) de un depósito (6) mediante una bomba (13), con lo cual los compuestos nitrogenados todavía presentes en el gas residual se transforman en nitrógeno elemental y sal. El flujo de gas residual depurado (20) puede emitirse entonces a la atmósfera. En este ejemplo práctico, el agua residual (14) producida en el lavador (11), que contiene las sales formadas y nitrógeno elemental, se devuelve al depósito (6) de solución de hipoclorito. El pH del lavador (11) se regula midiendo su valor en el agua residual (14) y añadiendo la solución alcalina (21) a través de la válvula de control (22). El depósito (6) posee una unidad medidora para determinar la concentración de sal, la cual puede regularse mediante el flujo de descarga (16) en combinación con la válvula (17). Al flujo de descarga (16) se le agrega, por ejemplo, sulfito sódico como agente reductor (19). Además el depósito dispone de un flujo de alimentación (15) de solución fresca de hipoclorito.

Esta variante del proceso tiene ventajosamente el efecto de que el flujo de gas residual del primer lavador ya no contiene urea y solo requiere la eliminación de amonio, lo cual permite reducir claramente el consumo de solución de hipoclorito. Además, gracias a la introducción del segundo lavador con circuito independiente de agua de lavado, no hay ninguna retroalimentación hacia otros sistemas preconectados y por lo tanto puede excluirse ampliamente una contaminación con solución de hipoclorito de las otras partes de la instalación. La desventaja de esta variante del proceso es el mayor coste de inversión para el lavador adicional y la pérdida de presión en este lavador, que debe ser compensada con una soplante del gas residual instalada a continuación. A pesar de dichos inconvenientes predominan en esta variante las ventajas aquí señaladas.

Ambas variantes del proceso permiten la adición de la solución alcalina, incluso mezclándola con la solución de hipoclorito antes de introducirla en el lavador.

Ventajas derivadas de la presente invención:

- elementos fácilmente integrables en plantas de producción de amoníaco y urea ya existentes,
- ya no es necesario el tratamiento usual con ácido de los flujos de gas residual,
- se evita el uso de catalizadores caros, con el consiguiente ahorro,
- desaparece el costoso tratamiento y eliminación de aguas residuales, porque el flujo de aire residual contaminado se trata directamente, con lo cual se ahorran costes,
- se consigue una extracción eficiente de amoníaco, urea y compuestos amónicos del gas residual mediante las condiciones de reacción ligeramente ácidas, pues de esta forma los componentes que lleva el gas residual se transforman en amonio soluble en agua.

Lista de referencias

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 | Flujo de agua de lavado |
| 2 | Lavador |
| 3 | Solución que contiene hipoclorito |
| 4 | Válvula |
| 5 | Mezcla |
| 6 | Depósito |
| 7 | Flujo de gas residual |
| 8 | Gas residual purificado |
| 9 | Agua residual |

5	10	Intercambiador iónico
	11	Segundo lavador
	12	Flujo de gas residual
	13	Bomba
	14	Agua residual
10	15	Flujo de alimentación
	16	Flujo de descarga
	17	Válvula
	18	Agua residual
	19	Agente reductor
15	20	Flujo de gas residual
	21	Solución alcalina
	22	Válvula

REIVINDICACIONES

1. Proceso para extraer nitrógeno amoniacal y/o nitrógeno amónico y/o nitrógeno ureico de gases residuales enriquecidos con estos compuestos nitrogenados en plantas de producción de amoniaco o de urea, caracterizado porque los compuestos nitrogenados forman primero en un lavador, con una solución que contiene hipoclorito, un producto intermedio que en condiciones de reacción ácidas o neutras se transforma en nitrógeno elemental y sal, y porque la reacción de los compuestos nitrogenados a nitrógeno elemental y sal tiene lugar a un intervalo de pH entre 4 y 6.
2. Proceso según la reivindicación 1, caracterizado porque la reacción de los compuestos nitrogenados a nitrógeno elemental y sal tiene lugar a un intervalo de pH entre 4,5 y 5,5.
3. Proceso según la reivindicación 2, caracterizado porque el pH se mide en el agua residual del lavador y se regula en el mismo mediante un flujo de alimentación con el cual se introduce solución alcalina en el lavador, bien directamente o mezclada con solución de hipoclorito.
4. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la solución de hipoclorito contiene hipoclorito sódico o hipoclorito cálcico.
5. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque al flujo de agua de lavado de un lavador se le añade la solución que contiene hipoclorito y la reacción de los compuestos nitrogenados contenidos en el gas residual tiene lugar en el lavador.
6. Proceso según la reivindicación 5, caracterizado porque el agua residual formada en el lavador durante este proceso se conduce a un intercambiador iónico, en el cual se separan las sales generadas y el flujo de gas residual depurado se emite a la atmósfera.
7. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la reacción de los compuestos nitrogenados en el gas residual tiene lugar en otro lavador aparte conectado tras el primero, en el cual se introduce directamente la solución de hipoclorito desde un depósito.
8. Proceso según la reivindicación 7, caracterizado porque el agua residual formada en el lavador durante este proceso se conduce a un intercambiador iónico, en el cual se separan las sales generadas y el flujo de gas residual depurado se emite a la atmósfera.
9. Proceso según la reivindicación 7, caracterizado porque funciona en circuito cerrado y la sal y el nitrógeno elemental formados se reconducen al depósito de la solución de hipoclorito y flujo de gas residual depurado se emite a la atmósfera.
10. Proceso según la reivindicación 9, caracterizado porque en el depósito se mide la concentración de sal en la solución de hipoclorito y dicha concentración se regula en el mismo depósito mediante un flujo de descarga de líquido y un flujo de realimentación de solución de hipoclorito.
11. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el agua residual que sale del lavador donde tiene lugar la reacción de los compuestos nitrogenados a nitrógeno elemental y sal o el flujo saliente del depósito se mezcla con un agente reductor escogido del grupo formado por sulfito y bisulfito.

Fig. 1

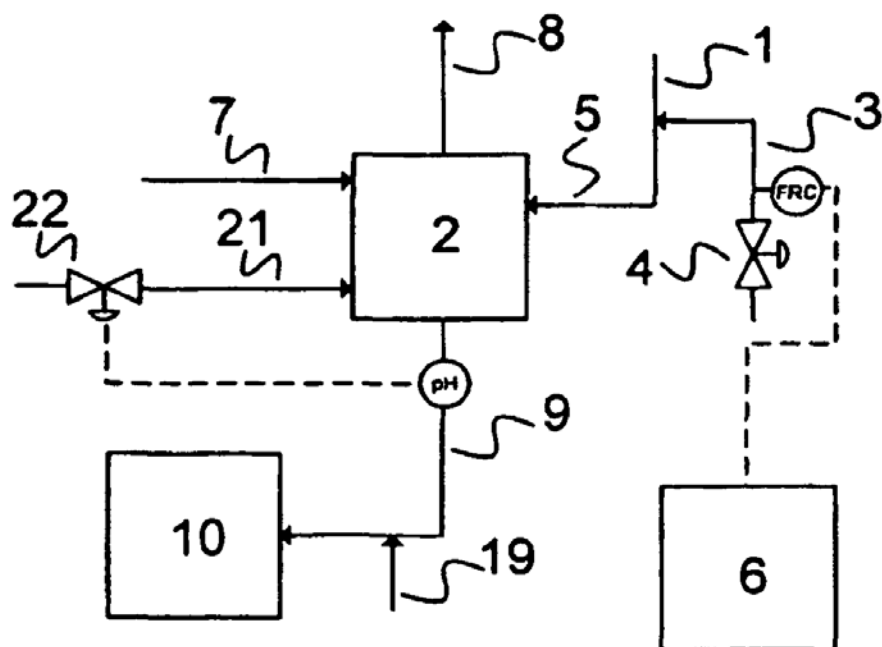


Fig. 2

