

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 772**

51 Int. Cl.:

B01J 2/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2008 PCT/EP2008/010958**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.07.2009 WO09086903**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2008 E 08870047 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 2237867**

54 Título: **Procedimiento y aparato de granulación en lecho fluido**

30 Prioridad:

04.01.2008 EP 08000098

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

18.06.2018

73 Titular/es:

**CASALE SA (100.0%)
Via Giulio Pocobelli 6
6900 Lugano, CH**

72 Inventor/es:

ZARDI, FEDERICO

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 672 772 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

Procedimiento y aparato de granulación en lecho fluido

Campo de aplicación

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un aparato para granulación en lecho fluido. Más detalladamente, la invención se refiere a un procedimiento y a un aparato en el que un flujo de fluido que contiene una sustancia dada se convierte en gránulos sólidos de dicha sustancia, con un grado determinado de pureza, mediante un procedimiento de crecimiento que tiene lugar en una condición de lecho fluido.

Técnica anterior

10 Se lleva a cabo un procedimiento de granulación en lecho fluido manteniendo gránulos en un estado fluidificado (por ejemplo, soplando aire) y cubriendo y agrandando progresivamente los gránulos pulverizando o atomizando un líquido de crecimiento apropiado compuesto por la sustancia que va a granularse o por una disolución de la misma. Partículas sólidas pequeñas (normalmente de menos de 2 mm de diámetro) de la misma u otra sustancia, llamadas semillas, se alimentan también al lecho fluido, para fomentar la granulación que sirven como puntos de partida para la deposición progresiva del líquido de crecimiento.

15 El procedimiento, en términos esenciales, tiene lugar mediante gotitas del líquido de crecimiento que humedecen, se adhieren y se solidifican en las semillas y gránulos que, juntos, forman el lecho fluido. Dicho procedimiento se usa para la granulación de sustancias como por ejemplo urea, nitrato de amonio, cloruro de amonio y otras.

20 En términos generales, un objetivo del procedimiento es formar gránulos que se aproximen a una forma ideal predeterminada (por ejemplo, esférica) de la mejor manera posible; otro objetivo es tener la dimensión y la masa de los gránulos tan constantes como sea posible, es decir, aproximarse a un producto "monodispersado". Es decir, la distribución estadística de la dimensión y la masa de los gránulos debe centrarse en valores deseados teóricos con una desviación tan pequeña como sea posible.

25 La humectación eficiente tanto de las semillas como de los gránulos en crecimiento mediante el líquido de crecimiento es necesaria para lograr los objetivos anteriores. Y, además, el líquido de crecimiento debe alimentarse al lecho fluido en forma de gotitas muy pequeñas, más pequeñas que las semillas y los gránulos en crecimiento que forman el lecho fluido. El tamaño de las gotitas del líquido de crecimiento es también crucial para permitir la evaporación de cualquier disolvente que pueda contenerse en el líquido de crecimiento y pueda permanecer como impureza en el producto final. Por lo que se refiere a la granulación de urea, en la que el líquido de crecimiento es sustancialmente una disolución acuosa de urea, gotitas más pequeñas potencian la evaporación de agua y la obtención de gránulos de alta pureza de urea sólida, que son mucho más valiosos.

30 El documento US-A-4353730 da a conocer un procedimiento y aparato para granulación de la técnica anterior, en los que el líquido de crecimiento se alimenta en forma atomizada. Sin embargo, dicho procedimiento tiene desventajas reconocidas, que incluyen: una imposibilidad sustancial de controlar la dispersión del tamaño de partícula del producto terminado; la necesidad de tamizar los gránulos producidos; un desecho considerable de gránulos de tamaño inaceptable (demasiado grande o demasiado pequeño); recuperación de tales gránulos de desecho y su recirculación aguas arriba al procedimiento de granulación.

Los gránulos que salen del lecho fluido se someten a un tamizado con el fin de separar gránulos que no cumplen con los requisitos dimensionales del producto final. Los gránulos de desecho obtenidos de este modo se hacen recircular como semillas de crecimiento para el propio lecho fluido.

40 En la figura 10 se muestra de manera esquemática un procedimiento de granulación de la técnica anterior de este tipo. Un granulador de lecho fluido 1 se alimenta con una sustancia de líquido de crecimiento por medio de una línea de flujo 102, y con un flujo apropiado de semillas por medio de una línea de alimentación de semillas 103. Los gránulos producidos en el granulador 1 se alimentan a un separador 104, por medio de una línea de flujo de salida 105. Los gránulos dentro del intervalo de aceptación, que constituyen el producto final, se descargan a través de una línea 106; los gránulos demasiado grandes o, respectivamente, demasiado pequeños, se descargan a través de unas líneas 107 y 108. Los gránulos más grandes de la línea 108 se Trituran en un dispositivo 109 que obtiene partículas pequeñas (línea 110) que, junto con gránulos más pequeños de la línea 107, se recirculan a la línea de alimentación de semillas 103.

50 Dicho de otro modo, las semillas para el granulador de lecho fluido 1 se obtienen recirculando gránulos de desecho tomados de la salida del propio granulador 1. Por tanto, el separador 104 realiza una tarea doble de tamizar la salida del lecho fluido, obteniendo el flujo 106 del producto final, y de proporcionar el flujo de semillas a la línea 103 que es indispensable para que funcione el granulador de lecho fluido 1. Debe observarse que la parte de desecho recirculada de gránulos (líneas 107 y 108) puede ser de hasta el 50%, y normalmente del 30-35%, de la salida 105 del granulador 1.

55 El documento WO 02/083320 da a conocer un procedimiento mucho más eficaz para la granulación y un granulador

de lecho fluido relacionado, que proporciona entre otras cosas la formación de una condición de vórtice en el lecho fluido, y en el que se obtienen gránulos sustancialmente monodispersados en la salida del lecho fluido, es decir, sustancialmente todos los gránulos que salen del lecho fluido están dentro del intervalo dimensional de aceptación del producto final. Sin embargo, el diseño de la figura 10 requiere que una parte de los gránulos producidos se recircule en la entrada de lecho fluido como semillas para el procedimiento de granulación. Por tanto, el uso de un granulador de lecho fluido según el documento WO 02/083320 con el diseño conocido de la figura 10 tiene la limitación de que es necesario recircular parte del producto (línea 105), que estaría listo para la venta, de nuevo al procedimiento.

En resumen, un procedimiento de granulación en lecho fluido de una sustancia dada, según la técnica conocida, tal como se da a conocer en el documento US4217127, comprende las siguientes etapas básicas:

- proporcionar un lecho fluido de un material particulado que comprende gránulos de dicha sustancia y partículas sólidas de una sustancia apropiada que sirven como semillas para el procedimiento de granulación;
- alimentar un flujo de entrada, que comprende un líquido de crecimiento que contiene dicha sustancia, a dicho lecho fluido;
- alimentar un flujo de dichas semillas al interior del lecho fluido, para fomentar el crecimiento de gránulos y para mantener la masa fluidificada;
- usar una parte de los gránulos en la salida del lecho fluido para obtener las semillas para el lecho fluido.

Tal como se mencionó anteriormente, existe una necesidad de mejorar continuamente los aparatos y procedimientos de granulación, especialmente para algunos productos (como, por ejemplo, urea) cuyo valor de mercado se ve fuertemente influido por la granulometría y especialmente por la forma uniforme, dimensión y masa de los gránulos.

Sumario de la invención

El problema subyacente a la presente invención es idear y poner a disposición un procedimiento y un aparato de granulación en lecho fluido adaptados para superar las desventajas y limitaciones anteriores de la técnica anterior; para obtener gránulos de la sustancia deseada con una granulometría controlada; para reducir el producto de desecho; para simplificar diseño de la instalación de granulación.

Este problema se soluciona mediante un procedimiento de granulación en lecho fluido de una sustancia dada, que comprende las etapas de:

- proporcionar un lecho fluido de un material particulado que comprende gránulos de dicha sustancia y partículas sólidas de una sustancia apropiada que sirven como semillas para el procedimiento de granulación;
- alimentar un flujo de entrada, que comprende un líquido de crecimiento que contiene dicha sustancia, a dicho procedimiento;
- alimentar un flujo de dichas semillas al interior del lecho fluido, para fomentar el crecimiento de gránulos y para mantener la masa fluidificada;
- tomar un flujo de gránulos sólidos como salida del procedimiento llevado a cabo en el lecho fluido;

caracterizado porque una primera parte de dicho flujo de entrada se alimenta directamente al lecho fluido, y una segunda parte de dicho flujo de entrada se usa para generar al menos una parte de dicha cantidad de semillas sólidas.

Dicha segunda parte del flujo de entrada es preferiblemente una parte secundaria del flujo de fluido de entrada y, más preferiblemente, la razón entre dicha segunda parte y el flujo de entrada total se refiere a la razón en volumen entre semillas y gránulos del producto final. Según un aspecto de la invención, dicha razón entre la segunda parte del flujo de entrada y el flujo de entrada total es igual a d^3/D^3 , en la que d es el valor medio de una dimensión caracterizadora de las semillas, y D es el valor medio de una dimensión caracterizadora de los gránulos sólidos obtenidos en la salida del lecho fluido. En la práctica, los gránulos y las semillas se aproximan sustancialmente a una forma esférica, y se esquematizan como esferas; siguiendo este modelo, d es el diámetro medio de las semillas y D es el diámetro medio de los gránulos.

Preferiblemente, dicha segunda parte del flujo de entrada se usa para generar la cantidad total de semillas sólidas alimentadas al lecho fluido, y el flujo de salida de gránulos sólidos no se usa adicionalmente para generar semillas; sin embargo, no se excluye la opción de usar los gránulos producidos para generar semillas.

Según un aspecto de la invención, el líquido de crecimiento contenido en dicha segunda parte del flujo de entrada se solidifica en un procedimiento adecuado y conocido en sí mismo, fuera del lecho fluido en el que tiene lugar la granulación, obteniendo semillas sólidas que después se alimentan a zona(s) apropiada(s) del propio lecho fluido.

Según una realización, la segunda parte del flujo de entrada se solidifica depositando gotas de líquido en una cinta transportadora enfriada, según una técnica conocida en sí misma, obteniendo pastillas sólidas con un diámetro adecuado (por ejemplo, 2 mm o menos) que constituyen las semillas del procedimiento de granulación. Según otra realización, dicha segunda parte del flujo de entrada se alimenta a una torre de formación de perlas vertical. El procedimiento llevado a cabo en dicha torre de formación de perlas puede comprender por ejemplo las siguientes etapas: se produce un fluido hacia abajo de pequeñas gotitas de líquido alimentando el flujo de entrada de líquido a un dispositivo de formación de perlas tal como uno o más cubos de formación de perlas o duchas de formación de perlas encima de la torre; se establece un flujo de aire de enfriamiento en el interior de la torre, de modo que las gotitas que caen por la torre se enfrían y solidifican; se toman perlas sólidas de la parte inferior de la torre y se usan como semillas para la granulación en lecho fluido.

La primera parte del flujo de entrada se alimenta directamente a zona(s) apropiada(s) del lecho fluido y en una forma adecuada, tal como atomizada o pulverizada.

En una primera realización, el procedimiento se lleva a cabo en un lecho fluido sustancialmente horizontal (longitudinal), entrando la primera parte de flujo de entrada en el lecho fluido a lo largo de una línea de alimentación longitudinal continua en uno o ambos lados del mismo lecho fluido.

En una segunda realización, el flujo de fluido de entrada se alimenta de una manera discontinua, es decir, en zonas de alimentación predeterminadas, alineadas en una dirección de flujo principal del lecho fluido, y alternas a zonas sin alimentación del lecho fluido en las que no se alimenta el flujo de fluido de entrada. Dichas zonas de alimentación actúan sustancialmente como zonas de humectación del material particulado por el flujo de entrada, y dichas zonas sin alimentación actúan sustancialmente como zonas de secado y consolidación de las partículas en crecimiento. Esto será más evidente con la ayuda de la descripción detallada dada a continuación.

Preferiblemente, se induce y se mantiene una condición de vórtice en el lecho fluido. Por consiguiente, se proporciona un flujo de fluidificación de un medio gaseoso, tal como aire, al lecho fluido de una manera no homogénea con el fin de formar y mantener la condición de vórtice. Más preferiblemente, el flujo de entrada se alimenta por debajo de la superficie libre del lecho fluido e, incluso más preferiblemente, en la proximidad de dicha superficie libre de dicho lecho fluido.

Según una realización preferida de la invención, y gracias también a la adopción de la configuración de lecho fluido descrita anteriormente, la salida del lecho fluido puede tomarse directamente como el producto final, sin tamizado/separación de los gránulos.

La condición de vórtice del lecho fluido puede realizarse con un vórtice transversal o una disposición de vórtice transversal doble, lo que significa que el vórtice tiene un eje sustancialmente paralelo a una dirección de flujo principal del lecho fluido.

Un objeto de la invención también es un granulador de lecho fluido adaptado para funcionar según el procedimiento anterior. Más detalladamente, un objeto de la invención es un granulador de lecho fluido que comprende al menos un depósito para un lecho fluido y medios de alimentación de un flujo de entrada que contiene una sustancia de crecimiento adecuada, caracterizado porque dichos medios de alimentación comprenden primeros medios de alimentación para alimentar directamente el lecho fluido con el líquido de crecimiento, y segundos medios de alimentación conectados a un generador de semillas, estando la salida de dicho generador de semillas conectada al lecho fluido.

Dicho generador de semillas puede estar dispuesto, por ejemplo, como una cinta transportadora enfriada o una torre de formación de perlas compacta.

La invención provee que se generen semillas para el procedimiento de granulación directamente a partir del flujo de entrada "fresco" que contiene el líquido de crecimiento, es decir, tomando una parte de dicho líquido, solidificando esa parte en forma de gránulos o pastillas esféricos pequeños, y alimentándolos al lecho fluido hacia abajo, en lugar de tomar gránulos sólidos de desecho de la salida del lecho fluido, triturarlos al tamaño requerido, si es apropiado, y realimentarlos al lecho fluido.

Se ha encontrado que esta manera de producir las semillas permite obtener gránulos que se aproximan de manera más cercana a la forma esférica ideal, debido a una forma más regular de las semillas, y por tanto obtener un producto final mejor. En particular, la combinación de generación de semillas a partir del líquido de crecimiento fresco, y el lecho fluido con vórtice transversal tal como se dio a conocer anteriormente, es muy eficaz y permite tomar directamente la salida del lecho fluido como el producto final, sin la necesidad de un separador o, en todo caso, con un desecho insignificante. El diseño del sistema también se simplifica, especialmente aguas abajo del granulador de lecho fluido, sin la necesidad de los sistemas para triturar y/o recircular gránulos de desecho.

Las realizaciones anteriores del lecho fluido, especialmente el lecho fluido con zonas de alimentación alternas a zonas sin alimentación, producen gránulos sustancialmente monodispersados (es decir, gránulos polidispersados en un intervalo muy pequeño), dando por tanto un producto directamente comercializable. Esto es una ventaja sustancial sobre procedimientos de la técnica anterior, en los que un producto comercial comparable sólo puede

obtenerse tamizando la salida del granulador, y recirculando aproximadamente el 30-35% de dicha salida como gránulos de tamaño insuficiente o excesivo molidos.

5 Características adicionales y las ventajas de la invención se mostrarán mejor a partir de la descripción de realizaciones ilustrativas y no limitativas de un procedimiento de granulación según la invención, realizándose dicha descripción a continuación en el presente documento con referencia a los dibujos incluidos.

Descripción de los dibujos

La figura 1 es un esquema de un aparato de granulación que funciona según la invención.

Las figuras 2 y 3 son esquemas de un componente del aparato de la figura 1, según realizaciones alternativas.

10 Las figuras 4 y 5 son una vista y una sección longitudinal del granulador de lecho fluido del aparato de la figura 1, según una realización de la invención.

La figura 6 es una sección transversal del granulador de las figuras 4 y 5, que muestra el vórtice del lecho fluido.

La figura 7 es una sección transversal de una variante del granulador de las figuras 4 y 5.

Las figuras 8 y 9 son una vista y una sección longitudinal del granulador de lecho fluido de aparato de la figura 1, según otra realización de la invención.

15 La figura 10 es un esquema de un aparato de granulación que funciona según la técnica conocida.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

Con referencia a la figura 1, se lleva a cabo un procedimiento según la invención formando un lecho fluido de un material particulado en el interior de un granulador 1, alimentado con un flujo de entrada F de un líquido de crecimiento apropiado por medio de una línea de alimentación 30.

20 La línea de alimentación 30 está dividida en una primera línea 31 conectada al granulador 1 y una segunda línea 32 conectada a un generador de semillas 33. Preferiblemente, la primera línea 31 transporta una parte de flujo principal F1 del flujo de entrada F, mientras que una parte secundaria F2 se alimenta al generador de semillas 33 por medio de la línea 32.

25 La parte de flujo F1 del líquido de crecimiento se alimenta al lecho fluido formado en el interior del granulador 1 a lo largo de una línea longitudinal de alimentación 34, en uno o ambos lados del propio granulador 1, de manera continuada o en zonas diferenciadas seleccionadas.

30 La salida del generador de semillas 33 es un flujo S1 de pastillas o gránulos sólidos, obtenidos por la solidificación del líquido de crecimiento, o de la sustancia que va a granularse contenida en dicho líquido. Dicho flujo S1 de pastillas o gránulos sólidos se alimenta desde el generador 33 hasta el granulador 1 por medio de la línea 35. Las semillas producidas en dicho generador 33 son de un tamaño apropiado para servir como semillas en el lecho fluido, por ejemplo esferas que tienen un diámetro de aproximadamente 1 - 1,5 mm o menos.

La salida 36 del granulador 1 puede estar conectada a unos medios para tamizar o separar los gránulos sólidos, o puede tomarse directamente como el producto final de la granulación.

35 Preferiblemente, la parte de flujo F2 es tal que la razón entre dicha parte de flujo F2 y el flujo de entrada total F es igual a d^3/D^3 , en la que d es el diámetro medio de semillas producidas en el generador 33 y alimentadas al granulador 1, y D es el diámetro medio de los gránulos sólidos obtenidos en la salida 36 del granulador 1. Dicho de otro modo, y haciendo referencia a la figura 1, la razón entre velocidad de flujo a través de la línea 32 y velocidad de flujo a través de la línea 30 es igual a d^3/D^3 tal como se definió anteriormente.

40 La figura 2 muestra, de manera simplificada, una realización del generador de semillas 33. La parte de flujo F2 de líquido de crecimiento, a través de la línea 32, se alimenta a un formador rotatorio 40, que deposita pequeñas gotitas en la superficie externa de una cinta de acero enfriada 41. La superficie interna opuesta de la cinta 41 se enfría mediante un circuito de enfriamiento interno, por ejemplo mediante un pulverizador 42 conectado a una alimentación de agua de enfriamiento 43 y un retorno 44. La superficie enfriada de la cinta 40 fomenta la solidificación del líquido, formando pastillas sólidas que se toman de una sección de descarga 45, en el extremo opuesto del formador rotatorio 40, y forma el flujo de salida S1 del generador 33 dirigido al granulador 1.

45 La figura 3 es un boceto de otra realización del generador 33, realizada como una torre de formación de perlas compacta. Más detalladamente, el generador 33 de esta otra realización comprende una torre vertical 50 con un cubo de formación de perlas 51 instalado en la parte superior. El cubo 51 tiene una pared lateral perforada y está conectado a un árbol de accionamiento para la rotación alrededor del eje vertical. La parte L2 de líquido de crecimiento se alimenta al cubo 51, produciendo un flujo 60 de pequeñas gotitas, expulsadas por la pared lateral perforada del cubo 51 y que fluyen hacia abajo a la parte inferior de la torre 50.

Entra aire de enfriamiento 61 en la torre 50 en un conducto inferior 52 y sale en un conducto de descarga superior 53, fluyendo por tanto a contracorriente con respecto al flujo de gotitas 60. Las gotitas se solidifican por la acción de dicho aire de enfriamiento, y se toman en una salida inferior 54 de la torre 50, formando el flujo de semillas 35.

5 Debe observarse que los sistemas anteriores se conocen en sí mismos, y por tanto no se describen con mayor detalle. En otras realizaciones (no mostradas), la torre de formación de perlas de la figura 3 puede estar equipada con una o más duchas de formación de perlas, tales como duchas por vibración, que se conocen en sí mismas y por tanto no se describen con detalle; además, el flujo de enfriamiento en el interior de la torre puede ser en equicorriente con las gotitas de líquido.

Ahora se describirá el granulador de lecho fluido 1 con referencia a realizaciones preferidas.

10 En una primera realización de las figuras 4 a 7, el granulador de lecho fluido 1 comprende esencialmente un depósito horizontal 2 con: una parte inferior 3, permeable a gas, por ejemplo compuesta por un elemento perforado; dos paredes laterales alargadas opuestas 4, 5; una pared de cabecera 6 y una pared de descarga 7.

15 La pared de descarga 7 está dotada de una abertura superior 8 para descargar el producto final (granulado) y fijar la altura máxima del lecho fluido. Pueden usarse otros medios de descarga apropiados tales como, por ejemplo, una válvula automática accionada por el nivel de lecho fluido.

Un alimentador 9 está instalado en el lado superior de la pared de cabecera 6, que recibe el flujo S1 de semillas producido en dicho dispositivo 33, y que proporciona una distribución uniforme de las semillas a lo largo de la pared de cabecera 6. El alimentador 9 es convencional en sí mismo y por tanto no es necesario describirlo con detalle.

20 Un sistema de soplado (no mostrado) está instalado por debajo del depósito 2, produciendo un flujo de aire A que crea y mantiene el estado de lecho fluido de material particulado, que comprende semillas y gránulos, en el interior del depósito 2, así como un vórtice continuo que tiene un eje sustancialmente horizontal. Con este fin, la parte inferior 3 del depósito está perforada y está dotada preferiblemente de medios convencionales adecuados para obtener una distribución no homogénea del flujo de aire A en el depósito 2 (por ejemplo, dividiendo dicho flujo A en fracciones que tienen velocidades diferentes o variando la dirección de entrada de un flujo de este tipo en el lecho fluido), para crear y mantener un vórtice en el lecho fluido.

Además, las semillas S1 pueden precalentarse ventajosamente por el flujo de aire A.

30 La descarga continua a través de la abertura 8, contrarrestada por la alimentación continua de semillas S1, determina un flujo principal longitudinal o "vena de fluido" del lecho fluido, desde la pared de cabecera 6 hacia la pared opuesta 7, estando la superficie libre P ligeramente inclinada hacia abajo en la dirección del lecho fluido (figura 5). Según esta configuración, las semillas S1 sólo están ubicadas próximas a la cabecera del granulador 1 (pared 6) mientras que en la parte restante del lecho fluido se forma por los gránulos en crecimiento progresivo.

35 Un líquido de crecimiento L atomizado y mezclado con aire se introduce en el depósito 2 por medio de un distribuidor lateral 10, ligeramente por debajo de la superficie libre P del lecho fluido. El líquido de crecimiento L puede alimentarse en forma atomizada y relativamente diluido en un disolvente. Por ejemplo, en el caso de gránulos de urea, el líquido de crecimiento atomizado puede contener urea fundida a desde el 94% en peso hasta cerca del 100% en peso (porcentaje en peso), siendo el resto agua (disolvente).

40 El distribuidor 10 se extiende a lo largo de toda la longitud del depósito 2, proporcionando un suministro continuo y distribuido de líquido L, transversal con respecto al flujo de la vena de fluido. Dicho de otro modo, el lecho fluido se alimenta a lo largo de una línea de alimentación continua horizontal (línea 34 de la figura 1) correspondiente al distribuidor lateral 10.

Debido a la disposición anterior, se forma un vórtice continuo V y se mantiene en el lecho fluido (figura 6). El vórtice V es transversal, es decir, con el eje sustancialmente paralelo a la longitud del depósito 2 y, por tanto, a la dirección del flujo principal (vena de fluido) a través del lecho fluido.

45 El distribuidor puede estar equipado con un distribuidor lateral 10 o dos distribuidores 10a y 10b en lados opuestos (figura 7) con entradas de líquido L y L1, obteniendo la alimentación del lecho fluido en dos líneas de alimentación opuestas y paralelas, y una configuración del propio lecho fluido con una disposición de vórtice doble, concretamente un vórtice V1 extendido sustancialmente en una parte derecha del lecho fluido y otro vórtice V2 opuesto extendido sustancialmente en la parte izquierda. Los sentidos de rotación de los vórtices V1 y V2 son opuestos.

50 Las figuras 6 y 7 también muestran zonas superiores Z1 del lecho fluido, en las que se humedecen semillas mediante el líquido atomizado L y tiene lugar la evaporación de un posible disolvente contenido, y zonas inferiores Z2 en las que tiene lugar la solidificación y consolidación del líquido de crecimiento.

Otros detalles del granulador de lecho fluido 1 pueden proporcionarse según los documentos WO 02/074427 o WO 2005/097309, que se incorporan en el presente documento como referencia.

- Las figuras 8 y 9 se refieren a otra realización, en la que el lecho fluido se alimenta en zonas predeterminadas diferenciadas. Más detalladamente, el granulador 1 comprende una pluralidad de distribuidores 10 que abarcan la longitud de una o ambas paredes laterales 4, 5 y a una altura predispuesta desde la parte inferior 3, por debajo de la superficie libre P del lecho fluido. Dichos distribuidores 10 proporcionan una alimentación del lecho fluido en zonas diferenciadas Z', alternas a zonas sin alimentación Z".
- Más detalladamente, cada distribuidor 10 alimenta el líquido de crecimiento L a una zona de alimentación correspondiente Z' del lecho fluido que abarca sustancialmente toda la extensión transversal del depósito 2, y que está delimitada longitudinalmente por partes de las paredes laterales alargadas 4 y 5 que soportan el distribuidor respectivo 10. Dichas zonas Z' se alternan con zonas sin alimentación Z" que también abarcan sustancialmente toda la extensión transversal del depósito 2 y que están delimitadas longitudinalmente por partes de las paredes laterales alargadas 4, 5 que separan dos distribuidores sucesivos 10.
- El procedimiento se inicia y termina preferiblemente en zonas sin alimentación Z", concretamente se inicia en una zona Z" próxima a la pared de cabecera 6, y se termina en una zona última Z" cercana a la pared de descarga 7.
- También se prefiere una zona sin alimentación Z" cercana a la pared de cabecera 6 (es decir, en la ubicación de las semillas S1) para establecer un vórtice regular para las semillas S1 antes de que se humedezcan por el fluido de crecimiento.
- Otras características del granulador de las figuras 8 y 9, que incluyen un sistema de soplado de aire A para mantener el estado de lecho fluido, y la provisión de condición de vórtice tal como se observa en las figuras 6 ó 7, pueden proporcionarse sustancialmente según las divulgaciones citadas anteriormente de los documentos WO 02/074427 y WO 2005/097309.
- Ahora se describe brevemente el procedimiento de granulación que se lleva a cabo mediante el lecho fluido.
- En condiciones de estado estacionario, semillas y gránulos en crecimiento en el interior del depósito 2 se mantienen en una condición fluidificada (lecho fluido) mediante un flujo de aire A, que atraviesa la parte inferior 3 y se distribuye en el interior del lecho de una manera no homogénea para crear y mantener el vórtice V.
- El nivel del lecho fluido se determina por la descarga a través de la abertura 8 o una válvula de descarga automática, que sigue el flujo principal desde la pared de cabecera 6 hacia la pared opuesta 7.
- Debe observarse además que el aire A lleva a cabo un intercambio térmico con los gránulos en crecimiento que forman tal lecho fluido calentándose progresivamente. De hecho, el aire A retira el calor de solidificación de un fluido de crecimiento alimentado sobre las semillas S1 y sobre los gránulos en crecimiento.
- Las partículas de lecho fluido (gránulos o semillas) ubicadas en la capa superior del lecho fluido chocan y se humedecen muchas veces con las partículas de líquido de crecimiento atomizado del flujo L, con una solidificación de la sustancia y una evaporación parcial del disolvente que puede estar en el interior de dicho líquido de crecimiento. Como consecuencia, la temperatura de los gránulos se incrementa en la zona relativa (superior) del lecho fluido.
- Haciendo referencia por ejemplo a la figura 6, los gránulos "humedecidos" se empujan hacia la pared opuesta 4 y se desvían de manera natural hacia la parte inferior 3 del depósito 2, bajo la acción del vórtice V. En el transcurso hacia la parte inferior 3, los gránulos abandonan la capa caliente superior del lecho fluido atravesando capas progresivamente más frías. Durante este transcurso el líquido de crecimiento se solidifica y se consolida en la superficie de los gránulos. Esta etapa se completa durante el transcurso de los gránulos, hacia la pared 5; luego, los gránulos se derivan desvían cerca de la pared 5 y de nuevo hacia la capa caliente superior del lecho fluido (figura 6).
- El transcurso descrito anteriormente se repite sustancialmente y las etapas de humectación, solidificación y evaporación se repiten con un incremento de masa y volumen progresivo, durante la trayectoria desde la pared 6 hasta la pared 7 inducida por la vena de fluido (figura 5).
- La realización de la figura 7 hace posible duplicar sustancialmente el rendimiento de producción del granulador, al tiempo que se mantiene la misma longitud de depósito y condiciones de funcionamiento del lecho fluido.
- Con referencia al granulador de las figuras 8 y 9, las zonas sin alimentación Z" (alternas a las zonas "de humectación" Z') proporcionan un secado de los gránulos mediante el flujo de aire A, lo que permite la evaporación sustancial del disolvente residual del líquido en crecimiento y la recuperación del calor de solidificación, obteniendo de ese modo una consolidación adicional para los gránulos en crecimiento que mejora ventajosamente sus propiedades mecánicas, en particular su dureza.
- Puede mencionarse que las partículas de lecho fluido ganan volumen y masa atravesando cada zona Z', en la que se someten a la humectación y solidificación del líquido de crecimiento; la zona Z" alterna posterior proporciona un secado sustancial y etapas de consolidación para incrementar la dureza del producto. Esta realización de la invención con zonas de alimentación y sin alimentación Z', Z" se prefiere particularmente dado que los gránulos

5 producidos están sustancialmente monodispersados, obteniendo por tanto un producto directamente comercializable, es decir, la línea de salida 36 (figura 1) puede estar dirigida al almacenamiento del producto final, sin tamizado. De todos modos, puede proporcionarse un tamizado, pero el desecho será muy escaso. Debe observarse que la presente invención, en este caso, elimina la necesidad de usar una parte del producto final para la producción de semillas, es decir el procedimiento en conjunto es más eficaz.

10 Se obtienen resultados particularmente satisfactorios en el campo de granulación de urea alimentando el flujo L que comprende el líquido de crecimiento (disolución de urea), en las zonas Z' del lecho fluido, a una velocidad de entre 2 y 50 m/s, a través de una sucesión de 2 a 20 distribuidores 10 a lo largo de una única pared lateral alargada del granulador 1. La separación de distribuidores entre distribuidores consecutivos puede ser igual o diferente dependiendo de la sustancia que va a granularse y está preferiblemente en el orden de magnitud de la longitud de distribuidor. Se obtuvo un producto final con el 90% de los gránulos que medían desde 2 hasta 4 mm de diámetro.

15 Junto con la posibilidad de obtener un producto final de granulometría adecuada, es decir, directamente comercializable, la invención permite reducir sustancialmente la inversión y los costes de mantenimiento, así como el consumo de energía, de la planta de granulación correspondiente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de granulación en lecho fluido de una sustancia dada, que comprende las etapas de:
 - proporcionar un lecho fluido de un material particulado que comprende gránulos de dicha sustancia y partículas sólidas de una sustancia apropiada que sirven como semillas para el procedimiento de granulación;
 - alimentar un flujo de entrada (F) que comprende un líquido de crecimiento (L) que contiene dicha sustancia, a dicho procedimiento;
 - alimentar un flujo (S1) de dichas semillas al interior del lecho fluido, para fomentar el crecimiento de gránulos y para mantener la masa fluidificada;
 - tomar un flujo de gránulos sólidos como salida del procedimiento llevado a cabo en el lecho fluido;
 caracterizado porque una primera parte (F1) de dicho flujo de entrada (F) se alimenta directamente al lecho fluido, y una segunda parte (F2) de dicho flujo de entrada (F) se usa para generar al menos una parte de dicho flujo (S1) de semillas.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha segunda parte (F2) es una parte secundaria de dicho flujo de entrada.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la razón entre dicha segunda parte (F2) y el flujo de entrada (F) es igual a d^3/D^3 , en la que d es el valor medio de una dimensión caracterizadora de dichas semillas y D es el valor medio de una dimensión caracterizadora de los gránulos sólidos obtenidos en la salida del lecho fluido.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha segunda parte (F2) del flujo de entrada se solidifica depositando gotas de líquido en un cinta transportadora enfriada (41), obteniendo pastillas sólidas con un diámetro adecuado.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha segunda parte (F2) del flujo de entrada se solidifica en una torre de formación de perlas (50).
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha segunda parte (F2) de flujo de entrada se usa para generar el flujo completo (S1) de semillas al lecho fluido.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el flujo de salida (36) del lecho fluido se toma directamente como producto final de la granulación, sin tamizado ni separación adicionales de gránulos de desecho.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha primera parte (F1) del flujo de fluido de entrada se alimenta al lecho fluido a lo largo de una línea de alimentación longitudinal continua (34) en uno o ambos lados del lecho fluido.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 8, en el que dicha primera parte (F1) del flujo de fluido de entrada se alimenta al lecho fluido en zonas de alimentación diferenciadas y predeterminadas (Z'), alineadas en una dirección de flujo principal del lecho fluido, y alternas a zonas sin alimentación (Z'') del mismo lecho fluido, actuando dichas zonas de alimentación (Z') sustancialmente como zonas de humectación del material particulado mediante el flujo de fluido, y actuando dichas zonas sin alimentación (Z'') sustancialmente como zonas de secado y consolidación de las partículas en crecimiento.
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se induce una condición de vórtice y se mantiene en el lecho fluido; con un vórtice transversal (V) o una disposición de vórtice transversal doble (V1, V2), siendo el eje del vórtice (V; V1, V2) sustancialmente paralelo a una dirección de flujo principal del lecho fluido.
11. Aparato de granulación, adaptado para funcionar según el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende al menos un granulador (1) en el que se forma y se mantiene dicho lecho fluido, y medios de alimentación (30) de un flujo de entrada (F) que contiene un líquido de crecimiento, caracterizado porque dichos medios de alimentación comprenden primeros medios de alimentación (31) para alimentar directamente el granulador (1) con el líquido de crecimiento, y segundos medios de alimentación (32) conectados a un generador de semillas (33), estando dicho generador (33) adaptado para convertir una parte de dicho flujo de entrada (F) en semillas sólidas (S1), estando la salida de dicho generador de semillas (33) conectada al granulador (1) y alimentando dichas semillas (S1) a dicho granulador.

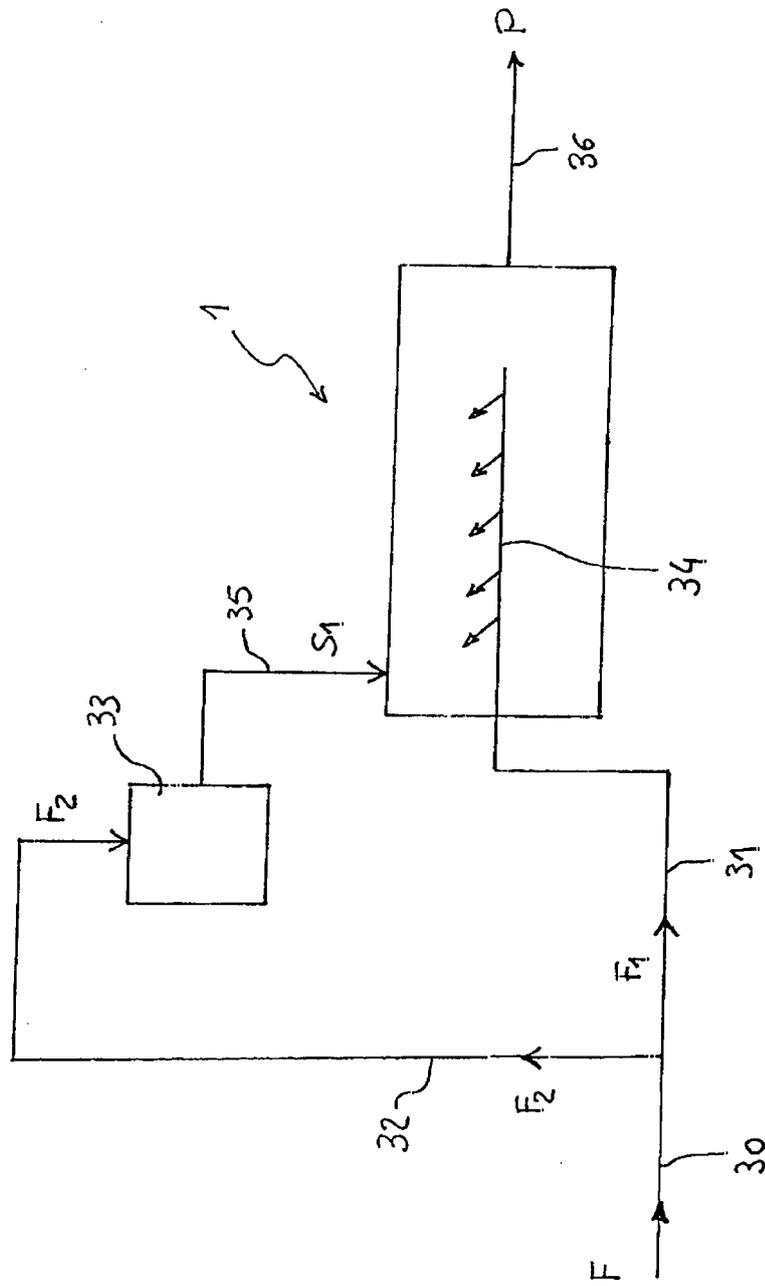


FIG. 1

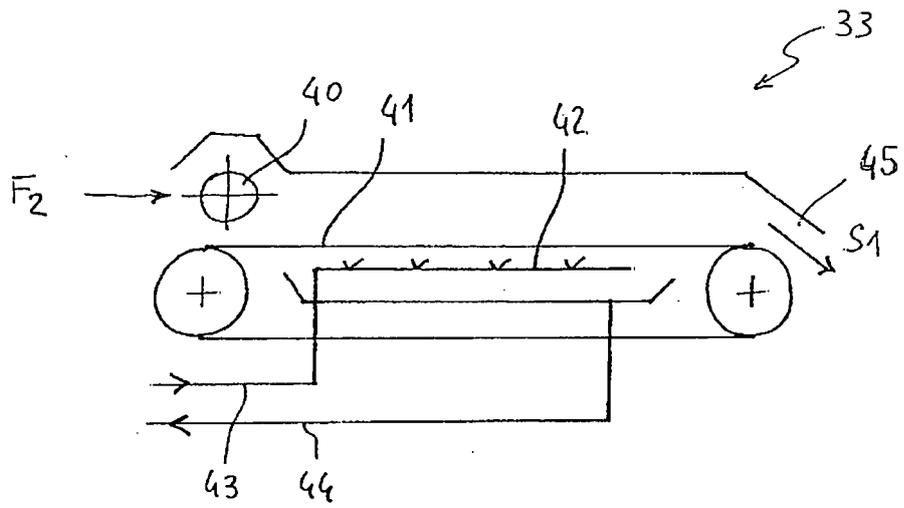


FIG. 2

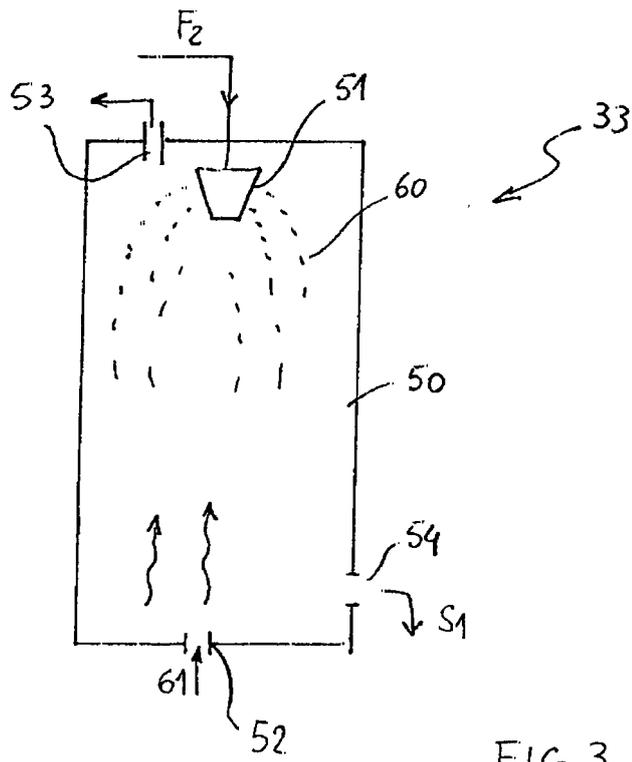
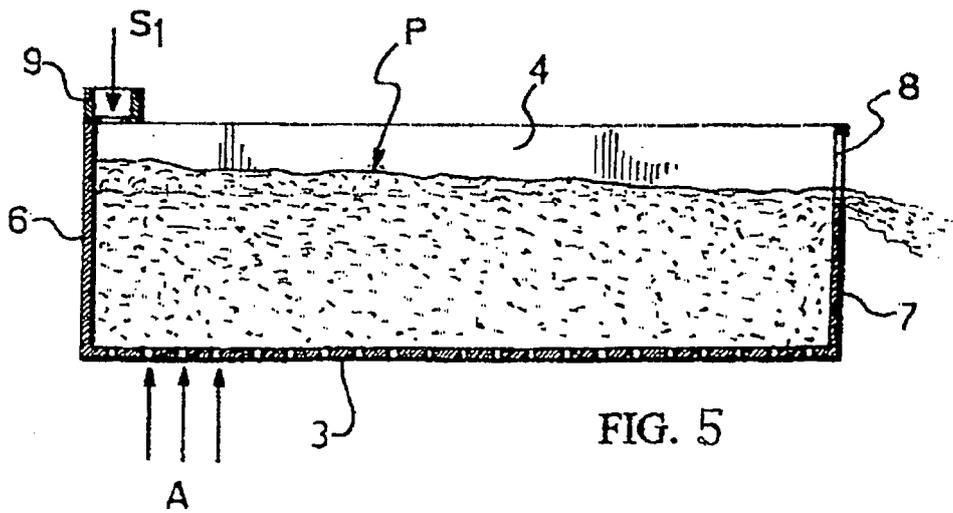
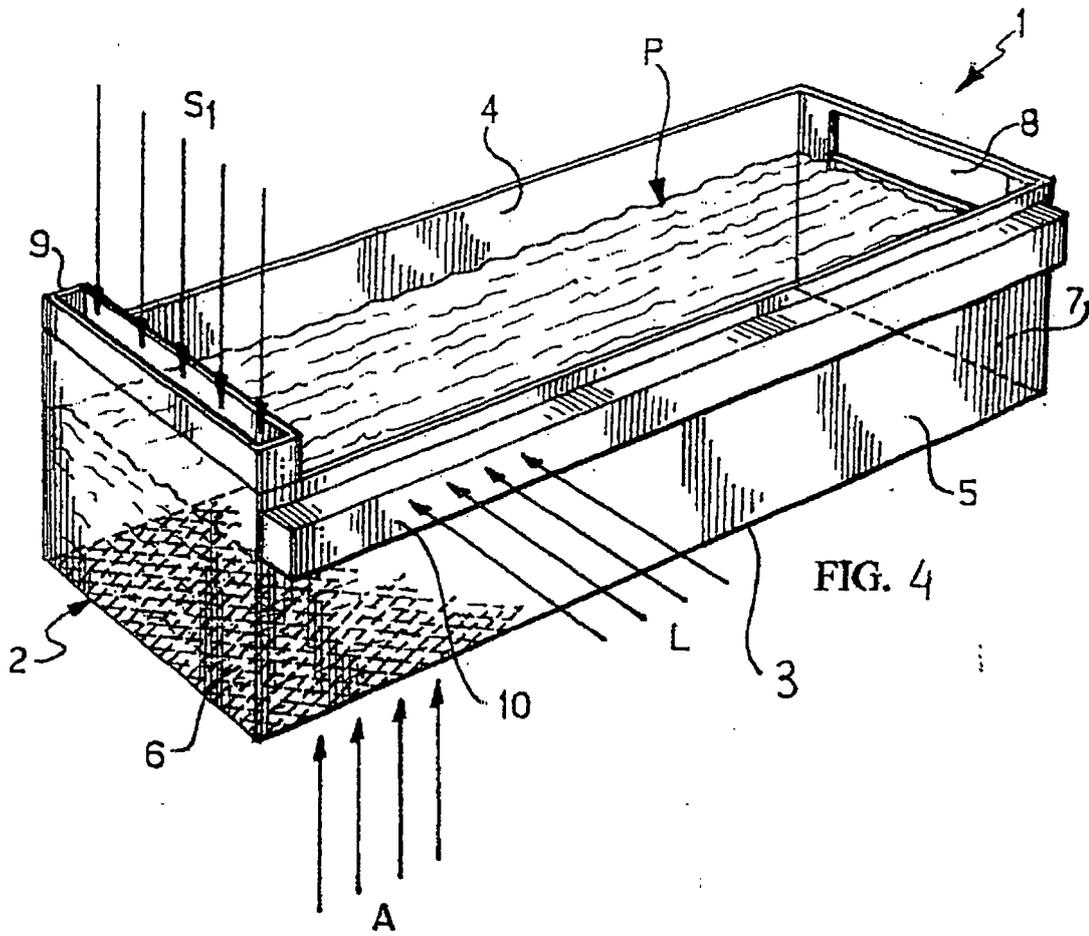


FIG. 3



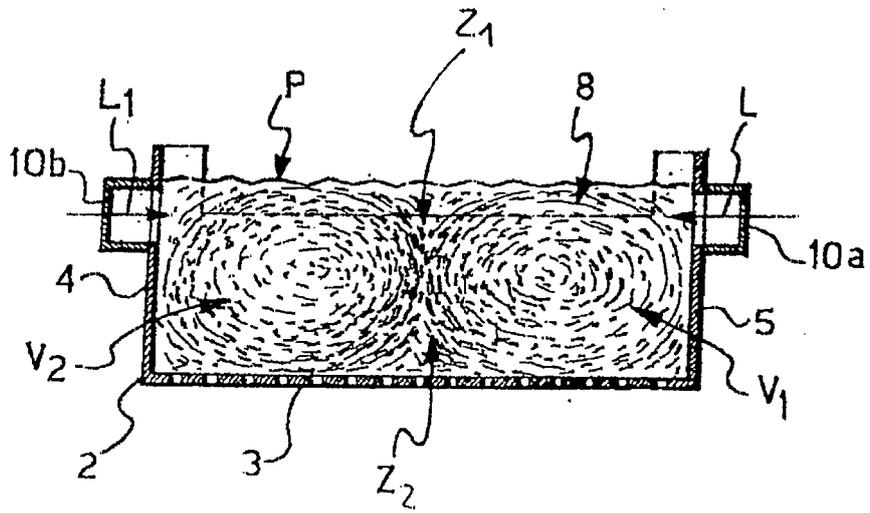
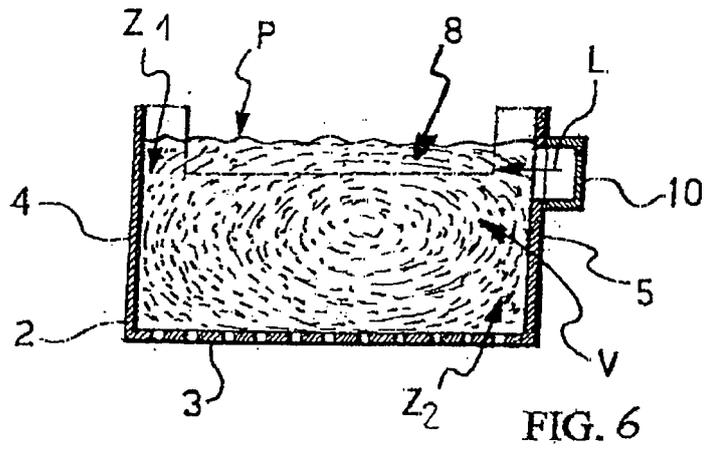
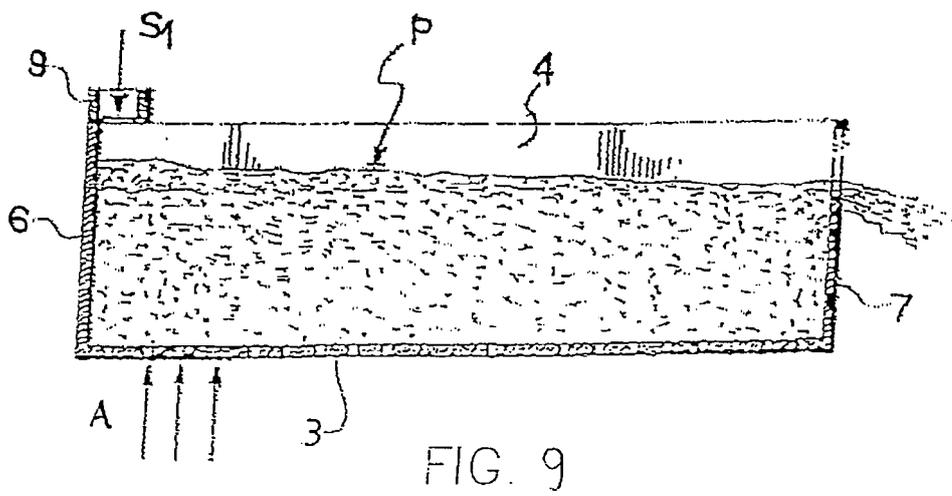
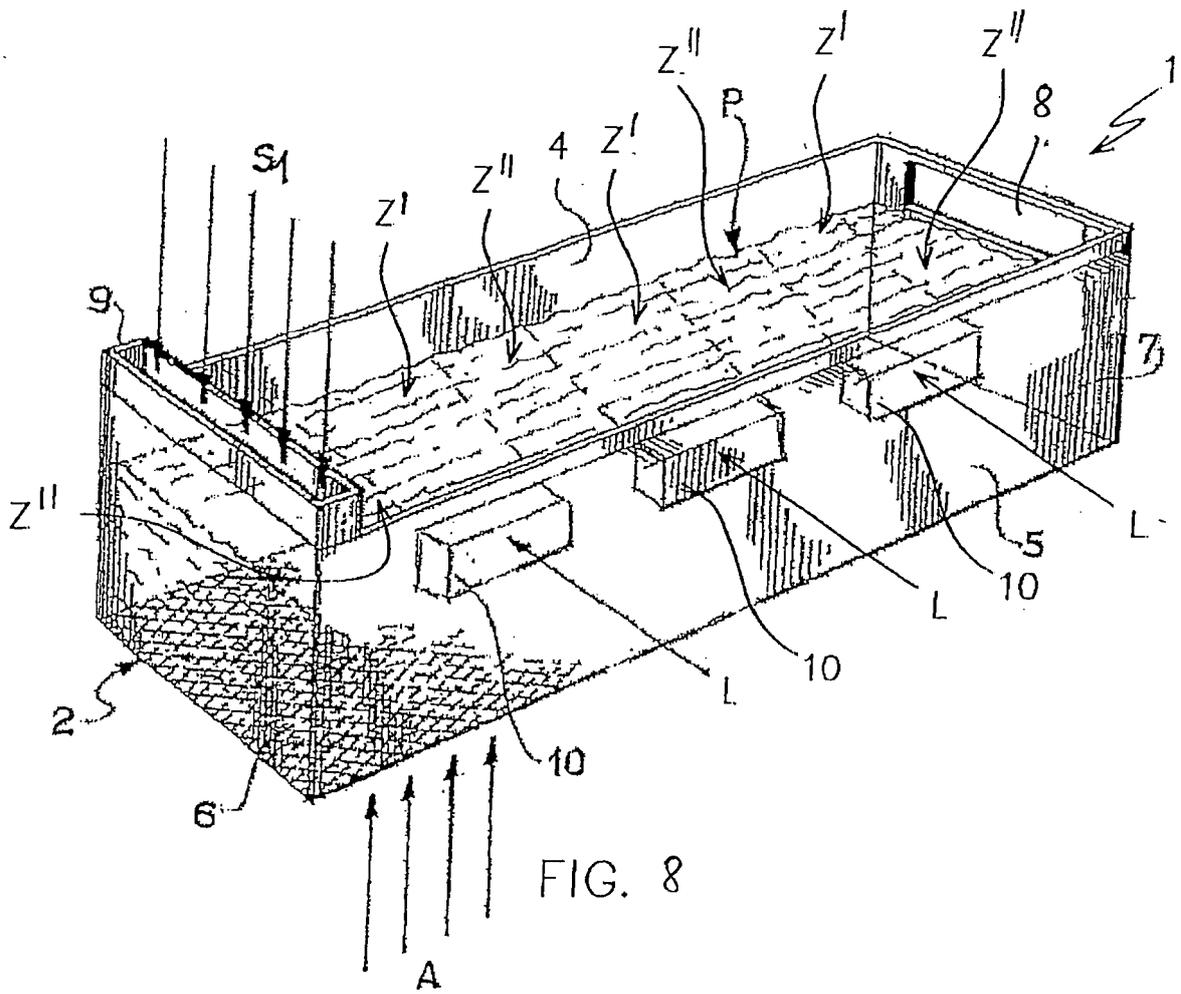


FIG. 7



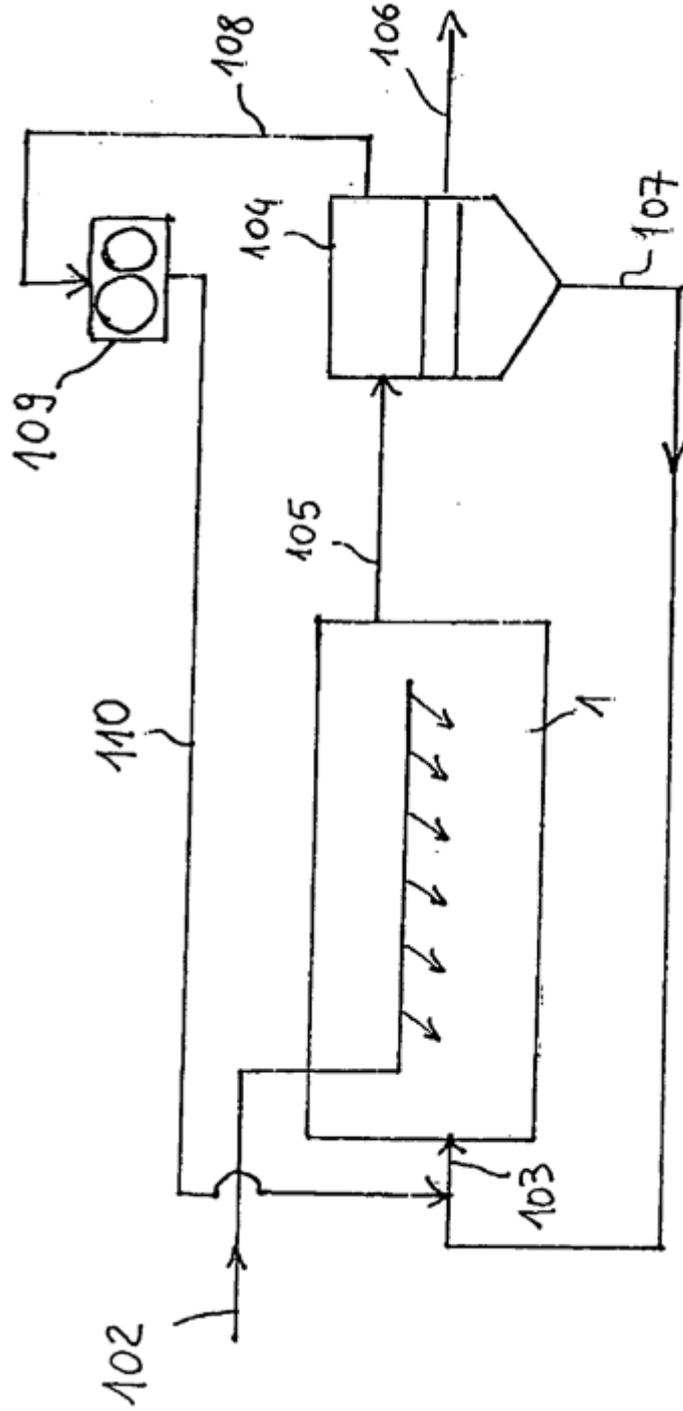


FIG 10 (TÉCNICA ANTERIOR)