

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 610**

51 Int. Cl.:

C10L 9/08 (2006.01)

C01B 32/05 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2012 PCT/EP2012/056550**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.10.2012 WO12140060**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2012 E 12714679 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 2697341**

54 Título: **Procedimiento para realizar una carbonización hidrotermal y tanque de reacción correspondiente**

30 Prioridad:
11.04.2011 DE 102011001954

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.04.2019

73 Titular/es:
**AVA BIOCHEM AG (100.0%)
Bahnhofstrasse 17
6300 Zug, CH**

72 Inventor/es:
**ACHERMANN, PETER y
VYSKOCIL, JAN**

74 Agente/Representante:
CAÑADAS ARCAS, Dolores

ES 2 707 610 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 para realizar una carbonización hidrotermal y tanque de reacción correspondiente

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para realizar una reacción de carbonización hidrotermal, en el que se alimenta biomasa a una cámara de reacción y mediante inyección de vapor se crean las condiciones de reacción necesarias, en cuanto a presión y temperatura, para el desarrollo de una reacción de carbonización hidrotermal, así como a un tanque de reacción para realizar este procedimiento. Un procedimiento de este tipo y un dispositivo para llevarlo a cabo ya se conocen del documento alemán abierto a inspección pública DE 10 2007 10 022 840 A1. Este procedimiento prevé que en una cadena de reacción se realice, en primer lugar, una etapa de tratamiento previo, tras la cual la biomasa tratada previamente, que en este caso se calienta previamente, se conduce a una cámara de reacción. Durante el transporte de la biomasa desde el recipiente de calentamiento previo a la cámara de reacción con la ayuda de una bomba de alimentación se realiza un aumento de presión. A la biomasa que llega a la cámara de reacción se la somete entonces a un aumento de presión adicional y se le aplica vapor, en particular, vapor de agua, para crear las condiciones de reacción para una carbonización hidrotermal. El documento WO 2010/092040 A1 da a conocer otro procedimiento para una carbonización hidrotermal. Los parámetros de proceso esenciales necesarios para el desarrollo de la reacción de carbonización hidrotermal son una presión suficiente en el entorno de aprox. 25 bar y una temperatura superior a 180°C, preferentemente entre 210 y 230°C. Sin embargo, en este caso existe el problema de que la biomasa alimentada a la cámara de reacción presenta una cierta capacidad calorífica y, por tanto, los parámetros de reacción se alcanzan en primer lugar en las zonas exteriores, y luego, con un retraso considerable, en las zonas interiores de la biomasa alimentada, de forma que la reacción de carbonización tiene lugar en primer lugar externamente y luego, con un retraso considerable, internamente.
- 25 Para evitarlo se conoce prever dispositivos de mezcla tipo batidora dentro de la cámara de reacción para lograr una distribución uniforme de la temperatura o la presión en la biomasa. No obstante, esta forma de proceder solo acelera la reacción de carbonización o la reacción completa de toda la biomasa de forma muy reducida.
- 30 Para aumentar el rendimiento de un reactor y poder aprovechar mejor la energía necesaria para mantener la presión y la temperatura, la presente invención se basa en el objetivo de mejorar aún más el procedimiento para realizar una reacción de carbonización hidrotermal.
- 35 Esto se consigue mediante un procedimiento para realizar una reacción de carbonización hidrotermal según las características de la reivindicación principal, así como mediante un tanque de reacción de una instalación para la carbonización hidrotermal de biomasa según las características de la reivindicación secundaria 10. Otras realizaciones razonables del procedimiento y del tanque de reacción se describen en las respectivas reivindicaciones dependientes.
- 40 La idea básica en que se basa la invención consiste en distribuir la biomasa en la cámara de reacción de la forma más uniforme y más fina posible, de forma que la reacción de carbonización hidrotermal tenga lugar, por un lado, de la forma más simultánea posible en toda la biomasa y, por tanto, reduciendo la duración total del tratamiento de un lote de la forma más amplia posible y, por otro lado, de forma que la reacción de carbonización tenga lugar de la forma más completa posible en toda la biomasa para aumentar de la forma más amplia posible el rendimiento.
- 45 Para ello, en este caso se trabaja introduciendo simultáneamente el vapor necesario con la biomasa en la cámara de reacción. En este caso, la biomasa se pone en contacto con el chorro de vapor, de forma que, debido a la energía cinética del chorro de vapor, se produce un arremolinamiento de la biomasa en la cámara de reacción, que, debido a la energía térmica también presente en el chorro de vapor, también conduce a un calentamiento de la biomasa hasta la temperatura necesaria. Simultáneamente, o también de forma independiente de ello, puede tener lugar un aumento de la presión en la cámara de reacción para, de este modo, crear los parámetros ambientales necesarios para el desarrollo de la reacción de carbonización hidrotermal. Orientando el chorro de vapor directamente hacia la biomasa y mediante el arremolinamiento de esta en la cámara de reacción se produce, por un lado, una distribución uniforme de la biomasa en la cámara de reacción y, por otro lado, una fragmentación adicional de la biomasa, de forma que la superficie de la biomasa a carbonizar aumenta considerablemente. De este modo crece también la superficie de ataque para la presión y la temperatura, de forma que la reacción de carbonización puede tener lugar de forma ampliamente simultánea en toda la biomasa.
- 60 En particular, para ello puede utilizarse un tanque de reacción que presenta diferentes tipos de boquillas de inyección para inyectar el vapor. Un primer tipo de boquillas de inyección están colocadas tangencialmente a un eje longitudinal de la cámara de reacción, dispuesto vertical, de forma que estas causan un arremolinamiento circular de la biomasa dentro de la cámara de reacción. Estas boquillas de inyección tangenciales puede estar dispuestas, por ejemplo, en un plano y orientadas en cuatro diferentes direcciones. En este caso, la dirección de inyección está cruzada en relación al eje longitudinal mencionado de la cámara de reacción, de forma que el vapor introducido por las boquillas de inyección prácticamente rodea el eje longitudinal.
- 65

De forma complementaria también están previstas boquillas de inyección verticales, cuya dirección de inyección discurre paralela al eje longitudinal mencionado de la cámara de reacción, lo que causa un arremolinamiento de la biomasa en contra de la fuerza de gravedad. En función del desarrollo de reacción deseado pueden utilizarse o bien las boquillas de inyección tangenciales o las verticales, también es posible una combinación o una alternancia temporal o una posterior conexión o desconexión de boquillas individuales en función del desarrollo de reacción deseado. En particular, se considera especialmente ventajoso si en primer lugar tiene lugar un arremolinamiento de la biomasa en la cámara de reacción con la ayuda de las boquillas de inyección tangenciales y, tras iniciarse la reacción de carbonización, se conectan las boquillas de inyección verticales. Esto se basa en el hecho de que, después del inicio de la reacción de carbonización, las partículas más ligeras y carbonizadas se mantendrán más bien en el centro del remolino. Por esta razón, está previsto disponer las boquillas de inyección verticales de forma que soplen principalmente a la parte central del remolino y, de este modo, conduzcan a las partículas más ligeras y ya carbonizadas más hacia adentro de la cámara de reacción. En este caso resulta apropiado, en particular, que la cámara de reacción sea un cilindro alargado que presente las boquillas de inyección en la zona del fondo. Complementariamente, una sección inferior de la cámara de reacción puede presentar forma de embudo en la zona de las boquillas de inyección para garantizar el retorno preciso de la biomasa que cae nuevamente por fuera del remolino hacia las boquillas de inyección. Para que sobre la biomasa actúe una energía cinética suficiente, también está previsto que el vapor se inyecte con una velocidad especialmente elevada, preferentemente una velocidad supersónica, es decir, aprox. 350 m/s, a la cámara de reacción. Mediante esta enorme energía cinética tiene lugar, por un lado, una distribución especialmente uniforme de la biomasa en la cámara de reacción y, por otro lado, también una rotura adicional de las estructuras de la biomasa, lo que conduce a un tamaño de grano más fino y, por tanto, a un desarrollo más rápido de la reacción. Una aceleración de la reacción también puede conseguirse realizando un calentamiento previo de la biomasa antes de su introducción en la cámara de reacción, realizándose el calentamiento previo de la biomasa de forma ideal en el entorno de los 140°C. El proceso completo según la invención, tal como se ha descrito anteriormente, puede influenciarse, por ejemplo, a través de un control de proceso, o bien cargando previamente una programación adaptada a la biomasa utilizada o realizándola durante el proceso. Los parámetros de ajuste esenciales para ello son la temperatura de calentamiento previo de la biomasa, la velocidad de inyección del vapor, así como la distribución temporal y espacial del vapor en las diferentes boquillas de inyección, que tienen una influencia esencial sobre la distribución de la biomasa en la cámara de reacción. De este modo es posible ajustar diferentes zonas de temperatura y energía dentro de la cámara de reacción, de forma que no solo se genere el carbón a obtener habitualmente en el proceso, sino que también sea posible un funcionamiento, por ejemplo, como «bioreactor», en el que, además de carbón, también se generen otros productos como, por ejemplo, furfurales, en particular, hidroximetilfurfural (HMF).

Para ello, la cámara de reacción puede estar dividida en varias partes, concretamente y en particular, una zona de arremolinamiento y una zona de reacción, tal que el arremolinamiento tiene lugar en primer lugar en la zona de arremolinamiento y luego, después del encendido de las boquillas de inyección verticales, se conduce la biomasa a la zona de reacción, donde tiene lugar la parte principal de la reacción de carbonización. Debido a este sistema descrito previamente, existe la posibilidad de obtener dos o varios potenciales energéticos diferentes en una cámara de reacción y garantizar simultáneamente una mezcla lo más intensiva y uniforme posible.

La invención anteriormente descrita se explica a continuación en detalle en base a un ejemplo de realización.

Muestran

La figura 1, una instalación para realizar una reacción de carbonización hidrotermal en una vista esquemática en perspectiva desde arriba en diagonal,

La figura 2, un tanque de reacción con boquillas de inyección tangenciales y verticales durante el funcionamiento de únicamente las boquillas de inyección tangenciales, en una representación en sección lateral,

La figura 3, el tanque de reacción, según la figura 2, durante el funcionamiento de únicamente las boquillas de inyección verticales, en una representación en sección lateral,

La figura 4, el tanque de reacción, según la figura 2, durante el funcionamiento, tanto de las boquillas de inyección tangenciales, como también de las verticales, en una representación en sección lateral,

La figura 5, una alimentación de vapor con boquillas de inyección tangenciales y verticales en una vista superior desde arriba, así como

La figura 6, la alimentación de vapor, según la figura 5, en una representación en sección y perspectiva desde arriba en diagonal.

La figura 1 muestra una instalación para realizar una carbonización hidrotermal, que comprende un tanque -1- de reacción, en el que tiene lugar la propia reacción de carbonización. A este tanque -1- de reacción se alimenta una biomasa calentada previamente, con una temperatura de aprox. 140°C, a través de una alimentación -3- de biomasa desde un tanque -2- de calentamiento previo. Esto tiene lugar a través de una bomba -4- de biomasa. Simultáneamente, con la ayuda de una bomba -6- de vapor, se proporciona vapor de agua caliente a una alimentación -5- de vapor del tanque -1- de reacción, de forma que la biomasa y el vapor pueden introducirse simultáneamente en el tanque -1- de reacción. De este modo, en el tanque -1- de reacción se crean las condiciones de reacción para el desarrollo de la carbonización hidrotermal, que consisten esencialmente en una presión adecuada en el entorno de aprox. 25 bar y una temperatura adecuada en el rango de aprox. 210 a 230°C.

Para asegurar que la biomasa se somete de una forma lo más uniforme posible a la reacción de carbonización hidrotermal, dentro del tanque -1- de reacción tiene lugar una distribución de la biomasa. Para ello, el tanque -1- de reacción, que esencialmente tiene una forma cilíndrica y presenta una estructura en forma de embudo en la zona del fondo, que desemboca en la alimentación -5- de vapor, presenta en la zona de esta alimentación -5- de vapor boquillas -9- de inyección verticales y boquillas -10- de inyección tangenciales.

En la figura 2 se muestra, en primer lugar, cómo tiene lugar un arremolinamiento de la biomasa mediante el vapor inyectado a través de las boquillas -10- de inyección tangenciales. Esencialmente, debido a estas boquillas -10- de inyección tangenciales tiene lugar un arremolinamiento rotatorio alrededor del eje longitudinal del tanque -1- de reacción, iniciándose esta parte del arremolinamiento al comienzo de la reacción. Después del inicio de la propia carbonización se conecta entonces el segundo componente mostrado en la figura 3, es decir, la inyección vertical de vapor a través de boquillas -9- de inyección verticales. Mientras que, en primer lugar, el arremolinamiento rotatorio ha tenido lugar en una zona -7- de arremolinamiento inferior del tanque -1- de reacción, debido a este componente adicional vertical del arremolinamiento se consigue una distribución mayor de la biomasa que reacciona en el tanque -1- de reacción, de forma que, de este modo, pueden realizarse potenciales energéticos diferentes en el recipiente. Debido a la descompresión asociada al desplazamiento vertical, la reacción de carbonización puede desarrollarse en la zona -8- de reacción superior del reactor más lentamente y más uniformemente que en la zona -7- de arremolinamiento donde se inicia la reacción de carbonización, en la que se encuentra la biomasa al principio, después de entrar en el tanque -1- de reacción. En la figura 4 se muestra finalmente una superposición de ambas componentes de arremolinamiento.

La figura 5 muestra ahora una vista superior de la alimentación -5- de vapor, que está realizada esencialmente en forma de cuenco y en el presente ejemplo presenta un total de cuatro boquillas -10- de inyección tangenciales, así como cuatro boquillas -9- de inyección verticales. Las boquillas -10- de inyección tangenciales realizadas como boquillas Venturi están configuradas de forma que su dirección de inyección discurre cruzada en relación a un eje longitudinal del tanque -1- de reacción en cuatro direcciones diferentes. En el presente ejemplo, todas las cuatro boquillas -10- de inyección tangenciales emiten chorros en un plano común, sin embargo también es posible dar a las boquillas de inyección tangenciales sin más un componente vertical para lograr un arremolinamiento orientado ligeramente hacia arriba ya en esta fase. La figura 6 muestra más claramente las boquillas -9- de inyección verticales que están orientadas esencialmente en paralelo a un eje longitudinal dispuesto vertical del tanque -1- de reacción. Las boquillas -9- de inyección verticales están orientadas esencialmente hacia el centro de un arremolinamiento que se genera alrededor del eje longitudinal del tanque -1- de reacción debido al efecto de las boquillas -10- de inyección tangenciales. Preferentemente, las boquillas -9- de inyección verticales no se conectan hasta que ya ha comenzado la reacción de carbonización debido a las boquillas -10- de inyección tangenciales. Por tanto, anteriormente se han descrito un procedimiento y un tanque de reacción para realizar una reacción de carbonización hidrotermal, que, mediante la inyección de vapor con la ayuda de boquillas de inyección verticales y tangenciales, permiten una distribución de la biomasa ideal y lo más uniforme posible en la cámara de reacción y, de este modo, un desarrollo ideal y lo más uniforme posible de la reacción de carbonización. De este modo se hace posible, en particular, realizar dos potenciales energéticos diferentes en una cámara de reacción y simultáneamente mejorar la mezcla de la biomasa. Como consecuencia, esto no solo acelera, sino que también mejora en calidad y eficiencia el resultado de la reacción de carbonización.

LISTADO DE NÚMEROS DE REFERENCIA

- 1 Tanque de reacción
- 2 Tanque de calentamiento previo
- 3 Alimentación de biomasa
- 4 Bomba de biomasa
- 5 Alimentación de vapor
- 6 Bomba de vapor
- 7 Zona de arremolinamiento
- 8 Zona de reacción
- 9 Boquilla de inyección vertical
- 10 Boquilla de inyección tangencial

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para realizar una reacción de carbonización hidrotermal, en el que se alimenta biomasa a una cámara de reacción y mediante inyección de vapor se crean las condiciones de reacción necesarias, en cuanto a presión y temperatura, para el desarrollo de una reacción de carbonización hidrotermal, **caracterizado por que** un chorro de vapor se orienta directamente hacia la biomasa y la arremolina en la cámara de reacción.
- 10 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el vapor se inyecta mediante boquillas (10) de inyección tangenciales, cuya dirección de inyección discurre cruzada en relación a un eje longitudinal de la cámara de reacción, dispuesto preferentemente vertical.
- 15 3. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el vapor se inyecta mediante boquillas (9) de inyección verticales, cuya dirección de inyección discurre en paralelo a un eje longitudinal de la cámara de reacción, dispuesto preferentemente vertical.
- 20 4. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** en primer lugar se inyecta vapor mediante boquillas (10) de inyección tangenciales, cuya dirección de inyección discurre cruzada en relación a un eje longitudinal preferentemente vertical de la cámara de reacción, y, tras iniciarse la reacción de carbonización, se encienden boquillas (9) de inyección verticales, cuya dirección de inyección discurre en paralelo al eje longitudinal de la cámara de reacción.
- 25 5. Procedimiento, según la reivindicación 4, **caracterizado por que** las boquillas (9) de inyección verticales se orientan exclusivamente hacia el centro del arremolinamiento causado por las boquillas (10) de inyección tangenciales.
- 30 6. Procedimiento, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el vapor se inyecta en la cámara de reacción con velocidad supersónica.
- 35 7. Procedimiento, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el vapor y la biomasa se introducen simultáneamente en la cámara de reacción.
- 40 8. Procedimiento, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la biomasa se calienta previamente a la introducción en la cámara de reacción hasta al menos aproximadamente 140°C.
- 45 9. Procedimiento, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en el marco de un ajuste de parámetros de la reacción de carbonización pueden influenciarse y/o establecerse previamente la temperatura de calentamiento previo de la biomasa, la velocidad de inyección del vapor, así como la distribución temporal y espacial del vapor en diferentes boquillas (9, 10) de inyección, preferentemente a través de un control de proceso.
- 50 10. Tanque de reacción de una instalación para la carbonización hidrotermal de biomasa, que comprende una cámara de reacción con medios para alimentar biomasa (3) y medios para alimentar vapor (5), tal que los medios para alimentar vapor (5) comprenden al menos una boquilla (9, 10) de inyección dispuesta en una zona (7) de arremolinamiento cercano al fondo de la cámara de reacción para arremolinar la biomasa con ayuda del vapor alimentado, **caracterizado por que** los medios para alimentar vapor (5) comprenden al menos una boquilla (10) de inyección tangencial, cuya dirección de inyección es cruzada en relación a un eje longitudinal de la cámara de reacción, dispuesto preferentemente vertical, y comprenden además, al menos una boquilla (9) de inyección vertical, cuya dirección de inyección discurre en paralelo a un eje longitudinal de la cámara de reacción, dispuesto preferentemente vertical.
11. Tanque de reacción, según la reivindicación 10, **caracterizado por que** las boquillas de inyección son boquillas Venturi.

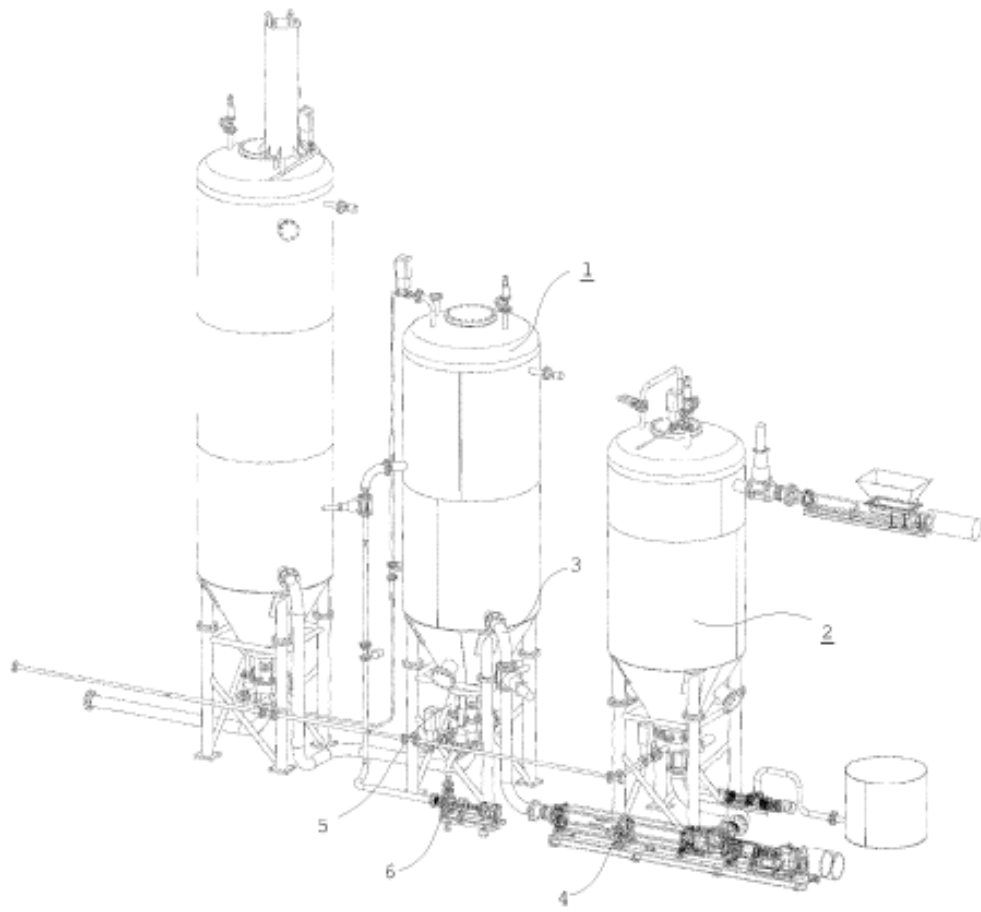


Fig. 1

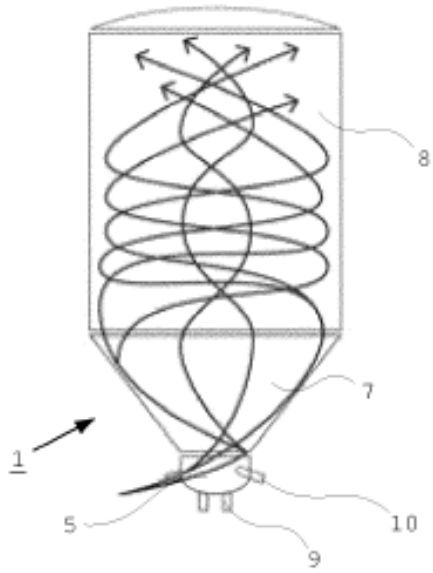


Fig. 2

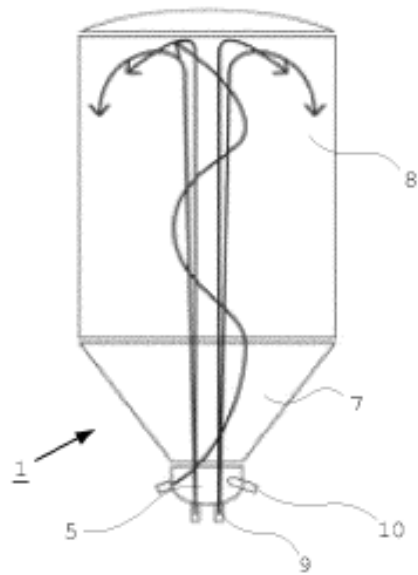


Fig. 3

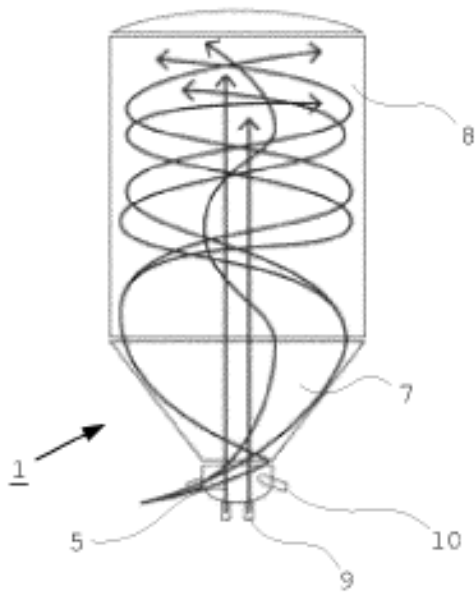


Fig. 4

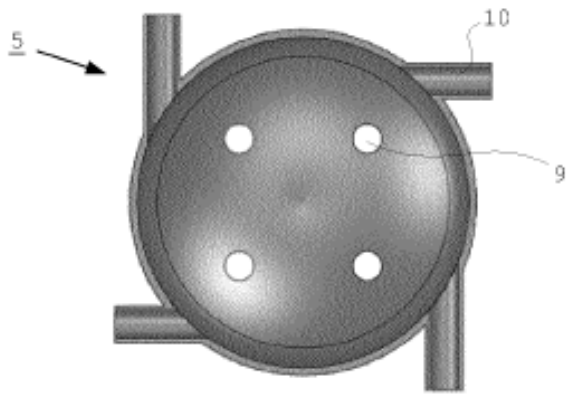


Fig. 5

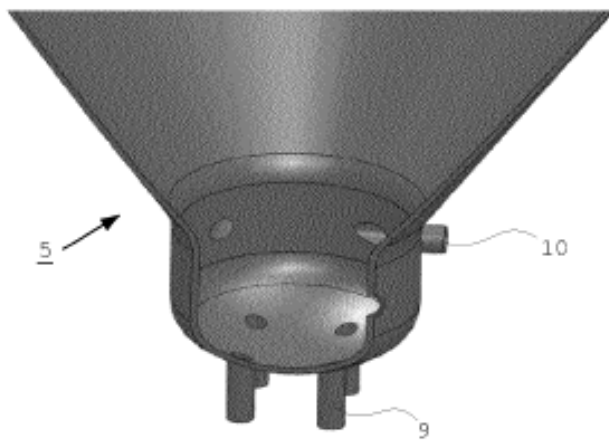


Fig. 6