

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 412 387**

51 Int. Cl.:

**C22B 15/00** (2006.01)

**B01J 8/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2008 E 08718549 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2121994**

54 Título: **Método para mejorar la clarificación en un reactor de mezcladura y dicho reactor de mezcladura**

30 Prioridad:

**16.03.2007 FI 20070211**

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

**11.07.2013**

73 Titular/es:

**OUTOTEC OYJ (100.0%)  
RIIHITONTUNTIE 7  
02200 ESPOO, FI**

72 Inventor/es:

**LILJA, LAUNO y  
NYMAN, BROR**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 412 387 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

Método para mejorar la clarificación en un reactor de mezcladura y dicho reactor de mezcladura

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a un reactor de mezcladura para mezclar líquido y sólido en polvo, para clarificar la solución que se forma y para retirar la solución clarificada del reactor de mezcladura, cuya sección inferior comprende un lecho fluidificado. La invención también se refiere a un método para mezclar el líquido y el sólido en polvo entre sí en un lecho fluidificado, para clarificar la solución que se forma y para retirar la solución clarificada del reactor de mezcladura.

**Antecedentes de la invención**

10 Los reactores de mezcladura son generalmente cilíndricos y tienen diámetros estándar. Normalmente están equipados con deflectores unidos a las paredes del reactor, con la finalidad de eliminar un vórtice central que aspira gas desde la superficie, lo que se considera perjudicial. Los procesos de solución de sólidos requieren normalmente mezcladura, lo que incluye tanto potente turbulencia como circulación adecuada.

15 La alimentación hacia el interior del reactor de mezcladura tiene lugar usualmente alimentado desde arriba tanto el sólido como la solución dentro del espacio de reacción. Generalmente, se desea que en un reactor que opera continuamente sean retirados tanto sólidos como solución más o menos a la densidad de la lechada del espacio de reacción. Por lo tanto, no es deseable que incluso las partículas más pesadas o gruesas permanezcan en el reactor. Por ello, es natural que la retirada de la corriente de lechada pueda ser dispuesta ventajosamente en la pared del reactor, ocurriendo principalmente en el derrame.

20 La publicación de Patente US describe un aparato para la precipitación de compuestos metálicos a partir de una solución de desechos en ácido, que comprende un recipiente de reacción vertical que tiene una cámara de reacción para el paso hacia arriba de una suspensión líquida de partículas sólidas y medios para forzar las partículas hacia arriba. El aparato está provisto también de medios de derrame para hacer fluir partículas a una cámara de reciclado, lumbreras separadas de entrada para un agente de precipitación y para la alimentación de líquido, un depósito por encima de la zona de reacción para la contención del licor de desecho de agua tratada y una lumbrera de salida para la retirada del líquido tratado del aparato.

25 Sin embargo, existen casos en los que se desea retirar en forma pura del espacio de reacción la solución que ha reaccionado con los sólidos, es decir, sin las citadas partículas. Un caso tal se presenta en la patente US 3.954.452, en la que la reacción de cementación de solución de cadmio y polvo de zinc se realiza sobre el principio de lecho fluidificado. La parte inferior del reactor se ensancha cónicamente hacia arriba y es de forma cilíndrica desde ese punto hacia arriba. Existen deflectores en la pared de la parte inferior del reactor, los cuales, junto con el elemento de mezcladura, Trituran cualesquiera aglomerados que se generan. La parte superior del reactor se ensancha también cónicamente hacia arriba. El reactor consiste así en tres zonas: las zonas de reacción, de calmado y de clarificación, siendo la sección de reacción la parte inferior del reactor, formando el centro la sección de calmado y la sección superior la zona de clarificación. No se usa aquí un elemento de mezcladura para realizar la mezcladura real.

30 En el método de acuerdo con la patente US 3.954.452, la solución procedente de la zona de fluidificación se eleva a través del ensanchamiento cónico hacia la zona de clarificación, donde la unidad de retirada de solución está sobre la pared de la sección de clarificación. El proceso presentado es la cementación de solución de cadmio y polvo de zinc. En esta reacción de cementación se forma polvo de cadmio, que es más ligero debido a su porosidad y, al mismo tiempo, también más fino. Una finalidad es evitar que las partículas sólidas formadas como producto de reacción salgan del reactor con la solución. Otra dificultad encontrada en este caso ha sido también el pegado mutuo de las partículas a modo de púas, es decir, la aglomeración. Gradualmente los aglomerados crecen en tal medida que el movimiento en el lecho fluidificado se deteriora y por último de detiene completamente. Por esta razón se alimenta una solución de floculante dentro de la zona de fluidificación para evitar la aglomeración. Dado que la prevención no es completamente perfecta en la práctica, se pone en la sección inferior un elemento de mezcladura para triturar los aglomerados y se sitúan deflectores correspondientemente muy pequeños en las paredes para absorber la fuerza de impacto y evitar los vórtices.

35 Lo fuerte y lo alto que llegan desde la superficie del lecho fluidificado ( $H_{máx}$ ) las descargas dirigidas hacia arriba depende de las condiciones de la zona de fluidificación. Así, es importante que la corriente se eleve por encima de la altura anteriormente mencionada tan uniformemente y a velocidad tan baja como sea posible.

40 Sin embargo, en la práctica, lo que sucede es que la solución fluye tan directamente como es posible y por la ruta más corta hacia la unidad de retirada, de manera que el campo de flujo resulte un cono curvado en estrechamiento. Esto, a su vez, significa que aumenta la velocidad de la corriente de solución que arrastra cualesquiera partículas posibles y que no existe posibilidad de que las partículas se liberen por sí mismas del flujo.

55

El problema del equipo descrito anteriormente es que el material del lecho que impide la retirada de sólidos ha de ser bastante grueso. Sin embargo, a medida que prosigue la reacción, disminuye el tamaño de las partículas de los sólidos en el lecho, con lo que aumenta la cantidad de sólidos arrastrados junto con la solución.

**Finalidad de la invención**

5 La finalidad de la invención presentada en esta memoria es eliminar los inconvenientes que se presentan en las técnicas del estado de la técnica anterior descrita anteriormente. Por lo tanto, se proporciona un reactor de mezclado en el que se forma un lecho fluidificado compuesto de un líquido y sólidos, de manera que la cantidad de sólidos contenidos en la solución retirada del lecho fluidificado sea tan pequeña como sea posible.

**Sumario de la invención**

10 El reactor de mezclado de acuerdo con la presente invención está destinado a mezclar un líquido y un sólido entre sí en un lecho fluidificado, para la clarificación de la solución formada y para retirar la solución clarificada del reactor, el cual consiste en tres secciones. La más inferior es normalmente una sección de reacción cilíndrica, en la que se introducen la solución que se ha de tratar y el sólido en polvo para formar un lecho fluidificado. La parte superior de la sección del lecho fluidificado o sección de reacción está conectada a una sección de calmado que se ensancha  
15 cónicamente hacia arriba. Conectada a la parte superior de la sección de calmado hay una sección de clarificación cilíndrica, que tiene un diámetro que es el mismo que el de la parte superior de la sección de calmado. La sección inferior de la sección de reacción está provista de una unidad de alimentación, y una unidad de descarga está situada en la sección de clarificación por debajo de la superficie del líquido, por lo que la abertura de descarga está esencialmente en el eje central del reactor. Al menos un elemento de guía para dirigir el flujo de la solución está  
20 situado en la proximidad de la abertura de descarga para evitar el flujo de partículas sólidas con la solución.

De acuerdo con una realización de la invención, la unidad de alimentación para el líquido que se ha de introducir está dirigida oblicuamente hacia abajo.

25 De acuerdo con una realización de la invención, la unidad de descarga de la solución sedimentada está dirigida oblicuamente hacia abajo y el elemento de guía que dirige el flujo de solución es una placa anular de prevención de flujo, que está situada alrededor de la abertura de descarga.

La placa de prevención del flujo puede ser plana o cónica hacia arriba. El diámetro exterior de la placa de prevención del flujo es preferiblemente de 20 a 30% más grande que el diámetro de la sección de reacción.

30 Como la unidad de descarga de la solución sedimentada está dirigida oblicuamente hacia abajo, el elemento de guía que dirige el flujo de solución en adición de la placa anular de prevención del flujo, incluye también, preferiblemente, un anillo de guía por encima de esta última, dirigido hacia el centro del reactor desde la pared del reactor. Normalmente el anillo de guía se extiende hacia dentro desde la pared del reactor en una distancia que es del orden de 10 a 30% del diámetro de la sección de clarificación.

35 De acuerdo con otra realización de la invención, la unidad de descarga de la solución clarificada está dirigida hacia arriba y el elemento de guía del flujo de solución es una placa de ajuste que está situada por debajo de la abertura de descarga.

De acuerdo con una realización de la invención, un anillo de estrangulación, dirigido hacia dentro desde la pared del reactor, está situado entre la sección de reacción y la sección de calmado. Preferiblemente, se deja un espacio de separación entre el anillo de estrangulación y la pared del reactor.

40 De acuerdo con una realización de la invención, la sección de reacción está provista de un mezclador de rotor hecho de un tubo de forma helicoidal.

La invención también se refiere a un método para mezclar entre sí un líquido y un sólido en polvo en un lecho fluidificado, para la clarificación de la solución que forma y retirar la solución clarificada de un reactor de mezclado. Un lecho fluidificado compuesto de líquido y sólidos está dispuesto en la parte inferior del reactor, su zona de  
45 reacción (I), una zona de calmado (II) por encima de ella, cuya sección transversal se ensancha hacia arriba, una zona de clarificación (III) por encima de esta, cuya sección transversal es la misma que la de la parte superior de la zona de calmado (II). Es típico del método que el área de la sección transversal del flujo de solución que asciende en la zona de clarificación (III) se hace más achó por medio de al menos un elemento de guía antes de retirar la solución, principalmente por la abertura de la unidad de descarga situada en el eje central del reactor. A medida que se ensancha el área de la sección transversal, se desacelera el caudal de la solución y se hace simultáneamente  
50 que el flujo forme contra-remolinos en la proximidad de la pared del reactor, dentro de los cuales se sedimentan las partículas sólidas arrastradas junto con la solución. A continuación estas caen de nuevo en el lecho fluidificado.

De acuerdo con una realización del método según la invención, el líquido que se ha de tratar es introducido o alimentado a la parte inferior de la zona de reacción en una dirección oblicua hacia abajo.

De acuerdo con una realización del método según la invención, el área de la sección transversal del flujo que se

eleva es hecha ensancharse por medio de un elemento de guía a modo de placa, esencialmente horizontal, situado por debajo de la unidad de descarga.

5 De acuerdo con otra realización del método según la invención, el área de la sección transversal del flujo de solución que se eleva se hace que se ensanche por medio de un elemento de guía anular situado alrededor de la unidad de descarga.

De acuerdo con una tercera realización del método según la invención, el área de la sección transversal de la solución que se eleva se hace que se ensanche por medio de un elemento de guía anular situado alrededor y por encima de la unidad de descarga.

10 Cuando el área de la sección transversal del flujo de solución que asciende se hace que se ensanche por medio de un elemento de guía anular situado alrededor y por encima de la unidad de descarga, es preferible que el elemento de guía situado encima se extienda desde la pared de reactor de manera anular hacia dentro en una distancia que sea del orden de 10 a 30% del diámetro de la zona de clarificación.

15 El contenido de sólidos en la sección de clarificación de la parte superior del reactor es regulado preferiblemente para que esté alrededor de cero. La formación y mantenimiento del lecho fluidificado se consigue por medio del flujo de solución que se ha de introducir en la sección inferior del reactor, que alcanza la mezcladura requerida.

De acuerdo con una realización del método de acuerdo con la invención, se utiliza en el reactor, en el lecho fluidificado, un elemento de mezcladura en rotación montado para la finalidad, con el fin de mejorar la mezcladura y el equilibrio fuera de la zona de solución.

Las características esenciales de la invención resultarán evidentes en las reivindicaciones adjuntas.

## 20 **Lista de dibujos**

El equipo de acuerdo con la invención se describe con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 presenta una sección vertical de un reactor de mezcladura de la técnica anterior con sus campos de flujo,

25 La figura 2 presenta una sección vertical de un dibujo de principio de un reactor de mezcladura de acuerdo con la invención,

La figura 3 presenta con más detalle una sección vertical del reactor de mezcladura de acuerdo con la figura 2,

La figura 4 presenta una sección vertical de otro reactor de mezcladura de acuerdo con la invención,

La figura 5 presenta una sección vertical de una modificación de un reactor de mezcladura de acuerdo con la invención, y

30 La figura 6 presenta una sección vertical de todavía otro reactor de mezcladura de acuerdo con la invención.

## **Descripción detallada de la invención**

35 La finalidad del método de acuerdo con la invención es obtener la clase de campo de flujo en un reactor de mezcladura que facilite los intentos para evitar la retirada de partículas sólidas del lecho fluidificado dispuesto en la sección de reacción real. Así, el objetivo es formar una solución clarificada y evitar la descarga desde el reactor de partículas que se elevan desde la sección de reacción con la corriente de solución y hacer que vuelvan finalmente a la sección inferior del reactor.

40 El método ahora desarrollado de acuerdo con la invención para conseguir un campo de flujo controlado y deseado en un reactor de mezcladura está basado en el efecto de equilibrado en el flujo de descarga de la solución de la zona de fluidificación del reactor o de la sección de reacción y particularmente el efecto de desaceleración y también de control del caudal causado por los elementos de guía de la sección de clarificación del reactor. El efecto de equilibrado de la zona de fluidificación puede ser optimizado más con un elemento de mezcladura apropiado.

45 La figura 1 presenta un reactor de mezcladura 1 de acuerdo con la técnica anterior, en el que son tratados un líquido y un sólido de manera que el sólido en polvo forma un lecho fluidificado y al mismo tiempo reacciona con el líquido alimentado a la sección inferior 2 del reactor. La sección inferior 2 del reactor se ensancha hacia arriba cónicamente y se extiende hacia arriba en la sección media 3 formando una configuración cilíndrica. La solución, que está ampliamente exenta de sólidos, se retira de la sección superior del reactor a través de la unidad de descarga 5 situada en su pared. Se hace observar el aumento de la superficie de contacto en el reactor entre el sólido y la solución para aprovechar la energía de la propia corriente de la solución. Por lo tanto, se forma una zona de fluidificación 6 con un elevado contenido de lechada en la sección central del reactor. Además, el reactor está  
50 equipado con un propulsor 7 y deflectores 8 para triturar aglomerados, que se usan, por una parte, para intentar evitar la formación de aglomerados y, por otra parte, para desmenuzar los aglomerados, que se transforman en

partículas sólidas individuales. La formación de aglomerados se impide también alimentando continuamente un floculante en la solución.

Se sabe que, en ciertas condiciones, se forman chorros 9 de lechada en la superficie superior del lecho fluidificado en el reactor de mezcladura, que son dirigidos hacia arriba y que son de la categoría del lecho fluidificado en densidad de lechada y tamaño de partículas. La altura  $H_{m\acute{a}x}$  de los chorros se puede calcular teóricamente. Esto significa que todos los tamaños de partículas de sólidos aparecen hasta esta altura. Otro fenómeno relacionado con el flujo, que da lugar a que las partículas sólidas terminen en la corriente de descarga de solución, es el hecho de que el flujo en realidad se dirige normalmente a la abertura de descarga tan directamente como es posible. De ese modo se forma una corriente 10 dirigida hacia la unidad de descarga 5, donde el área de la sección transversal de la corriente se reduce continuamente. Esto, a su vez, significa que el caudal en el campo de flujo aumenta a la misma velocidad. Si la superficie del lecho fluidificado fuera uniforme, la velocidad de sedimentación y el citado caudal determinarían el tamaño de partícula de las partículas sólidas que salen con la solución. Sin embargo, los chorros anteriormente mencionados, que son lanzados hacia arriba, son capaces de elevar partículas hasta la altura  $H_{m\acute{a}x}$ , incluso los de mayor velocidad de sedimentación, de manera que el caudal es mayor que el de la superficie del lecho. Como consecuencia, las partículas sólidas son descargadas del lecho incluso en mayores cantidades. Como se puede suponer, una sección superior expandida no es la solución en sí misma, aunque sin duda mejora la situación. El aumento de altura de la sección superior expandida ayuda naturalmente a evitar la retirada de partículas sólidas.

El evento de flujo y el reactor de mezcladura que pertenecen al método de acuerdo con la invención están primeramente ilustrados en una realización única mostrada en la figura 2. El reactor de mezcladura comprende tres zonas: la zona de reacción real o zona de fluidificación I, la zona de calmado II y la zona de clarificación III.

La zona de reacción I es principalmente cilíndrica, con área de sección transversal constante. La sección inferior sola se estrecha cónicamente hacia abajo. La solución que se ha de tratar 11 es alimentada al reactor de mezcladura 12 con un tubo 13 dirigido oblicuamente hacia abajo hacia la sección inferior de la zona de fluidificación formada por el sólido en polvo y la solución. De este modo sencillo se obtiene un flujo uniforme hacia arriba. En muchos casos no se generan aglomeraciones dañinas, de manera que incluso no se requieren mezcladoras de trituración y de rejilla en su modo más simple, y por tanto tampoco deflectores.

En ciertas condiciones, se forman ahí chorros de lechada dirigidos hacia arriba desde la superficie de la capa de fluidización en la zona de calmado II. En esta sección, las partículas sólidas que habían abandonado la parte superior del lecho fluidificado con la solución, pero después separadas de ella, vuelven a la zona de reacción.

El diámetro T3 del reactor en la zona de clarificación III es de 1,5 a 3,0 veces el diámetro T1 de la parte de reacción, preferiblemente entre 2 y 2½ veces, por lo que las velocidades medias de la de solución están entre 0,44 y 0,11 veces la velocidad de ascenso que ocurre en la zona I y, de manera correspondiente, a entre 0,25 y 0,16 veces en el caso preferido.

De acuerdo con a invención, un elemento A de guía a modo de placa está situado en el medio de la zona de clarificación. El elemento de guía fuerza al flujo de solución a elevarse desde el centro de la zona hacia las paredes laterales, de manera que se disminuye de velocidad el flujo. Puesto que el elemento de guía a modo de placa es una placa anular de prevención de flujo, que está situada alrededor de la abertura de descarga C de la unidad de descarga B, su diámetro exterior es mayor que el diámetro T1 de la zona de reacción I, de preferencia aproximadamente de 20 a 30% mayor. Es típico del método y del equipo de acuerdo con la invención que la unidad de descarga para retirar la solución del reactor esté situada en la sección superior de la zona de clarificación, en su eje central D, pero por debajo de la superficie E del líquido. La solución es retirada del reactor a través de la unidad de descarga y la unidad de descarga está normalmente dirigida ya sea oblicuamente hacia abajo y continúa a través de la pared lateral o, como alternativa, principalmente recta hacia arriba. La inclinación de la unidad de descarga no tiene, en principio, efecto importante, debido a que la solución no contiene una cantidad significativa de sólidos que pudieran sedimentarse sobre el fondo de la unidad.

Cuando las velocidades relativas medias anteriormente mencionadas de la solución son de 100% en la zona de reacción (I) y de 22% en la zona de clarificación (III), entonces son en realidad el 100% en la zona de reacción, el 62% en las etapas del medio de la zona de clarificación y el 29% cerca de la placa de guía más inferior. Esto significa que cuando la velocidad disminuye hasta el 30%, algunas de las partículas que son arrastradas a lo largo caen fuera del flujo precisamente a causa de la velocidad de clarificación. Además, cuando la solución en la sección superior cae hacia un flujo en curva, la proporción de partículas en separación aumenta como consecuencia del efecto de ciclón. Los vórtices laterales considerables dirigidos hacia los bordes de la sección central devuelven las partículas separadas a la zona de reacción I.

El propio lecho de fluidificación de la zona de reacción impide la descarga de partículas finas y reduce la pérdida de partículas que se han elevado hasta la superficie de lecho junto con la solución. La retención de partículas sólidas en el lecho puede hacerse óptima con la colocación ventajosa de la alimentación de solución, por ejemplo alimentando la solución oblicuamente hacia abajo de acuerdo con la figura 2. Además, se puede utilizar un elemento de mezcladura en el lecho fluidificado, que sustituya a la rejilla situada generalmente por debajo del lecho fluidificado.

Se ha descrito ya anteriormente al menos una guía de flujo situada en la zona de clarificación. Se consigue un flujo de descarga menor que la velocidad de clarificación de partículas extendiendo la zona de clarificación superior y situando la abertura de descarga simétricamente en el eje central de la parte de clarificación. La estabilización intensificada del flujo y la formación de vórtices ciclónicos se consigue con al menos una guía de flujo de acuerdo con la presente invención.

Un reactor de mezclado de acuerdo con la figura 2 se ilustra en la figura 3 con más detalle. La solución 11 que se ha de tratar es alimentada hacia el reactor de mezclado 12, en la práctica con un tubo 13 dirigido oblicuamente hacia abajo a la zona de reacción en la sección inferior del reactor, es decir la sección de lecho fluidificado 14 (I). El polvo para formar el lecho fluidificado es alimentado, por ejemplo, en tandas, de la manera conocida. La retirada del lecho reaccionado tiene lugar también de manera conocida. El objetivo no es disminuir la cantidad de polvo que actúa como el lecho; en lugar de ello, su finalidad es reaccionar con la solución. La intención es también conseguir el efecto de fluidificación de ascenso lo más uniforme posible entre el sólido en polvo y la solución. Como es bien sabido, la fluidificación proporciona la fricción y variabilidad más efectivas a las superficies de contacto entre partículas y solución. En principio, el dimensionamiento de la sección inferior se hace sobre la base del retardo y nivel de fluidificación requeridos por las reacciones. El nivel de fluidificación significa el hueco entre sólidos y solución, es decir, la proporción de la solución en el volumen total  $\epsilon$ , que está normalmente en la región de  $0,5 < \epsilon < 0,9$ . El nivel de fluidificación junto con el tamaño de partículas determina el comportamiento del lecho; en otras palabras, por ejemplo, si está calmado o forma erupciones a modo de chorros.

El lecho fluidificado 15 tiene el número necesario de deflectores de flujo 16 situados en las paredes laterales de la sección de reacción. Algunas veces en las reacciones comienzan a formarse aglomeraciones a partir de las partículas sólidas, y su unión ha sido rota por un elemento mezclador mecánico 17 de trituración, tal como el dibujado en el reactor de la figura 1.

La solución que sale de la sección de reacción 14 para la sección de calmado 18 (II) incluye una cierta cantidad de partículas sólidas, que son bastante finas en cuanto al tamaño de partícula, y esta cantidad está determinada por la velocidad de ascensión de la solución y la velocidad de clarificación de las partículas, así como por la altura de las erupciones de lechada 19 anteriormente mencionadas. En el caso preferido, el flujo de solución es tan uniforme que su velocidad de ascensión puede ser calculada aproximadamente por la fórmula  $w = Q / A$ , en la que  $w$  = la velocidad media de ascensión de la solución [m/s] calculada a través de toda el área de la sección transversal de la sección de reacción,  $Q$  = flujo de solución [m<sup>3</sup>/s] y  $A$  = el área de la sección transversal de la sección de reacción [m<sup>2</sup>]. Usualmente, cuando se ha calculado de este modo, la solución alcanza suficiente velocidad para que se formen contra-remolinos 21 dirigidos hacia abajo, típicos de erupciones, alrededor del flujo ascendente 20, es decir, un efecto de ciclón. Estos torbellinos intentan constreñir el flujo ascendente y favorecen de ese modo el transporte a lo largo de partículas con la solución. La situación es ligeramente mejorada por la sección de calmado que se ensancha cónicamente hacia arriba.

Con el fin de hacer volver al lecho las partículas sólidas en la sección de clarificación 22 (III) que se separan del lecho fluidificado, la sección de clarificación tiene que ser suficientemente grande en su diámetro, y particularmente en su altura, en el intervalo de 1½ - 2 veces el diámetro de la sección de clarificación. Especialmente en reactores mayores esto no es factible y se requieren otros medios. En el método y equipo de acuerdo con la presente invención esto ha sido resuelto simplemente con el uso de elementos de guía. La abertura de descarga 24 de la unidad de descarga 23 de la solución reaccionada está situada simétricamente en el eje central del reactor, donde una placa anular horizontal 25 de prevención de flujo está unida al borde superior de la unidad de descarga. Un anillo de guía 26 dirigido desde la pared hacia el centro del reactor está situado a cierta distancia por encima de la placa de prevención de flujo. Como consecuencia de la placa 25 de prevención de flujo, el flujo de solución 20 que asciende desde el centro del reactor es dirigido hacia el borde de la sección de clarificación, de manera que a medida que crece el área de la sección transversal, se reduce la velocidad. El anillo de guía 26 actúa de manera que el flujo es vuelto hacia el centro y sigue hacia la abertura de descarga 24. Gracias a la fuerza de inercia que se produce en la curva cerca de la pared en la zona entre los elementos de guía 25 y 26, las partículas divergen desde la corriente de descarga hacia la pared y se mueven hacia el contra-torbellino 21 dirigido hacia abajo cerca de la pared y después de nuevo hacia la sección de reacción 14.

Cuando está situado otro elemento de guía de flujo en la parte superior de la zona de clarificación 22 (III) de acuerdo con la invención, el anillo de guía 26 está dispuesto de manera que esté por encima de la placa 25 de prevención de flujo. El anillo de guía está unido a la pared de manera que se deja un espacio de separación anular entre la placa de prevención de flujo y el anillo de guía cuando se ve desde arriba. La distancia vertical entre los elementos de guía está determinada por la relación entre los diámetros de las zonas de clarificación y de reacción. La anchura del anillo de guía es de 10% a 30% del diámetro de la zona de clarificación.

La placa 25 de prevención de flujo puede ser, en principio, plana, porque no hay cantidad significativa de partículas sólidas en el flujo. Si existe razón para temer que se acumularán sólidos en la parte superior de la placa 25, se debe formar en una configuración de embudo. Esto se presenta en la figura 4, en la que es cónica la forma del elemento de guía inferior de la sección de clarificación o placa 27 de prevención de flujo, de manera que su borde exterior se eleva por encima de la abertura de descarga. En este caso, la forma del elemento de guía impide la posible

acumulación de sólidos en la parte superior de la placa y en la solución.

La solución presentada en la figura 4 es en cierto modo preparada para las partículas gruesas y posiblemente incluso pesadas alimentadas al lecho fluidificado de la sección de reacción para ser molidas más finas y más ligeras, cuando reaccionan con la solución alimentada al reactor. No se puede evitar completamente que los sólidos extrafinos (principalmente por debajo de 400 mallas o 37  $\mu\text{m}$ ) asciendan con el flujo de solución desde el reactor, incluso con la disposición de acuerdo con la invención. En este caso es necesario aceptar una pequeña cantidad de sólidos en la descarga. Esto significa que la placa de prevención de flujo es sustituida por una placa cónica 27 que, cuando está unida a la unidad de descarga 23, forma un embudo. Cuando sea necesario también puede ser alterada la inclinación de la unidad de descarga.

Una alternativa para estabilizar el flujo en el lecho fluidificado 15 y mejorar la separación de la sección de fluidificación 22 se presenta en la aplicación del reactor de mezcladura de acuerdo con la figura 5. Inmediatamente por encima de la capa de fluidificación, es decir entre la sección de reacción 14 y la sección de calmado 18, hay un control de estrangulación 28 a modo de anillo dirigido hacia dentro desde la pared del reactor. Sin embargo, se deja un espacio de separación 29 entre la pared y el control, a través del cual puede sedimentar en el lecho fluidificado la solución que contiene sólidos, que fluye hacia abajo desde la sección de clarificación. Como sugiere el nombre, el control de estrangulación obstruye el flujo de solución que asciende desde la sección de reacción 14 y de ese modo refuerza el fenómeno de vórtice de la sección de clarificación 18, es decir, la separación de sólidos de la solución debido a las fuerzas centrífugas. Por medio del control de estrangulación, el flujo de solución ascendente es dirigido incluso más intensamente sobre el eje central, por lo que son reforzados los vórtices en el flujo ascendente cerca de la pared y se mejora el efecto de ciclón que separa partículas del flujo.

Algunas veces la distribución de solución a través de toda la sección transversal de la sección de reacción tiene que ser mejorada con un elemento de mezcladura apropiado, especialmente cuando la construcción de rejilla usada por debajo del lecho en la fluidificación de sólidos-gas no puede ser adaptada sensiblemente para fluidificación de sólidos-gas. Un mezclador 30 está situado en la sección de reacción 14 de un reactor de mezcladura de acuerdo con la figura 5, que está soportado en el mismo árbol 31 que el mezclador de trituración 17. El mezclador 30 es preferiblemente un mezclador de rotor hecho de tubos helicoidales. Este tipo de mezclador es también capaz de girar en elevadas densidades de lechada. La finalidad del mezclador es mezclar el lecho fluidificado y evitar que forme arco. La finalidad es también extender la solución ascendente tan uniformemente como sea posible a través de toda la sección transversal, es decir, se puede denominar también un "mezclador de rejilla", debido a que su finalidad es actuar como una sustitución de la rejilla en el lecho fluidificado. Cuando se utiliza un mezclador en el lecho fluidificado, la ventaja es que se puede hacer que un sólido más fino que antes permanezca en el lecho y no sea movido con el flujo de solución.

En la realización mostrada en la figura 5 se prevén medios para que ocurran fuertes variaciones de capacidad. En este caso, por ejemplo cuando la corriente de solución se hace menor, se puede debilitar el estado de fluidificación de la zona de reacción, y puede incluso cambiar parcialmente hacia lo que se conoce como un lecho fijo, con lo cual se reduce el movimiento de partículas sólidas, debilitando el esfuerzo de cizalladura requerido para las reacciones. Un mezclador hecho de tubos helicoidales hace posible no sólo la distribución mejorada de líquido y sólido a través de toda la sección transversal del lecho, sino también un área de capacidad de mezcladura de amplia extensión en la zona de reacción. Si el mezclador en el árbol se inserta desde abajo, la sección superior debe estar equipada con un anillo de soporte de centrado.

En la realización de un reactor de mezcladura mostrado en la figura 6, se impide que las partículas de sólido se desplacen con la solución de un modo ligeramente diferente a las resoluciones previas. La solución es retirada del reactor 12 en la unidad de descarga 32 dirigida hacia arriba, la cual está, sin embargo, por debajo de la superficie de la solución y concretamente desde el eje central del reactor. De este modo, se consigue una simetría de flujo, gracias a la cual el flujo a modo de embudo de la figura 1, que se reduce de área de sección transversal, no se genera aquí tampoco. En su lugar, es generado deliberadamente un campo de flujo que se ensancha, en el que el caudal de la solución en la sección de clarificación 22 disminuye casi al valor medio ideal.

Por debajo de la abertura de descarga 33 de la solución está fijado un elemento de guía horizontal 34, el cual, en su forma más sencilla, es una cuña circular de ajuste. La cuña actúa tanto como una placa de guía, que obliga a la solución ascendente a expandirse lateralmente, como una placa de prevención, que impide que el flujo de solución ascendente se refuerce directamente hacia la abertura de descarga. La realización de un reactor de mezcladura de acuerdo con la presente invención, mostrado en la figura 6, es probablemente la más sencilla. Naturalmente, la cuña de ajuste puede también adaptarse más estrechamente en su forma al flujo, por ejemplo de estructura cónica. Por supuesto, la cuña que se presenta aquí, como con los elementos de guía presentados en las otras figuras, puede estar soportada por la pared del reactor, así como por el borde de la abertura de descarga.

En todos los casos, la regulación de la altura de la superficie tiene lugar utilizando tecnología normal.

## Ejemplos

### Ejemplo 1

En el ejemplo se hace una comparación entre la técnica anterior (A corresponde a la figura 1, pero la sección de clarificación ha sido aumentada al tamaño de la figura 6) y la presente invención (B corresponde a la figura 6). En ambos casos son las mismas las condiciones básicas del reactor y del procedimiento. Se utilizan en ambos dos materiales en polvo diferentes. En el reactor de acuerdo con la presente invención (B) el diámetro de la cuña de ajuste circular es  $\Phi = 85$  mm. Estos 4 casos diferentes se presentan en las siguientes tablas, en las que:

A1 = un reactor de la técnica anterior, cuando se utiliza un polvo de cobre con una densidad  $\rho_s = 8900$  kg/m<sup>3</sup> en el reactor al comienzo del proceso

A2 = un reactor de la técnica anterior, cuando se forma una amalgama de polvo con una densidad  $\rho_s = 4450$  kg/m<sup>3</sup> al proseguir las reacciones de cementación del proceso

B1 = un reactor de acuerdo con la invención, cuando se utiliza polvo de cobre con una densidad  $\rho_s = 8900$  kg/m<sup>3</sup> en el reactor al comienzo del proceso

B2 = un reactor de acuerdo con la invención, cuando se forma una amalgama de polvo con una densidad de  $\rho_s = 4450$  kg/m<sup>3</sup> al proseguir las reacciones de cementación del proceso

**Tabla 1.** Dimensiones del reactor y condiciones de marcha más la situación al comienzo

**Reactor**

Diámetro de la sección inferior	$T_{inferior}$	mm	150
Diámetro de la sección superior	$T_{superior}$	mm	345
Altura efectiva de la sección inferior	$Z_{inferior}$	mm	530
Altura efectiva de la sección superior	$Z_{superior}$	mm	600

**Solución**

Cantidad de flujo	Q	m <sup>3</sup> /h	1,3
densidad	$\rho_1$	kg/m <sup>3</sup>	1230
viscosidad	$\eta_1$	mPas	1,9
tasa de huecos en la sección inferior	$W_{hueco\ inf.}$	m/s	0,020
tasa de huecos en la sección superior	$W_{hueco\ superior}$	m/s	0,0039

**Sólido en polvo**

			<b>cobre</b>	<b>amalgama</b>
carga inicial (gruesa + fina)	$M_o + m_o$	kg	24,8	25,0
porción de finos al inicio	$m_o / (M_o + m_o)$	%	33,6	67,3
densidad	$\rho_s$	kg/m <sup>3</sup>	8900	4450
límite de tamaño de partículas ( $W_{sed.} = W_{sol.}$ )	$d_{lim.}$	$\mu$ m	96,4	148,7
hueco (solución/lecho total)	$\epsilon$	-	0,67	0,74

**Tabla 2.** Análisis con tamiz de polvo (el mismo para ambas calidades de polvo)

**Tamiz tamaño Pasando a través del tamiz**

mall	mm	%
30	0,495	100
40	0,420	99,4
50	0,297	96,5
70	0,210	87,2
100	0,149	67,5



	Tamiz	tamaño	Pasando a través del tamiz
	malla	mm	%
	140	0,105	40,0
	200	0,074	17,3
5	270	0,053	5,5
	325	0,044	2,5
	400	0,037	1,1

**Tabla 3.** Situación al final del ciclo

Caso			A1	A2	B1	B2	
10	Tanda final (gruesa + fina)	$M_t + m_t$	kg	16,3	8	24	20,8
	"Fina" retirada del reactor	$m_t$	kg	8,5	17	0,8	4
	"Finas" retiradas del final	$m_f / (M_o + m_o)$	%	34	68	3	16

Este es un caso de reactor de cementación, en el que se utiliza polvo de cobre como la carga inicial en el lecho fluidificado. La solución que fluye a través del mismo reacciona con el cobre, tras lo cual se forman partículas de amalgama en la reacción de cementación, y en alguna etapa son casi del tamaño de las partículas originales de Cu en tamaño de grano, pero considerablemente más porosas. Entonces disminuye la densidad y al mismo tiempo el número de partículas que tienen la misma velocidad de sedimentación a medida que aumenta la velocidad del flujo de solución. El tamaño límite de partícula ( $d_{lim}$ ) ha sido calculado en la tabla, cuya tasa de clarificación es la misma que la tasa del flujo de solución cuando la solución asciende desde el lecho fluidificado hacia la sección de clarificación.

Se ha visto que la disposición de acuerdo con la presente invención hizo posible una reducción significativa de la cantidad de polvo retirado del reactor.

- Con polvo de cobre: invención/técnica anterior =  $B1/A1 = 3/34 = 0,09$ , es decir, aproximadamente 1/10
- Con amalgama: invención/técnica anterior =  $B2/A2 = 16/68 = 0,24$ , es decir, aproximadamente 1/4

Como muestran los ejemplos, cuando se utiliza una construcción de reactor de acuerdo con la invención, la cantidad de polvo retirado del reactor disminuye en una alternativa a una décima y en un caso incluso más difícil a un cuarto.

#### Ejemplo 2

En el aparato de acuerdo con la figura 4, se retiró plata de una solución de cloruro cuproso utilizando un lecho fluidificado basado en polvo de cobre. El diámetro de la sección de reacción del reactor, en el cual se formó el lecho fluidificado, era de 1,5 m y la altura, de 3,5 m. La parte inferior de la sección de reacción estaba equipada con un mezclador de cuatro paletas destinado a triturar aglomerados, que era de una clase de paletas con inclinación y tenía un diámetro de 0,6 m.

El diámetro de la sección de clarificación era de 3,4 m y la altura de 4,5 m. Una placa de prevención de flujo estaba fijada alrededor de la unidad de descarga situada en la sección de clarificación y, en este caso, la placa era como un embudo y tenía un diámetro exterior de 1,8 m. Además, el flujo de descarga de la solución era guiado por medio de un anillo de guía que estaba fijado de manera que se extendía hacia dentro desde la pared de la sección de clarificación en una distancia de 0,45 m. El anillo de guía estaba situado por encima de la placa de prevención de flujo y a una distancia de 0,4 m del anillo exterior de la placa de prevención de flujo.

El peso específico de la solución concentrada de cloruro cuproso era de  $1230 \text{ kg/m}^3$ , el pH de 2,9 y la temperatura de  $70^\circ\text{C}$ . La solución era alimentada hacia la sección de reacción del reactor de mezcladura a  $130 \text{ m}^3/\text{h}$ . La solución de alimentación contenía  $145 \text{ mg/l}$  de plata, con la intención de cementarla sobre la superficie del polvo de cobre. El polvo de cobre utilizado tenía un tamaño del 85% por debajo de 110 micrómetros. Se estimó que se obtuvo un nivel de fluidificación en el ensayo que se estableció que correspondía a un valor de  $\epsilon$  de  $0,7 - 0,8$ .

El ensayo mostró que, después de 15 minutos, el contenido de plata de la solución de cloruro cuproso retirada del reactor era del orden de menos de  $10 \text{ mg/l}$ , en la que también permanecía durante el periodo de ensayo de veinticuatro horas aproximadamente. El contenido de sólidos de la solución que había que extraer del reactor variaba entre  $0,5$  y  $3,0 \text{ g/l}$ , que se puede considerar un intervalo de variación aceptable.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un reactor de mezcladura (12) para mezclar un líquido y un sólido entre sí en un lecho fluidificado, para la clarificación de la solución que se forma y la descarga de la solución clarificada del reactor, estando el reactor compuesto de tres secciones, de las cuales la más inferior es una sección de reacción cilíndrica (14) para la formación de un lecho fluidificado, estando unida a la parte superior de la sección de reacción una sección de calmado (18) que se ensancha cónicamente hacia arriba, y estando conectada a la parte superior de esta última una sección de clarificación cilíndrica (22) cuyo diámetro es el mismo que el de la sección superior de la sección de calmado, **caracterizado porque** la sección inferior de la sección de reacción (14) está provista de una conexión (13) de alimentación de solución y la sección de clarificación (22) tiene una unidad de descarga (23, 32) de solución situada por debajo de la superficie (E) del líquido, cuya abertura de descarga (24, 33) está en el eje central (D) del reactor, y porque al menos un elemento de guía (25, 26, 27, 34) para dirigir el flujo de solución está situado en la proximidad de la abertura de descarga.
- 15 2. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la conexión de alimentación (13) para alimentar el líquido al interior del reactor está dirigida oblicuamente hacia abajo.
3. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la unidad de descarga (23) de solución clarificada está dirigida oblicuamente hacia abajo y el elemento de guía que dirige el flujo de solución es una placa anular (25, 27) de prevención de flujo, que está situada alrededor de la abertura de descarga (24).
- 20 4. Un reactor de mezcladura de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la placa (25) de prevención de flujo es plana.
5. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la placa (27) de prevención de flujo es cónica hacia arriba.
- 25 6. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** el diámetro exterior de la placa (25, 27) de prevención de flujo es de 20 a 30% mayor que el diámetro T1 de la sección de reacción (14).
- 30 7. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la unidad de descarga (23) de la solución clarificada está dirigida oblicuamente hacia abajo y los elementos de guía que dirigen el flujo de solución son una placa anular (25, 27) de prevención de flujo, que está situada alrededor de la abertura de descarga (24) y el anillo de guía (26) por encima de esta, dirigido desde la pared del reactor hacia el centro del reactor.
8. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** el anillo de guía (26) se extiende hacia dentro desde la pared del reactor en una distancia que del orden de 10 a 30% el diámetro T3 de la zona de clarificación (22).
- 35 9. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la unidad de descarga (32) de solución clarificada está dirigida hacia arriba y el elemento de guía que dirige el flujo de solución es una cuña (34) de ajuste que está situada por debajo de la abertura de descarga (33).
- 40 10. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** un anillo de estrangulación (28) está situado entre la zona de reacción (14) y la zona de calmado (18), dirigido hacia dentro desde la pared del reactor.
11. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado porque** hay un espacio de separación (29) entre la pared del reactor y el anillo de estrangulación.
12. Un reactor de mezcladura (12) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la zona de reacción (14) está equipada con un mezclador (30) de rotor hecho de tubos helicoidales.
- 45 13. Un método para mezclar entre sí un líquido y un sólido en polvo, para la clarificación de la solución que se forma y para retirar la solución clarificada desde el reactor, siendo un lecho fluidificado dispuesto en la zona de reacción (I) de la sección inferior del reactor, formado de un líquido y sólidos, con una zona de calmado (II) por encima del mismo, de una sección transversal que se ensancha hacia arriba, y una zona de clarificación (III) por encima de esta, que tiene la misma área de la sección transversal que la sección superior de la zona de calmado (II), **caracterizado porque** el líquido que se ha de tratar es alimentado hacia la sección inferior de la zona de reacción, siendo hecha expandirse el área de la sección transversal del flujo de solución, que se desplaza hacia arriba en la zona de clarificación (III), por medio de al menos un elemento de guía (25, 26, 27, 34) antes de que la solución sea descargada principalmente a través de la unidad de descarga (B) situada en el eje central (D) del reactor, siendo hecho disminuir el caudal de la solución expandiendo su área de sección transversal y siendo hecho el flujo, a mismo tiempo, formar
- 50
- 55

contra-torbellinos en la proximidad de la pared del reactor, en la cual se sedimentan las partículas sólidas que se han desplazado junto con la solución, y caen de nuevo en el lecho fluidificado.

14. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** el líquido que se ha de tratar es alimentado al interior de la sección inferior de la zona de reacción en una dirección oblicua hacia abajo.
- 5 15. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** el área de la sección transversal del flujo de solución que se desplaza hacia arriba es hecha expandirse por medio de un elemento de guía a modo de placa, esencialmente horizontal, situado por debajo de la unidad de descarga.
- 10 16. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** el área de la sección transversal del flujo de solución que se desplaza hacia arriba es hecho expandirse por medio de un elemento de guía anular situado alrededor de la unidad de descarga.
17. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 13 y 16, **caracterizado porque** el área de la sección transversal del flujo de solución que se desplaza hacia arriba es hecha expandirse por medio de elementos de guía anulares situados alrededor y por encima de la unidad de descarga.
- 15 18. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizado porque** el área de la sección transversal del flujo de solución ascendente es hecha expandirse por medio de elementos de guía anulares situados alrededor y por encima de la unidad de descarga, extendiéndose el elemento de guía, situado por encima, hacia dentro desde la pared del reactor en una distancia que es del orden de 10 a 30% del diámetro T3 de la zona de clarificación.
- 20 19. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** el flujo de solución, que se desplaza hacia arriba desde el lecho fluidificado de la zona de reacción hacia la zona de calmado, es estabilizado por estrangulación.
20. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** el lecho fluidificado de la zona de reacción se mezcla para estabilizar el flujo de solución.

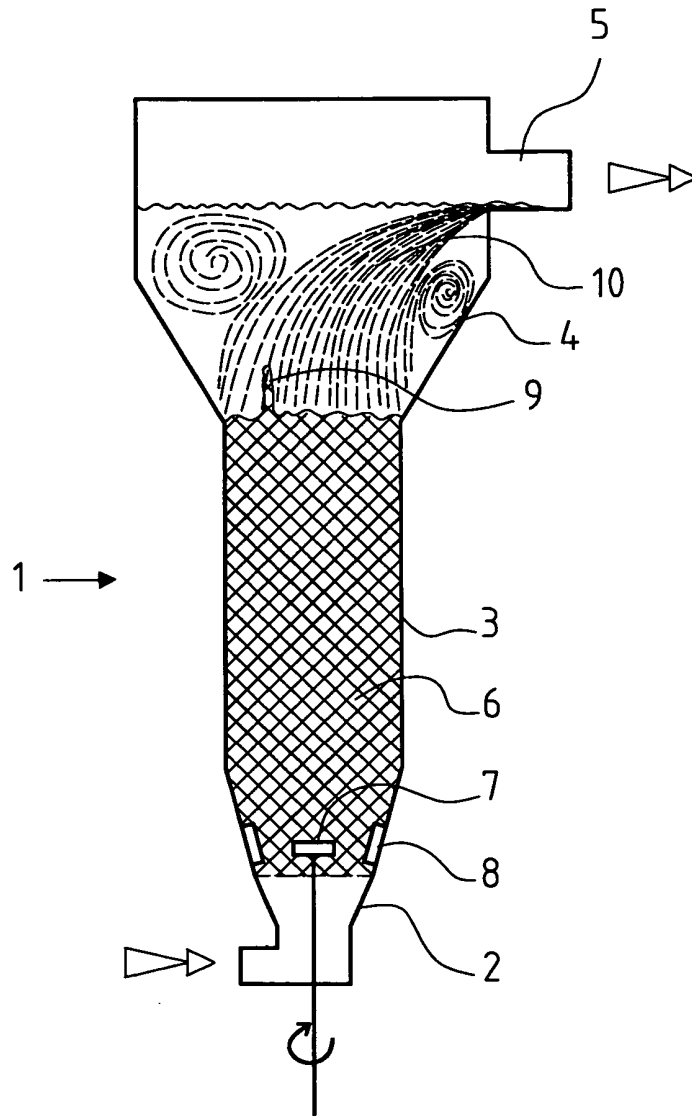


Fig. 1

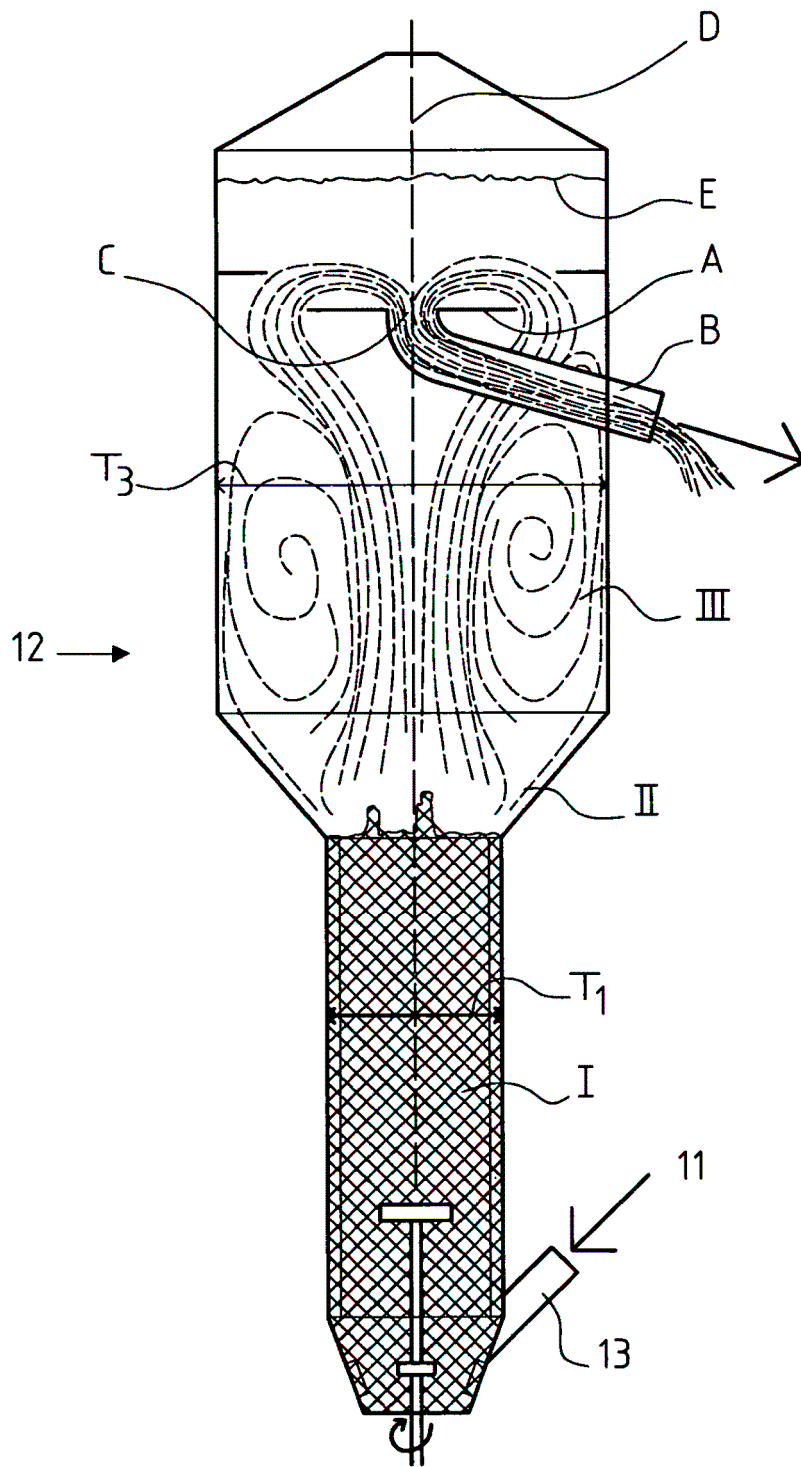


Fig. 2

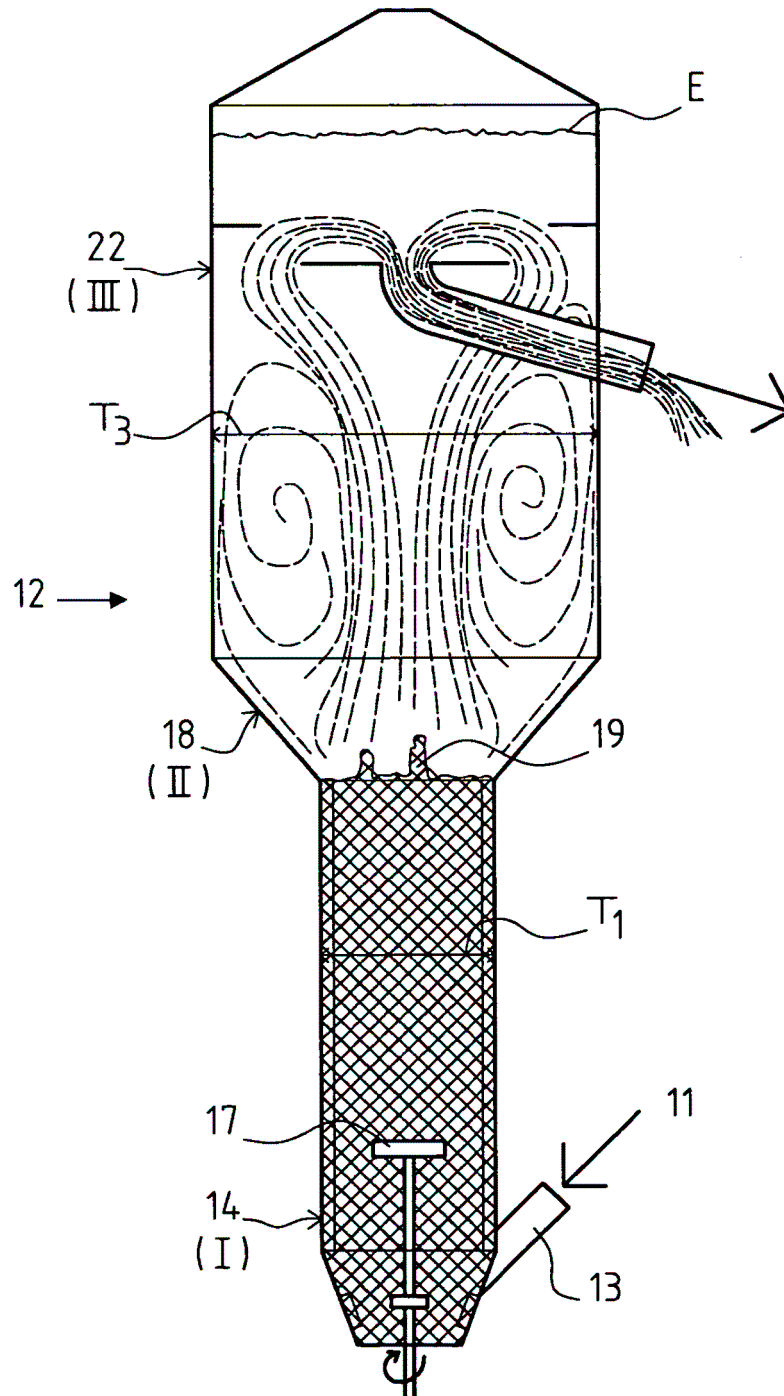


Fig. 3

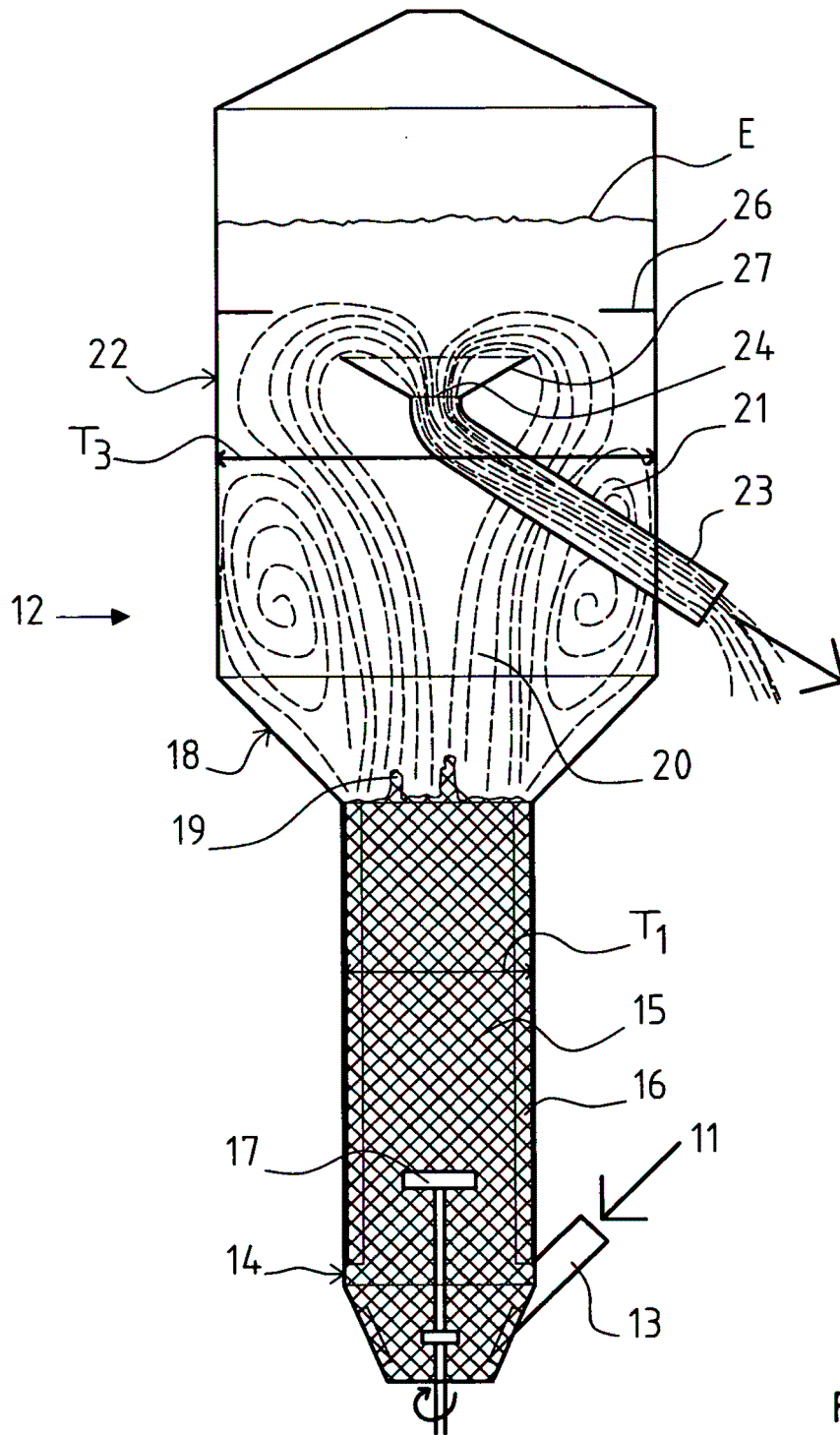


Fig. 4

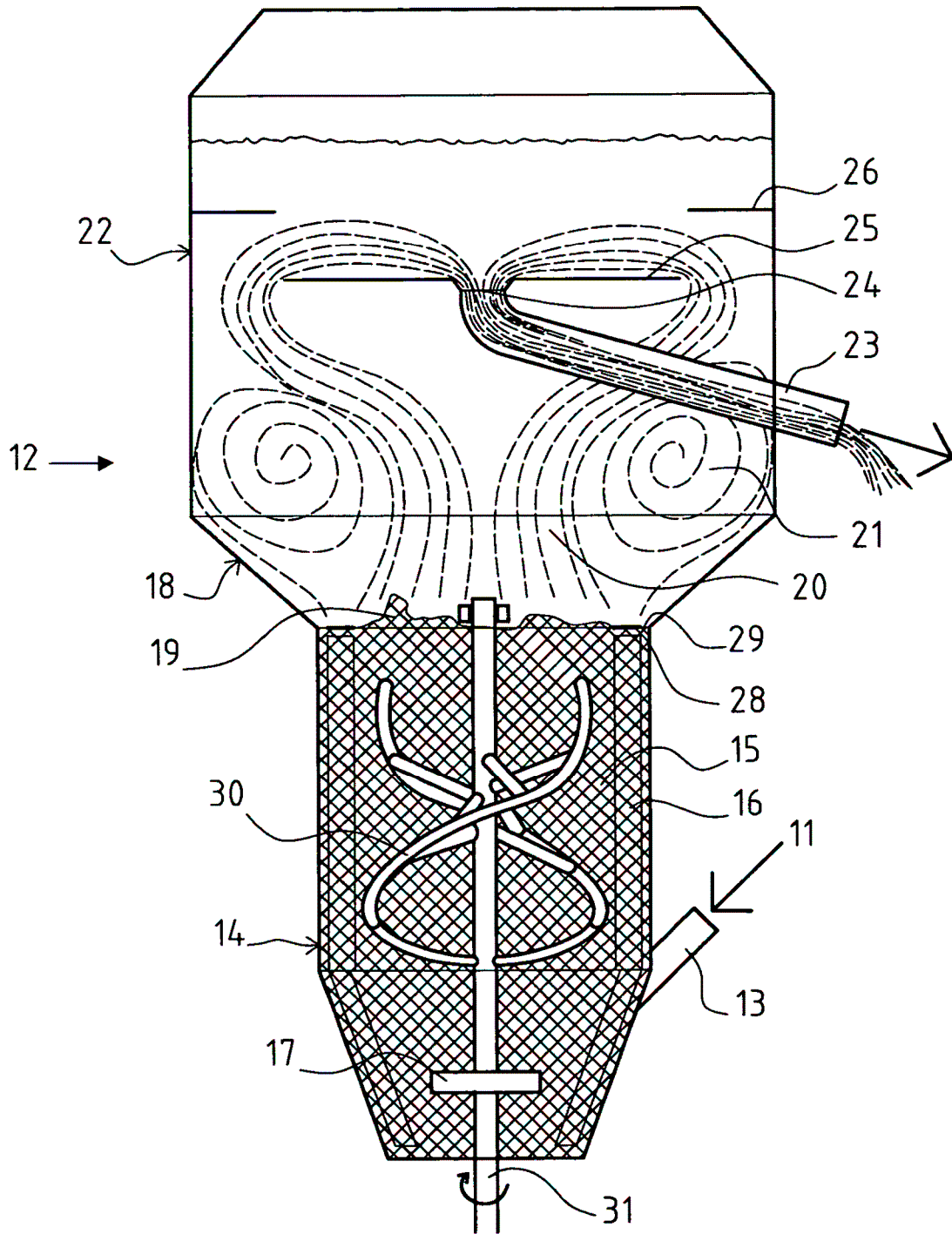


Fig. 5



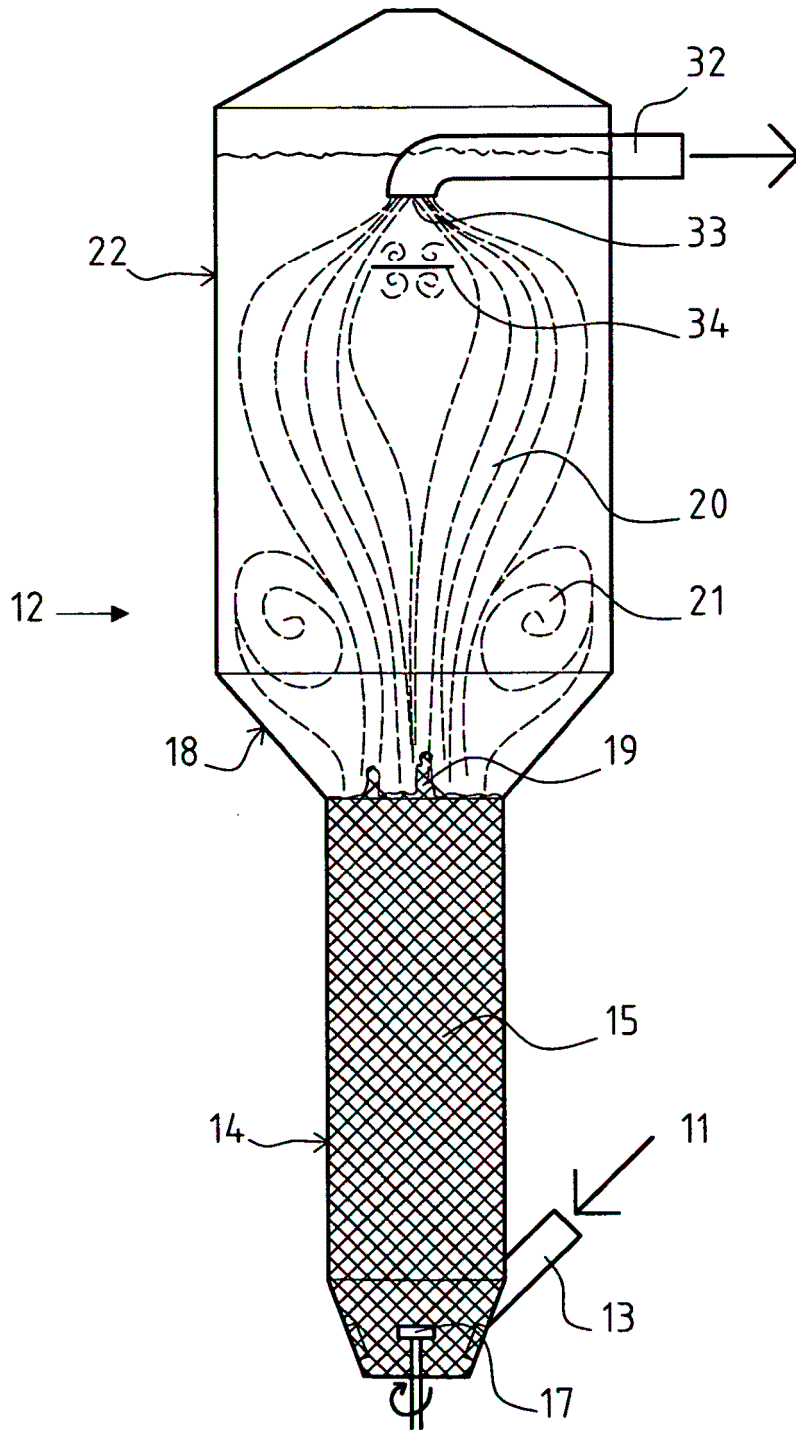


Fig. 6