

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 793**

51 Int. Cl.:

**B01J 8/28** (2006.01)

**B01J 8/40** (2006.01)

**C21B 13/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2012 E 12758528 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2739384**

54 Título: **Dispositivo con varias cámaras de reacción para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado**

30 Prioridad:

**02.08.2011 FR 1102424**

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

**11.12.2015**

73 Titular/es:

**CLEANMETALS SA (100.0%)  
51 route des Jeunes  
1227 Carouge, Genève, CH**

72 Inventor/es:

**LANÇON, FRANCK**

74 Agente/Representante:

**POLO FLORES, Carlos**

ES 2 553 793 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

Dispositivo con varias cámaras de reacción para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado

5

### Campo técnico de la invención

La invención se refiere a un dispositivo para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado.

10

### Estado de la técnica

Las reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado pueden utilizarse en varios campos, en especial, en hidrometalurgia para la extracción de metales diluidos en soluciones. Con el fin de favorecer estas reacciones líquidas/sólidas, se ofrecen varios dispositivos.

15

A modo de ejemplo, la solicitud de patente WO 00/47318 describe un proceso de cementación que utiliza un reactor de lecho fluidizado. Con el fin de mejorar la eficacia de la reacción, el dispositivo descrito está provisto de electroimanes que permiten una agitación de la solución por tratar en el cuerpo del reactor. Por otra parte, la solicitud de patente FR 2882664 describe un dispositivo para la ejecución de una cementación que utiliza medios ultrasonoros de agitación de la solución por tratar y partículas del metal reactivo en el dispositivo. Los rendimientos de las reacciones implementadas por estos reactores clásicos pueden resultar insuficientes, en especial, cuando la solución por tratar se inyecta a un caudal elevado. Los dispositivos conocidos pueden presentar además otros inconvenientes que provocan una contaminación de los sólidos formados por el metal reactivo, al igual que componentes presentes en la solución inyectada.

20

25

### Objetivo de la invención

El objetivo de la invención consiste en un mejoramiento de los rendimientos de las reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado implementadas por los dispositivos conocidos, además de la reducción de la contaminación de los sólidos formados.

30

Se tiende hacia ese objetivo dado que el dispositivo comprende un cuerpo del reactor que se extiende a lo largo de un eje longitudinal, medios de inyección de una solución por tratar a través de un primer extremo del cuerpo del reactor según el eje longitudinal, medios de introducción de un metal reactivo a través de un segundo extremo del cuerpo del reactor opuesto al primer extremo según el eje longitudinal, medios de agitación de la solución en el cuerpo del reactor y un compartimiento de acabado instalado en el segundo extremo del cuerpo del reactor y unido a medios de evacuación de la solución tratada. Asimismo, el cuerpo del reactor del dispositivo comprende dos cámaras de reacción distintas, en donde cada cámara de reacción posee, perpendicular al eje longitudinal, una sección constante, en donde dichas secciones de las dos cámaras de reacción son diferentes y crecientes del primer extremo al segundo extremo.

35

40

De preferencia, los medios de evacuación están conectados a un reactor adicional provisto de medios mecánicos de agitación.

45

### Breve descripción de los dibujos

Es posible apreciar otras ventajas y características con mayor claridad a partir de la siguiente descripción de las modalidades particulares de realización de la invención, que se entregan a modo de ejemplos no limitantes y están representadas en los dibujos adjuntos, en donde:

50

- La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo conforme a la invención.
- la figura 2 representa una modalidad particular de realización de un dispositivo conforme a la invención, que comprende un reactor adicional conectado al dispositivo según la figura 1;
- 55 - la figura 3 representa una modalidad particular de realización de un montaje en paralelo de los dispositivos según la figura 1;
- la figura 4 representa una modalidad particular de realización de un montaje en serie de los dispositivos según la figura 1.

**Descripción de modalidades particulares de realización**

- Tal como lo representa la figura 1, en términos clásicos, el dispositivo 10 para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción comprende un cuerpo del reactor 1 que se extiende a lo largo de un eje longitudinal 2. El dispositivo 10 comprende además medios de inyección de una solución por tratar y medios de introducción de un metal reactivo. El cuerpo del reactor 1 está dispuesto de manera conveniente, según el eje longitudinal 2, entre una cámara de inyección 3 y una tolva de carga 4. Los medios de inyección están destinados a inyectar una solución por tratar a través de un primer extremo del cuerpo del reactor 1, y pueden comprender la cámara de inyección 3 conectada a un conducto de alimentación 5.
- De preferencia, la cámara de inyección 3 posee forma acampanada hacia el cuerpo del reactor 1. De preferencia, la cámara de inyección 3 está configurada con el fin de reducir al máximo las turbulencias provocadas por la velocidad de la solución inyectada.
- El metal reactivo es introducido por los medios de introducción a través de un segundo extremo del cuerpo del reactor 1, opuesto al primer extremo según el eje longitudinal 2. Los medios de introducción del metal reactivo pueden comprender la tolva de carga 4, cuya función consiste en la introducción del metal reactivo, en general, en forma de bolitas, por ejemplo granalla de hierro.
- El conducto de alimentación 5 puede estar provisto de una válvula de retención, y permitir una circulación de la solución del primer extremo hacia el segundo extremo del cuerpo del reactor 1 formando un lecho fluidizado entre los medios de inyección 5 y los medios de evacuación de la solución por tratar. De preferencia, la circulación de la solución en el cuerpo del reactor 1 es una circulación ascendente. En otras palabras, el cuerpo del reactor 1 es vertical, en donde el primer extremo está orientado hacia abajo.
- Por otro lado, el dispositivo 10 comprende un compartimiento de acabado 7 instalado en el segundo extremo del cuerpo del reactor 1. De preferencia, el compartimiento de acabado 7 posee una forma acampanada desde el segundo extremo del cuerpo del reactor 1, y está unido a los medios de evacuación de la solución tratada que comprende, por ejemplo, el conducto de evacuación 6. Este acampanamiento del compartimiento de acabado 7 genera una reducción importante de la velocidad lineal de la mezcla de la solución por tratar y de las partículas de metal reactivo en el compartimiento de acabado 7 antes de su evacuación.
- Conforme a la invención, el cuerpo del reactor 1 comprende al menos dos cámaras de reacción 8 y 9 distintas, en donde las dos cámaras 8 y 9 poseen, cada una, perpendicular al eje longitudinal 2, una sección constante. Las secciones respectivas de las cámaras de reacción 8 y 9 son diferentes y crecientes al dirigirse desde el primer extremo hacia el segundo extremo del cuerpo del reactor 1. Las secciones de las cámaras de reacción 8 ó 9 pueden tener forma circular o incluso forma rectangular. El cuerpo del reactor 1 puede construirse a partir de perfilados de material plástico, de preferencia, transparente para que permita vigilar la evolución del tamaño de las partículas del metal reactivo durante las reacciones líquidas/sólidas. La utilización de las dos cámaras de reacción permite mejorar los rendimientos del dispositivo para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas. Los expertos en el arte sabrán, en función de las aplicaciones, utilizar más de dos cámaras de reacción siempre y cuando posean secciones diferentes y crecientes desde el primer extremo al segundo extremo del cuerpo del reactor 1.
- Las cámaras de reacción 8 y 9 se pueden conectar entre ellas mediante un elemento de unión 11 configurado para adaptar la forma de la cámara de reacción 8 a aquella de la cámara de reacción 9. De preferencia, el elemento de unión 11 posee forma de cono o de trapecio, y es acampanado hacia el segundo extremo del cuerpo del reactor 1. Una forma acampanada permite, a la vez, evitar la acumulación del metal reactivo en el elemento de unión 11 y reducir la velocidad lineal de la solución al pasar de la cámara de reacción 8 a la cámara de reacción 9.
- Por otro lado, las cámaras de reacción 8 y 9 están provistas de medios de agitación apropiados, no representados en la figura 1, que permiten agitar la mezcla de la solución y del metal reactivo en el cuerpo del reactor 1. Los medios de agitación pueden, por ejemplo, ser de tipo electromagnético o incluso de tipo ultrasonoro. Los medios de agitación de tipo electromagnético se adaptan más particularmente a las cámaras de reacción de cementación en las que las partículas de metal reactivo incluyen hierro. Los medios de agitación de tipo electromagnético pueden comprender por ejemplo, electroimanes constituidos, cada uno, por enrollamiento de hilos de cobre alrededor del núcleo de hierro blando.
- De manera conveniente, los medios de agitación son de tipo ultrasonoro. En otras palabras, los medios de agitación de la solución en el cuerpo del reactor 1 incluyen transductores ultrasonoros distribuidos en la periferia de una

cámara de reacción 8 ó 9 asociada. De preferencia, los transductores ultrasonoros están distribuidos desde el primer al segundo extremo del cuerpo del reactor 1 y están desfasados lateralmente entre sí. La distribución de los transductores ultrasonoros en toda la longitud del cuerpo del reactor 1 permite elevar las cinéticas de las reacciones químicas en el dispositivo 10. De manera conveniente, este tipo de medios de agitación permite utilizar bolitas de metal reactivo amagnético, como el zinc, al igual que establecer lechos mixtos con bolitas de diferentes clases, ponderando el tamaño de éstas en función de su densidad.

En general, las partículas de metal reactivo introducidas a través de la tolva de carga 4 poseen una granulometría única. A medida que avanza la reacción, disminuye el tamaño de las partículas de metal reactivo. Al utilizar un cuerpo del reactor provisto de cámaras de reacción 8 y 9, la reducción progresiva del tamaño de las partículas de metal reactivo viene acompañada de un desplazamiento de las partículas cuyo tamaño ha disminuido desde la cámara de reacción 8 hacia la cámara de reacción 9, que posee una sección más grande, en especial, cuando la solución se inyecta a un caudal elevado. Entonces, se mantiene un lecho fluidizado en la cámara de reacción 9, pero además en la cámara de reacción 8, que comprende partículas de metal reactivo que poseen un tamaño más importante que el de las partículas de la cámara de reacción 9.

De esta manera, en un mismo caudal, las partículas de metal reactivo conducidas hacia fuera del lecho fluidizado, en dirección del conducto de evacuación 6, permanecen por más tiempo en las cámaras de reacción 8 y 9. El lecho fluidizado se mantiene, incluso con un caudal elevado de inyección de la solución, en el cuerpo de reacción 1, a pesar de la disminución del tamaño de las partículas de metal reactivo durante la reacción líquida/sólida. Por caudal elevado, se entiende un caudal superior a 30 m<sup>3</sup>/h. Entonces, las partículas de metal reactivo evacuadas poseen tamaños menos importantes que en los dispositivos conocidos. El cuerpo del reactor 1 que comprende las cámaras de reacción 8 y 9 permite, de manera conveniente, aumentar la superficie de contacto líquida/sólida y mejorar la cinética de la reacción, con lo que es posible ahorrar en la cantidad de metal reactivo introducido en el cuerpo del reactor 1.

El dispositivo 10 para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado puede comprender además un elemento de separación de líquidos/sólidos provisto de un filtro, que no está representado en la figura 1 y que se sitúa, de manera conveniente, aguas abajo de los medios de evacuación 6. De manera conveniente, el elemento de separación de líquidos/sólidos comprende un elemento de inyección de un líquido neutro en el filtro a contracorriente de la solución tratada. El elemento de inyección de un líquido neutro permite reemplazar la solución tratada residual presente en la torta de filtro por un líquido neutro. Por torta de filtro, se entiende el sólido separado de la solución tratada. De preferencia, esta inyección se realiza al final de la reacción líquida/sólida, pero además en condiciones de densidad de la torta de filtro que permitan la sustitución de la solución tratada residual por un líquido neutro. De preferencia, la inyección del líquido neutro se realiza con la intención de evitar la generación de canales preferenciales que puedan dejar partes de la torta de filtro inmunes a la sustitución de la solución residual por el líquido neutro.

De manera conveniente, el elemento de inyección de un líquido neutro permite reducir la contaminación de los sólidos formados por las reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción con componentes químicos presentes en las soluciones por tratar. A modo de ejemplo, la utilización de un elemento de inyección de un líquido neutro permite reducir el contenido de cloro y de arsénico en un cemento de cobre de 20% a 3% y de 8% a 0,5%, respectivamente.

Un cuerpo del reactor que comprende por lo menos dos cámaras de reacción conforme a la invención permite aumentar, de manera conveniente, el tiempo de reacción entre la solución y el metal reactivo en el lecho fluidizado. Asimismo, mejora el rendimiento de las reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción. Además, el dispositivo conforme a la invención permite, incluso con un caudal elevado, mantener el metal reactivo en el cuerpo del reactor, al igual que reducir la contaminación del sólido formado por la reacción líquida/sólida por el metal reactivo.

La eficacia de una reacción líquida/sólida de óxido-reducción en lecho fluidizado depende en gran medida del número de partículas de metal reactivo que se mantienen en fluidización durante la reacción. El número de partículas de metal reactivo en fluidización cambia en función de la evolución de la mezcla compuesta por la solución en tratamiento, las partículas de metal reactivo y el polvo del sólido formado por las reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción. Por consiguiente, es conveniente que los medios de introducción 4 de un metal reactivo a través del segundo extremo del cuerpo del reactor 1 incluyan un sistema de gestión de la cantidad introducida de dicho metal reactivo. De esta manera, esta cantidad introducida puede variar durante la reacción.

A medida que avanza la realización de la reacción, se introduce una cantidad óptima del metal reactivo en el cuerpo del reactor 1 del dispositivo 10. La cantidad del metal reactivo agregada no es ni lineal, con respecto al tiempo de la

reacción, ni empírica. La cantidad de metal reactivo es calculada por un algoritmo en función del caudal de la solución y de las concentraciones medidas del sólido que se debe formar en la solución por tratar antes de su inyección en el cuerpo del reactor 1 y después de su evacuación. De esta manera, el algoritmo permite manejar la cantidad de metal reactivo introducido en el cuerpo del reactor 1 durante las reacciones líquidas/sólidas. Durante la utilización de una solución por tratar ácida, el algoritmo puede además tomar en consideración el grado de acidez para optimizar la introducción de la cantidad de metal reactivo con el fin de evitar la reacción de disolución del metal reactivo por el ácido contenido en la solución.

De manera conveniente, la gestión de la introducción de las partículas de metal reactivo permite aumentar la superficie de contacto entre el metal reactivo y la solución y, en consecuencia, aumentar el coeficiente de transferencia de los intercambios reactivos entre las partículas de metal reactivo y la solución por tratar.

Un primer ejemplo permite comparar los rendimientos de las reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción implementadas en el primer y el segundo dispositivo. El primer dispositivo llamado "clásico" según el arte previo, está provisto de una sola cámara de reacción y el segundo dispositivo está provisto de dos cámaras de reacción asociadas a un compartimiento de acabado, configurado según una modalidad de realización de la invención. La solución por tratar es inyectada y evacuada en los dos dispositivos con caudales elevados, superiores a 20 m<sup>3</sup>/h. La solución por tratar es un PLS de cobre de 5 g/l que posee temperatura y PH constantes (PLS del término habitual inglés "Pregnant Leaching Solution"). El metal reactivo es introducido en el primer y segundo dispositivo en forma de bolitas de hierro de un diámetro de aproximadamente 1,8 mm. Durante la reacción, el lecho fluidizado se extiende en las dos cámaras de reacción del segundo dispositivo. La tabla 1 siguiente representa una comparación entre los rendimientos de las reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción implementadas en el primer y segundo dispositivo con diferentes caudales de la solución por tratar.

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento (%)	
	Dispositivo con una cámara de reacción	Dispositivo con dos cámaras de reacción
25	71	99
30	62	99
35	55	98
40	50	98

Tabla 1

La tabla 1 muestra que el rendimiento de la reacción líquida/sólida de óxido-reducción realizada en el segundo dispositivo provisto de dos cámaras de reacción es muy superior a aquel asociado al primer dispositivo clásico. En efecto, para un caudal de 25 m<sup>3</sup>/h de la solución por tratar, el rendimiento de la reacción ejecutada en el primer dispositivo es de 71%, mientras que alcanza el 99% cuando la reacción se realiza en el segundo dispositivo. La tabla 1 muestra además, que al utilizar el primer dispositivo, los rendimientos disminuyen en forma considerable de 71% a 50% cuando el caudal de la solución aumenta de 25 m<sup>3</sup>/h a 40 m<sup>3</sup>/h. La utilización del segundo dispositivo permite obtener un rendimiento de aproximadamente 99% que se mantiene sensiblemente constante con el aumento del caudal de la solución.

Asimismo, al utilizar el segundo dispositivo y un caudal de la solución igual a 35 m<sup>3</sup>/h, el contenido de hierro del cemento de cobre obtenido se mantiene inferior a 1%. Siguiendo las condiciones de reacción, pero utilizando el primer dispositivo clásico, el contenido de hierro aumenta y se mantiene superior a 5%.

Según otra modalidad representada en la figura 2, se conecta un reactor adicional provisto de medios mecánicos de agitación a un dispositivo para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción a través de medios de evacuación. De preferencia, el dispositivo es un dispositivo según la primera modalidad de la invención. El dispositivo puede ser además un dispositivo para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción con una cámara de reacción.

El reactor adicional comprende una parte central, de preferencia, de forma cilíndrica y que se extiende a lo largo de un eje longitudinal. De preferencia, los ejes longitudinales del dispositivo y de la parte central son notoriamente paralelos. El reactor adicional comprende además un dispositivo de alimentación instalado en un primer extremo de la parte central según el eje longitudinal. De preferencia, la parte central posee forma cilíndrica y el dispositivo de alimentación 24 posee forma cónica. El dispositivo de alimentación 24 está conectado al conducto de evacuación del dispositivo. Esta conexión permite la inyección en el reactor adicional de la solución tratada que puede comprender productos residuales de la reacción líquida/sólida de

óxido-reducción en el lecho fluidizado realizado en el dispositivo 10'. Asimismo, se ejecutan reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción llamadas de segundo nivel y permiten tratar una mezcla que comprende dichos productos residuales.

5 La evacuación de la mezcla tratada, en el reactor adicional 20, se lleva a cabo a nivel de un segundo extremo de la parte central 22 opuesto al primer extremo según el eje longitudinal 23, en donde está dispuesto un dispositivo de evacuación 25. Por lo tanto, la inyección de productos residuales en el reactor adicional 20 permite crear una circulación desde el primer hacia el segundo extremo de la parte central 22. De preferencia, esta circulación es ascendente y la evacuación se realiza en el rebosadero. De manera conveniente, el volumen del reactor adicional 20 es de 5 a 10 veces superior a aquel del dispositivo clásico 10' con una cámara de reacción, lo que permite aumentar significativamente el tiempo de residencia de los productos residuales en el medio de reacción del reactor adicional 20. Un gran volumen del reactor adicional 20 permite además no disminuir el caudal general de una instalación que comprende el dispositivo 10' y el reactor adicional 20 conectado entre ellos.

15 El reactor adicional 20 comprende además medios mecánicos 21 de agitación. Los medios mecánicos 21 pueden mantener una agitación constante de los productos residuales, lo que permite evitar la decantación de los productos sólidos formados. Con el fin de aumentar el rendimiento de las reacciones, el reactor adicional 20 está provisto de medios mecánicos 21 de agitación circular y/o de agitación vertical. A modo de ejemplo, el agitador circular puede comprender aspas, y la agitación vertical puede estar determinada por el dibujo de las aspas del agitador circular.

20 Los medios mecánicos 21 de agitación circular conjugada con una agitación vertical permiten arrastrar los sólidos formados por la reacción hacia la superficie del líquido, en donde son arrastrados en el circuito. De preferencia, la potencia de agitación generada por los medios mecánicos 21 de agitación es superior a 150 tr/min. De manera conveniente, dicha potencia permite evitar la formación parasitaria, en el reactor adicional 20, de partículas del metal formado.

25 Un reactor adicional 20 y un dispositivo para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas en lecho fluidizado según la primera modalidad son complementarios. En efecto, el metal reactivo de la reacción ejecutada en el reactor adicional 20 está constituido por polvo del metal reactivo, residual de la reacción líquida/sólida realizada en el dispositivo 10. Durante la reacción líquida/sólida en lecho fluidizado, la granulometría de las partículas de metal reactivo se reduce de manera progresiva en el dispositivo 10 hasta alcanzar un valor de aproximadamente algunas centenas de  $\mu\text{m}$ . Estas micropartículas son conducidas entonces por el caudal de la solución tratada hacia fuera del dispositivo con lecho fluidizado según la primera modalidad hacia el reactor adicional 20.

30 Un segundo ejemplo permite comparar los rendimientos de las reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción realizadas en un primer dispositivo con lecho fluidizado clásico y un segundo dispositivo que comprende un reactor adicional provisto de medios mecánicos de agitación según una modalidad particular de la invención. En este ejemplo, una solución por tratar y un metal reactivo del mismo tipo utilizado en el primer ejemplo, descrito anteriormente, son introducidos en los dispositivos que se desea comparar. Con un caudal de  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  de la solución en el reactor con lecho fluidizado, se observó que el montaje de un reactor adicional permite incrementar el rendimiento de la reacción líquida/sólida de 62% a 83%. El rendimiento de 83% fue obtenido por el reactor adicional provisto únicamente de medios mecánicos de agitación circular. La utilización de medios mecánicos de agitación circular asociada a una agitación vertical permite mejorar aún más el rendimiento para alcanzar un valor del 98%.

45 Un tercer ejemplo permite comparar una serie de reacciones líquidas/sólidas ejecutadas con un caudal constante de la solución igual a  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  y utilizando un peso constante de metal reactivo, en este caso, hierro. Las reacciones se realizan por medio de la variación, para las diferentes reacciones de la serie, del diámetro de las bolitas de hierro de 1,1 mm a 2,2 mm. Las reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción con lecho fluidizado se realizaron en los mismos dispositivos que los del segundo ejemplo. La tabla 2 siguiente representa una comparación entre los rendimientos de la serie de reacciones líquidas/sólidas del tercer ejemplo.

50

Diámetro (mm)	Rendimiento (%)	
	Dispositivo sin reactor adicional	Dispositivo que comprende un reactor adicional
1,5	85	98
1,8	85	98
2,0	85	98
2,2	82	98

Tabla 2

- La tabla 2 muestra que para una utilización de un primer dispositivo clásico, el rendimiento de la reacción líquida/sólida de óxido-reducción puede disminuir cuando el tamaño de las bolitas de hierro se torna importante. En efecto, el aumento del tamaño de las partículas de metal reactivo engendra una disminución de la superficie de contacto líquidos/sólidos, lo que provoca una disminución del rendimiento de la reacción del 85% al 82%. La tabla 2 muestra además que cuando el dispositivo de reacción comprende un reactor adicional según la segunda modalidad de la invención, el rendimiento de la reacción se mantiene constante con el aumento del diámetro y alcanza un valor del 98%.
- 10 Por otro lado, en análisis de los cementos de cobre demuestra que al utilizar el dispositivo con lecho fluidizado clásico, el contenido de hierro en el cemento de cobre pasa de 2 a 5% cuando el tamaño de las bolitas de hierro pasa de 2,2 mm a 1,5 mm. De manera conveniente, el montaje de un reactor adicional conforme a la invención permite disminuir en gran medida el contenido de hierro en el cemento de cobre para alcanzar un valor inferior a 0,1%.
- 15 La conexión del dispositivo para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas en lecho fluidizado a un reactor adicional provisto de medios mecánicos de agitación permite de manera conveniente mejorar el rendimiento de la reacción y disminuir la contaminación del sólido formado por la reacción líquida/sólida por el metal reactivo.
- 20 Tal como los representan las figuras 3 y 4, dos dispositivos del mismo tipo que el dispositivo 10 conforme a la invención pueden montarse en paralelo o en serie, respectivamente. En otras palabras, se puede prever un sistema de ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado que comprende dos dispositivos 10 conformes a la invención.
- 25 Tal como lo representa la figura 3, los dispositivos 10 están montados en paralelo: sus medios de inyección 5 de la solución por tratar y de evacuación 6 de la solución tratada son comunes. De manera conveniente, el montaje en paralelo permite utilizar un solo circuito de alimentación con solución por tratar para el conjunto de dispositivos 10 montados en paralelo. El circuito de alimentación permite inyectar un volumen de la solución por tratar en cada dispositivo 10 con caudales que pueden depender de cada dispositivo 10. De preferencia, un reactor del mismo tipo que el reactor adicional 20 puede estar conectado a los conductos de evacuación 6 de los dispositivos 10 montados en paralelo.
- 30 Tal como lo representa la figura 4, los dos dispositivos del mismo tipo que el dispositivo 10 conforme a la invención pueden montarse en serie. Los medios de evacuación 6 de un primer dispositivo forman, de esta manera, los medios de inyección 5 de un segundo dispositivo. El montaje en serie permite tratar, de manera conveniente, soluciones altamente concentradas, e inyectadas en caudales importantes.
- 35

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo (10) para la ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado que comprende:
- 5
- un cuerpo del reactor (1) que se extiende a lo largo de un eje longitudinal (2);
  - medios (5) de inyección de una solución por tratar a través de un primer extremo del cuerpo del reactor (1) según el eje longitudinal (2);
  - medios (4) de introducción de un metal reactivo a través de un segundo extremo del cuerpo del reactor (1) opuesto
- 10 al primer extremo según el eje longitudinal (2);
- medios de agitación de la solución en el cuerpo del reactor (1);
  - un compartimiento de acabado (7) instalado en el segundo extremo del cuerpo del reactor y unido a medios (6) de evacuación de la solución tratada;
- 15 Dispositivo CARACTERIZADO porque:
- el cuerpo del reactor (1) comprende dos cámaras de reacción (8, 9) distintas, en donde cada cámara de reacción posee, perpendicularmente al eje longitudinal (2), una sección constante, en donde dichas secciones de las dos cámaras de reacción (8, 9) son diferentes y crecientes del primer extremo al segundo extremo.
- 20 2. Dispositivo según la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque los medios (6) de evacuación están conectados a un reactor adicional (20) provisto de medios mecánicos (21) de agitación de la solución tratada evacuada.
3. Dispositivo según la reivindicación 2, CARACTERIZADO porque el reactor adicional (20) está provisto
- 25 de medios mecánicos (21) de agitación circular y/o de agitación vertical.
4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3, CARACTERIZADO porque los medios de agitación de la solución en el cuerpo del reactor (1) incluyen transductores ultrasónicos distribuidos en la periferia de una cámara de reacción asociada.
- 30 5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 4, CARACTERIZADO porque los medios de introducción (4) de un metal reactivo a través del segundo extremo del cuerpo del reactor (1) incluyen un sistema de gestión de la cantidad introducida de dicho metal reactivo.
- 35 6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 5, CARACTERIZADO porque comprende un elemento de separación líquido/sólido, provisto de un filtro de la solución tratada dispuesto aguas debajo de los medios de evacuación (6) y porque comprende un elemento de inyección de un líquido neutro en el filtro a contracorriente de la solución que se va a filtrar.
- 40 7. Sistema de ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado CARACTERIZADO porque comprende dos dispositivos según la reivindicación 1.
8. Sistema de ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado según la reivindicación 7, CARACTERIZADO porque los dispositivos están montados en paralelo, en donde sus medios de
- 45 inyección (5) de la solución por tratar y de evacuación (6) de la solución tratada son comunes.
9. Sistema de ejecución de reacciones líquidas/sólidas de óxido-reducción en lecho fluidizado según la reivindicación 7, CARACTERIZADO porque los dispositivos están montados en serie, en donde los medios de evacuación (6) de un primer dispositivo forman los medios de inyección (5) de un segundo dispositivo.
- 50



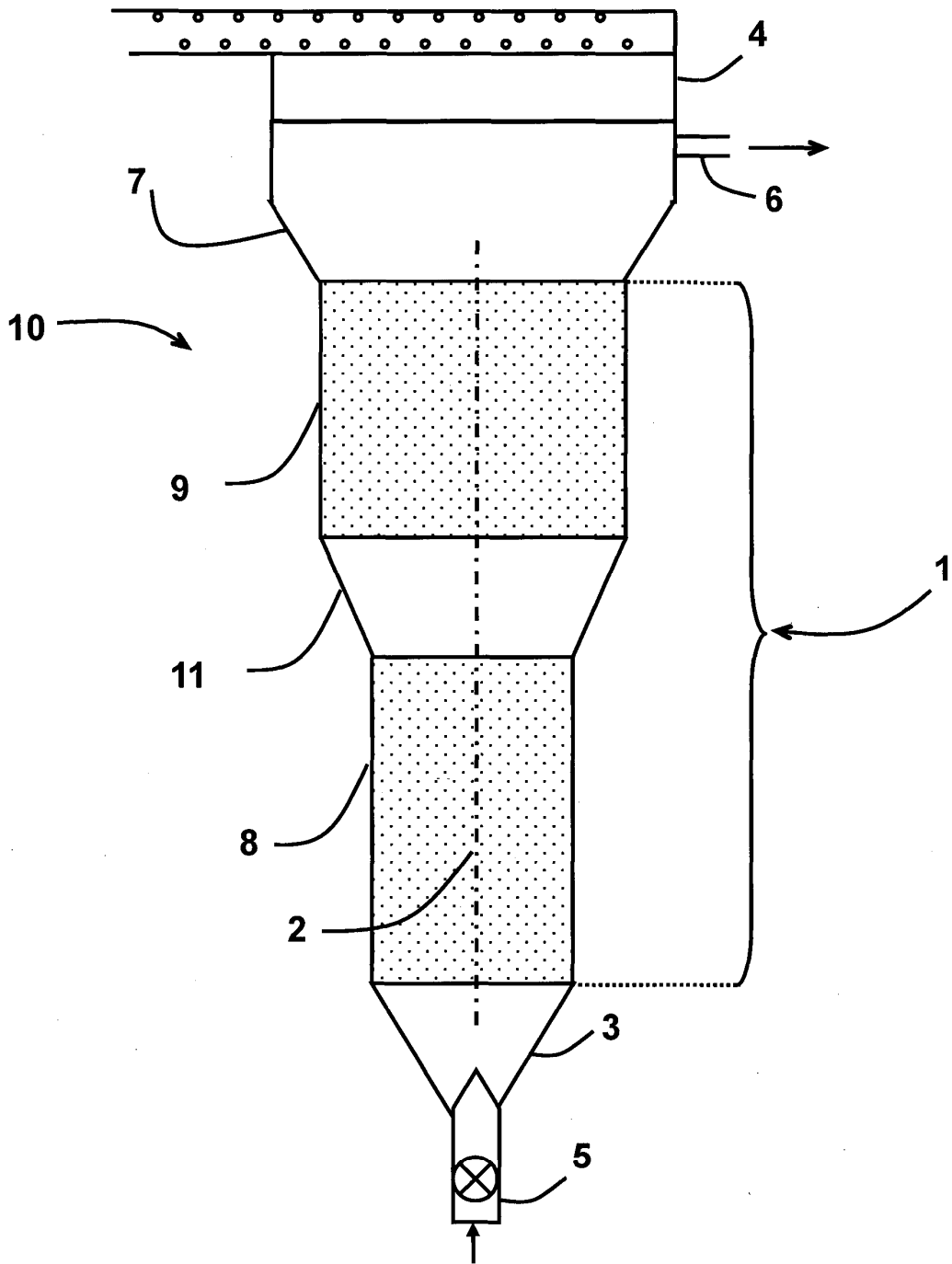


Figura 1

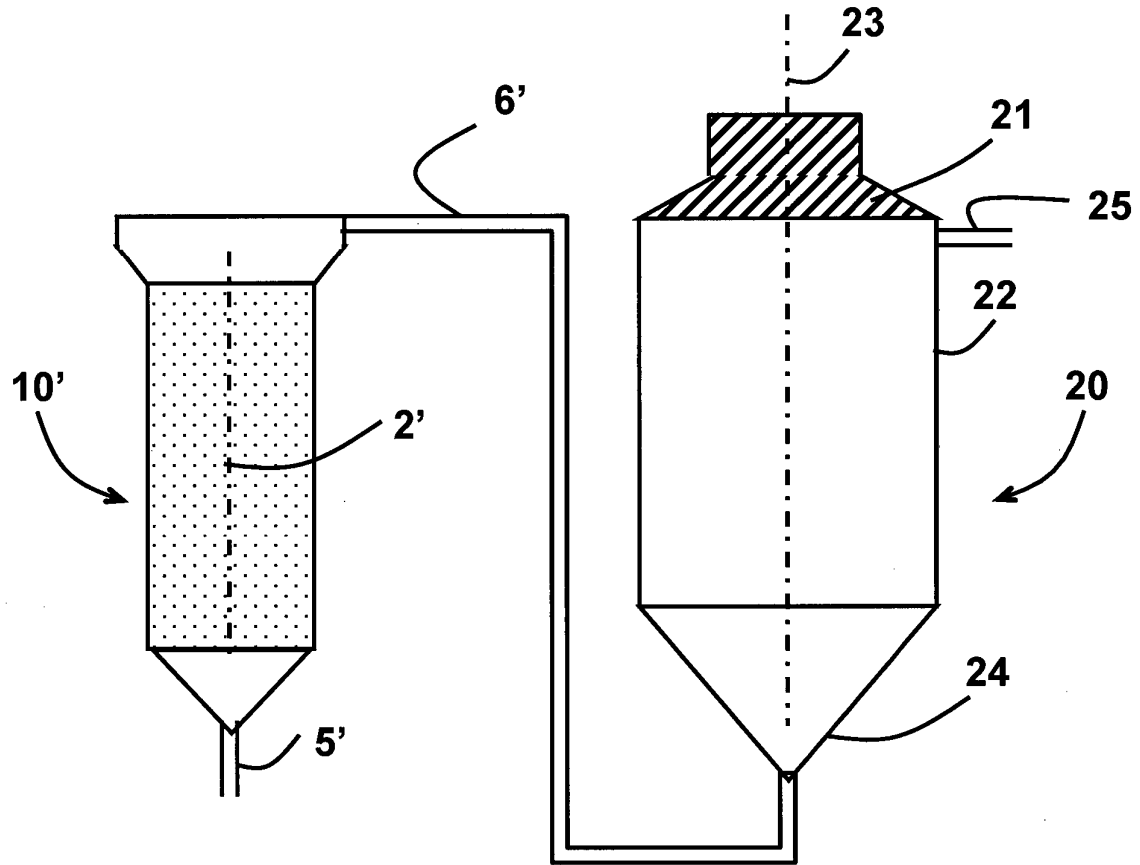


Figura 2

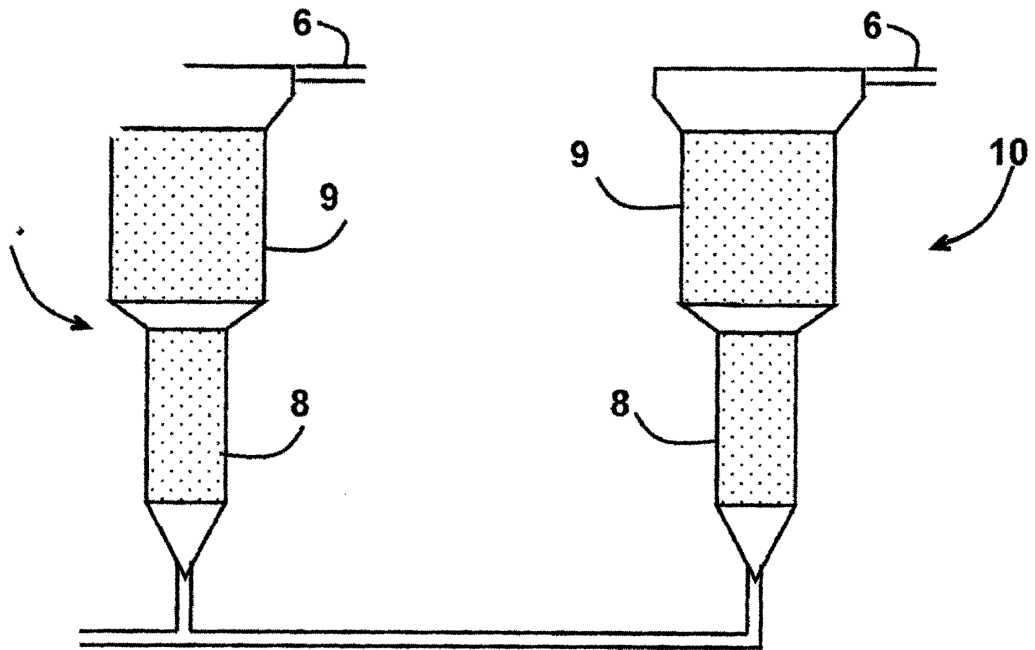


Figura 3

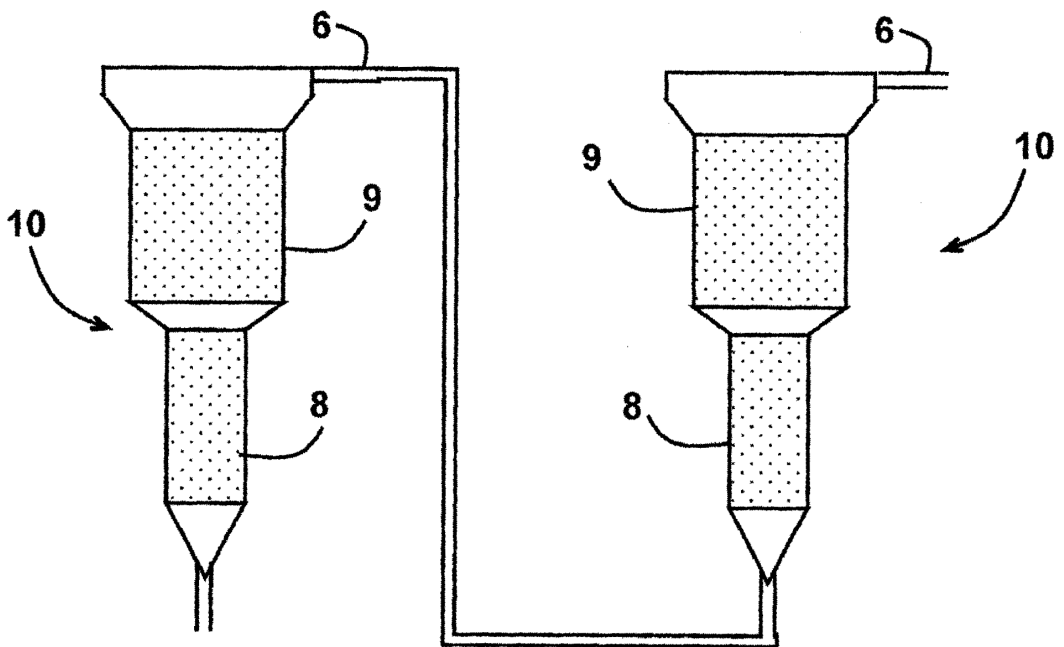


Figura 4