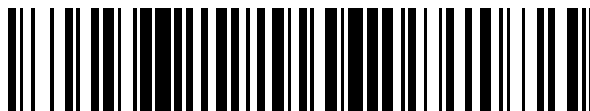


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 722 499**

21 Número de solicitud: 201831123

51 Int. Cl.:

B01F 5/06 (2006.01)

B82Y 30/00 (2011.01)

B01F 3/12 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

20.11.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

12.08.2019

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

18.09.2019

Fecha de concesión:

08.06.2021

45 Fecha de publicación de la concesión:

15.06.2021

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)**

**Avda. Ramiro de Maeztu nº 7
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**MUÑOZ GUIJOSA, Juan Manuel y
FERNANDEZ ZAPICO, Guillermo**

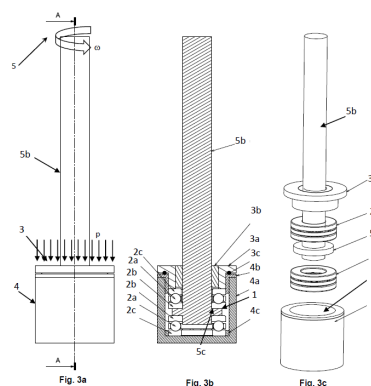
74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **MÉTODO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO DE MATERIALES**

57 Resumen:

Método y sistema de tratamiento de materiales. Sistema de tratamiento de materiales, seleccionados entre materiales en estado fluido (1) y partículas en suspensión en un material fluido (1), que comprende al menos un par cinemático superior provisto de dos elementos mecánicos (2a, 2b; 2a, 2c); estando dicho par cinemático en contacto con un material en estado fluido (1) o con partículas en suspensión en un material fluido (1); medios motores (5) para generar una velocidad relativa predeterminada (v) entre los elementos (2a, 2b; 2a, 2c) de dicho par cinemático y medios (8) de sollicitación para someter a dicho par cinemático a una presión (p) predeterminada.



ES 2 722 499 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

MÉTODO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO DE MATERIALES

5 **Objeto y sector técnico de la invención**

La presente invención es aplicable a procesos industriales destinados a mejorar las propiedades de materiales, por ejemplo y sin carácter limitativo, materiales poliméricos.

Más en particular, la presente invención se refiere a un método y a un sistema de
10 tratamiento de materiales, estando dichos materiales seleccionados entre materiales en estado fluido y partículas en suspensión en un material fluido, mediante la aplicación de unas tasas de cortadura y/o unas presiones hidrostáticas elevadas, que permite mejorar las propiedades físicas, químicas y/o mecánicas de dichos materiales u otros derivados de ellos (por ejemplo, tras su polimerización), sin que para ello sea necesario añadir
15 partículas de refuerzo, u otros elementos de mejora similares.

Asimismo, una realización particular de la presente invención se refiere a un método de mezclado de un material en estado fluido con partículas en suspensión en dicho material fluido, a unas tasas de cortadura y/o unas presiones hidrostáticas elevadas. Dicha
20 realización es aplicable, por ejemplo y sin carácter limitativo, a los procesos de fabricación de pinturas, así como a los procesos de fabricación de materiales mejorados/reforzados mediante partículas y nanopartículas, y a los procesos de obtención de éstas.

25 Las realizaciones de la invención permiten obtener unas tasas de cortadura y unas presiones hidrostáticas considerablemente más elevadas que las contempladas por el estado de la técnica, de aproximadamente dos órdenes de magnitud -en algunos casos- incluso de tres órdenes de magnitud.

30 **Antecedentes de la invención**

En algunos procesos de fabricación de materiales, es habitual añadir partículas de refuerzo a dicho material cuando se encuentra en estado fluido, para mejorar sus propiedades físicas, químicas y/o estructurales.

35

Dichos materiales pueden comprender -preferentemente- una matriz de material de partida, por ejemplo y sin carácter limitativo, un material polimérico, tal como una resina epoxi o un policarbonato.

5 La mezcla resultante, formada por el material en estado fluido y las partículas de refuerzo, suele solidificarse posteriormente mediante procesos tales como polimerización, sinterización, enfriamiento, etc. Los materiales obtenidos como resultado de dicho proceso de mezcla y posterior solidificación, se denominan habitualmente “composites”.

10 No obstante, la adición de estas partículas de refuerzo dificulta el proceso de fabricación del material y aumenta los costes de producción. Por ello, sería deseable desarrollar sistemas y procedimientos de tratamiento de materiales en estado fluido, que permitiesen mejorar las propiedades físicas, químicas y/o estructurales de dichos materiales, sin que para ello sea necesario añadir partículas de refuerzo y/o mejora.

15

A modo de ejemplo y sin carácter limitativo, se conoce que la adición como partículas de refuerzo de nanotubos de carbono y/o nanopartículas de grafeno u óxidos de grafeno, a matrices de resinas de epoxi o de policarbonatos, mejora -entre otras- las siguientes propiedades físicas y/o estructurales: energía de fractura, vida a fatiga, rigidez,
20 resistencia a la tracción, conductividad térmica y conductividad eléctrica. Los materiales obtenidos como resultado de dicho proceso de mezcla y posterior solidificación, se denominan “nanocomposites” (puesto que, en este caso particular, las partículas de refuerzo son nanopartículas).

25 Por otro lado, es conocido que el grado de mejora de las propiedades de los materiales que comprenden materiales poliméricos, mediante la adición de partículas de refuerzo - tales como nanotubos de carbono y/o nanopartículas de grafeno u óxidos de grafeno- depende, en gran medida, de los siguientes factores: el nivel de delaminación de las partículas de refuerzo; el nivel de dispersión de las partículas de refuerzo y la calidad de
30 las interfaces que se generan entre las partículas de refuerzo y el material polimérico.

Las partículas de refuerzo mencionadas en el párrafo anterior, especialmente las nanopartículas planas como el grafeno, están habitualmente formadas por apilamientos de diversas láminas diferentes. Cuanto mayor sea la separación de las láminas, unas con
35 respecto a las otras (es decir, cuanto mayor sea el nivel de delaminación), mejores serán

las propiedades del material nanocomposite resultante. Lo mismo ocurre con las nanopartículas lineales como los nanotubos de carbono, dado que tienden a entrelazarse. Cuanto mayor sea la separación entre ellas (es decir, cuanto mayor sea el nivel de desentrelazamiento), mejores serán las propiedades del material resultante.

5

Para aumentar el nivel de delaminación o desentrelazamiento de las partículas de refuerzo, en el estado de la técnica es habitual someter a la mezcla, formada en este caso por el material polimérico en estado fluido y las partículas de refuerzo en suspensión, a altas tasas de cortadura. Así, por ejemplo, utilizando un homogenizador Rannie Gaulin 110T, comercializado por AXFlow Holding AB, es posible obtener tasas de cortadura del orden de 10^5 s^{-1} . Estas tasas de cortadura consiguen la delaminación de muchas de las láminas que estaban originalmente presentes en las partículas de refuerzo, pero no consiguen delaminarlas completamente.

10

El mismo procedimiento basado en la aplicación de altas tasas de cortadura se utiliza para obtener láminas de grafeno a partir de la delaminación del grafito. En este caso, el material fluido es un disolvente, en el que se suspenden las partículas de grafito. Las tasas de cortadura obtenibles con los sistemas actuales no permiten delaminar completamente todas las láminas de grafeno que conforman las partículas de grafito.

15

Sería, por tanto deseable, desarrollar nuevos métodos de mezclado de partículas de refuerzo con materiales en estado fluido, con los que sea posible obtener unas tasas de cortadura más altas.

20

Por otro lado, el nivel de delaminación o desentrelazamiento de las partículas de refuerzo también mejoraría, al aumentar la presión hidrostática a la que está sometida la mezcla.

Los homogenizadores Rannie Gaulin 110T actualmente disponibles, comercializados por AXFlow Holding AB, son capaces de aplicar a las mezclas unas presiones hidrostáticas del orden de 0,15 GPa. Sería, por tanto, conveniente desarrollar nuevos métodos de mezclado de partículas de refuerzo con materiales en estado fluido, con los que sea posible aplicar unas presiones hidrostáticas más altas a la mezcla, formada por el material en estado fluido y las partículas de refuerzo.

25

30

Asimismo, algunas partículas de refuerzo y/o mejora tienden a agruparse entre sí una vez que se han añadido a la matriz líquida de material de partida.

5 Según lo visto anteriormente, cuanto menor sea la aglomeración de partículas de refuerzo y/o mejora (es decir, cuanto mayor sea el nivel de dispersión), mejores serán las propiedades del material resultante. Para reducir la aglomeración de las partículas de refuerzo y/o mejora, en el estado de la técnica es habitual someter a la mezcla, a altas tasas de cortadura.

10 Por ello, también sería deseable poder obtener unas tasas de cortadura más altas, con objeto de conseguir un mayor grado de dispersión de las partículas de refuerzo y/o mejora.

15 En algunas ocasiones, en materiales que comprenden una matriz de un material de partida, no se produce una buena adhesión entre las partículas de refuerzo / mejora y dicha matriz de material de partida, lo que da a lugar a que las interfaces generadas no tengan una buena calidad. Las causas pueden ser diversas, por ejemplo, una falta de compatibilidad química entre los materiales que forman las partículas de refuerzo / mejora y el material de partida de la matriz.

20

En el estado de la técnica se conocen distintas técnicas para mejorar la adhesión entre las partículas de refuerzo y la matriz de material de partida como, por ejemplo, la funcionalización. Dicha técnica consiste en modificar física, o químicamente, las partículas para mejorar su enlace a la estructura atómica o molecular de la matriz. Sin embargo, la funcionalización está asociada a varios inconvenientes, tales como la aparición de defectos en las partículas de refuerzo. Eso puede provocar que la mejora de las propiedades del material composite asociadas a la mejora en la calidad de la interfaz- se anulen parcialmente, a causa de la aparición de defectos.

25
30 Otra forma de mejorar la adhesión de las partículas a la matriz que no presenta las desventajas asociadas a la funcionalización, es aumentar la tasa de cortadura y/o la presión hidrostática a la que se ve sometida la mezcla.

35 Este es otro motivo adicional por el que resulta conveniente desarrollar métodos de mezclado de partículas de refuerzo / mejora con materiales en estado fluido y –

particularmente- métodos de mezclado de partículas de refuerzo /mejora con materiales en estado fluido que comprenden una matriz de material de partida, con los que sea posible obtener mayores tasas de cortadura y/o mayores presiones hidrostáticas a las mezclas.

5

Por otro lado, en otros sectores de la industria, además de los ya enumerados, se emplean procesos industriales de mezclado de partículas con materiales en estado fluido, en los que es necesario conseguir una buena dispersión de las partículas en el material (o materiales) en estado fluido y evitar, así, la aparición de aglomeraciones.

10

Esto se consigue sometiendo a la mezcla, formada por el material (o materiales) en estado fluido y las partículas en suspensión, a unas altas tasas de cortadura (del orden de $10^4 - 10^5 \text{ s}^{-1}$) y/o de alta presión hidrostática (del orden de (0,01 - 0,15 GPa). Para este fin, se utilizan habitualmente dispositivos tales como molinos de bolas, calandras, homogeneizadoras (por ejemplo, los dispositivos de la marca Rannie Gaulin®, comercializados por la Empresa AXFlow Holding AB) y dispositivos disolventes (por ejemplo, los dispositivos de la marca Dispermat®, comercializados por la Empresa VMA Getzmann GmbH).

15

En los procesos de fabricación de pintura es particularmente relevante que el mezclado se realice a unas altas tasas de cortadura, para conseguir la dispersión de las partículas o nanopartículas empleadas en la fabricación de dichas pinturas, que tienden a aglomerarse, y/o para conseguir modificaciones en dichas partículas o nanopartículas - delaminación, reducción de tamaño, etc.

25

Asimismo, al aplicar a una mezcla -formada por un material en estado fluido y partículas en suspensión- una tasa de cortadura y/o una presión hidrostática elevadas, puede llegar a producirse, si las condiciones son adecuadas, una fragmentación de dichas partículas en otras más pequeñas (de forma similar a la que tiene lugar en los molinos de bolas o en las calandras del estado de la técnica), lo que resulta en un mejor mezclado de los componentes.

30

Definiciones

A lo largo de la presente memoria descriptiva debe entenderse que la “la tasa de cortadura” a la que se ve sometida un material en estado fluido o una mezcla (formada

35

por un material en estado fluido y unas partículas en suspensión), es el gradiente espacial de la distribución de velocidades, es decir, la magnitud de la variación de la velocidad del material en estado fluido (o alternativamente de la mezcla), entre dos puntos muy próximos entre sí.

5

Asimismo, debe entenderse que la “presión hidrostática” a la que se ve sometida un material en estado fluido o una mezcla (formada por un material en estado fluido y unas partículas en suspensión), es la compresión a la que se ve sometido el material fluido y, en el caso de una mezcla, dicha presión también incluye la compresión a la que se ven

10 sometidas las partículas que están en suspendidas en el material fluido.

Además, un “par cinemático” es el conjunto de dos elementos mecánicos que están en contacto entre sí con una fuerza de contacto determinada, moviéndose además uno respecto de otro con una velocidad relativa determinada. Un par cinemático superior es

15 un par cinemático en el que el contacto es teóricamente lineal o puntual, y se denomina también “Hertziano” -como, por ejemplo, y sin carácter limitativo, el par elemento rodante-pista en los rodamientos, así como los que aparecen en engranajes, mecanismos leva-seguidor, tribómetros de varilla sobre disco (en inglés, “pin-on- disk tribometers”) y tribómetros de bola sobre disco (en inglés, “ball-on-disk tribometers”).

20

Un par cinemático inferior es aquél en que el contacto se produce en una superficie - como, por ejemplo, el par árbol-cojinete-.

Evidentemente, en un par cinemático superior, para fuerzas de contacto que no produzcan la deformación plástica de los elementos que forman el par, el contacto que

25 realmente se da entre los dos elementos del par no es estrictamente puntual o lineal, sino que será elíptico (teniendo la elipse unos ejes de longitud muy pequeña, del orden de micras a centenas de micras) o rectangular (teniendo uno de los lados del rectángulo una longitud muy pequeña, del orden de micras a centenas de micras). Además, cuando los

30 elementos que forman el par cinemático están en contacto con un material en estado fluido en un sistema de tratamiento de materiales según la presente invención, puede crearse, tal y como se describirá en más detalle a continuación, una película de dicho material en estado fluido (o alternativamente una película de la mezcla formada por el material en estado fluido y las partículas en suspensión) entre ambos elementos del par,

35 que hace que dejen de estar en contacto. Es decir, en dos elementos mecánicos que

conforman, formalmente, un par cinemático superior, el contacto real no será estrictamente lineal ni puntual (o, de hecho, puede que no exista contacto siquiera), pero el par cinemático que crean dichos elementos sigue manteniendo su denominación formal de “superior” o “inferior”.

5

Por último, a lo largo de la presente memoria descriptiva, debe entenderse que una “nanopartícula” es aquella partícula en la que al menos una de sus dimensiones tiene un tamaño entre 0,1 y 100 nanómetros.

10 **Descripción general de la invención**

A fin de solucionar los problemas descritos con relación a la técnica anterior, un primer objeto de la presente invención se refiere a un sistema de tratamiento de materiales, estando dichos materiales seleccionados entre materiales en estado fluido y partículas en suspensión en un material fluido, caracterizado por que comprende:

15

- al menos un par cinemático superior provisto de dos elementos mecánicos; estando dicho par cinemático en contacto con un material en estado fluido o en contacto con partículas en suspensión en un material fluido;
- medios motores para generar una velocidad relativa entre los elementos mecánicos de dicho par cinemático y
- medios de sollicitación para someter a dicho par cinemático a una presión de contacto predeterminada.

20

Se ha observado experimentalmente que, en el sistema de tratamiento de materiales de la presente invención, al poner el contacto al par o pares cinemáticos superiores con un material en estado fluido y aplicar una fuerza y una velocidad de rodadura y/o deslizamiento relativa entre los elementos mecánicos de cada par lo suficientemente altas, se forma una cuña hidrodinámica entre dichos elementos mecánicos que puede llegar a separar dichos elementos mecánicos entre sí, de forma que dicho material en estado fluido es capaz de desplazarse entre los dos elementos mecánicos de cada par, formando entre ellos una película de espesor muy pequeño (del orden de unidades, decenas o centenas de nanómetros).

30

Debido a la fuerza y velocidad relativa aplicados a los elementos mecánicos de los pares cinemáticos, y a la cuña hidrodinámica que se crea entre ellos debido a la presencia del

35

material en estado fluido, sorprendentemente, dicho material en estado fluido se ve sometido, en este caso, a unas presiones hidrodinámicas y a unas tasas de cortadura considerablemente altas (a modo de ejemplo y sin carácter limitativo, del orden de 1 - 6 GPa y $10^6 - 10^9 \text{ s}^{-1}$, respectivamente).

5

Sin querer estar limitados -en modo alguno- por la teoría, se cree que este hecho puede deberse, entre otros factores, a los fenómenos hidrodinámicos que aparecen en los contactos Hertzianos lubricados. De hecho, se piensa que en el sistema según la invención, cada par cinemático superior estaría sometido a un régimen de lubricación hidrodinámica o límite por el material en estado fluido.

10

Se ha comprobado que el material en estado fluido- especialmente si es un material de tipo polimérico o un material precursor de polímeros- al verse sometido mediante el sistema de tratamiento según la presente invención a presiones y/o tasas de cortadura elevadas, puede experimentar modificaciones de algunas de sus características físico-químicas, tales como por ejemplo y sin carácter limitativo, la longitud o configuración física o química de los monómeros o de las cadenas poliméricas, presentes en dicho material. Estas modificaciones pueden llevar a una mejora de algunas propiedades del material o del polímero resultante de la polimerización de dicho precursor, como la rigidez, resistencia, energía de fractura, conductividad eléctrica o térmica, sin que para ello sea necesario añadir ninguna partícula de refuerzo.

15

20

En una realización de la invención, el sistema de tratamiento de materiales en estado fluido comprende pares cinemáticos superiores formados por al menos un rodamiento provisto de elementos rodantes dispuestos entre un aro móvil y un aro fijo. Preferiblemente, dicho rodamiento comprende una jaula para separar los elementos rodantes.

25

En otra realización de la invención, el sistema de tratamiento de materiales en estado fluido comprende al menos un par cinemático superior formado por un engranaje, un mecanismo leva-seguidor, un mecanismo cadena-piñón, una transmisión por cadena, una transmisión por correa, una transmisión por cable, un tribómetro de varilla sobre disco o un tribómetro de bola sobre disco.

30

En una realización preferida de la invención, el par cinemático superior o
alternativamente, los pares cinemáticos superiores, están alojados en una cámara
cerrada herméticamente por una tapa. En una realización más preferida de la invención,
la cámara cerrada está provista de conductos para la entrada y/o salida de material en
5 estado fluido.

La cámara puede estar opcionalmente provista, además, de al menos un taladro de
entrada y/o de salida controlada de gas. Dichos taladros permiten crear vacíos
controlados en el interior de la cámara o, alternativamente, introducir gases en dicha
10 cámara con una composición química y una presión y temperatura controladas.

Asimismo, la cámara puede estar dotada de, al menos, una ventana que permite el
acceso al interior de la cámara, de radiación electromagnética o acústica, por ejemplo
ultrasonidos.

15

El sistema de tratamiento de materiales según la presente invención puede estar
opcionalmente provisto de un serpentín por el que circula un fluido de intercambio de
calor. Dicho serpentín permite controlar la temperatura del material en estado fluido.

20 Dicho serpentín puede estar dispuesto en el interior de la cámara o, alternativamente, en
la parte exterior de la misma, en contacto con las paredes de la cámara. El intercambio
de calor entre el interior de la cámara y el serpentín, se produce por convección y
radiación.

25 Alternativamente, en vez de estar provisto de un serpentín de intercambio de calor,
algunas realizaciones del sistema de tratamiento de materiales según la presente
invención contemplan que la cámara esté sumergida, al menos parcialmente, en un fluido
que se encuentra a una temperatura predeterminada.

30 En una realización preferida de la invención, los medios motores comprenden un motor
conectado a un árbol de transmisión y configurado de forma que dicho motor es capaz de
transmitir una velocidad angular a dicho árbol de transmisión, accediendo dicho árbol al
interior de la cámara, a través de una abertura provista en el cuerpo de tapa y estando el
árbol configurado de forma que el árbol puede transmitir dicha velocidad angular a los
35 elementos mecánicos del par cinemático.

En la referida realización de la invención, dicha tapa comprende además, preferiblemente, un retén y una junta tórica. Estos componentes adicionales (retén y junta tórica) garantizan la estanqueidad de la tapa, evitando que el material en estado fluido
5 pueda salir de forma indeseada de la cámara, a través de dicha tapa y que, simultáneamente, al interior dicha cámara puedan llegar a acceder -de forma indeseada- aire u otros gases.

En otra realización preferida de la invención, la cámara comprende un cuerpo de cámara
10 para albergar el material en estado fluido y una camisa y una arandela para fijar los pares cinemáticos.

Los medios de solitación del sistema según la invención comprenden, preferiblemente, una base fija sobre la que está dispuesta la cámara y una plataforma móvil desplazable
15 mediante dispositivos de apriete para ejercer presión sobre la tapa de la cámara, estando los dispositivos de apriete controlados por un dispositivo de accionamiento.

Los medios de solitación están preferiblemente provistos, además, de:

- unos reductores de velocidad dispuestos entre los dispositivos de apriete y el
20 dispositivo de accionamiento (dichos reductores de velocidad permiten amplificar la fuerza que pueden ejercer los dispositivos de apriete por aun mismo par motor generado por el dispositivo de accionamiento);
- una junta Cardan (dicha junta Cardan permite sincronizar el movimiento de los
25 distintos dispositivos de apriete, haciendo que todos ellos se muevan a la misma velocidad) y
- unas guías de desplazamiento de la plataforma móvil.

Para medir la presión ejercida por los dispositivos de apriete sobre la tapa de la cámara, el sistema de tratamiento de materiales según la presente invención puede estar
30 opcionalmente provisto de células de carga, dispuestas preferiblemente entre la cámara y la base fija.

También puede estar opcionalmente provisto al menos de un termopar, destinado a medir la temperatura del material en estado fluido.

Por último, el sistema de tratamiento de materiales según la presente invención puede estar opcionalmente provisto de medios vibratorios para someter al par cinemático (o alternativamente a los pares cinemáticos), a un movimiento vibratorio. Dicho movimiento vibratorio contribuye a aumentar la presión de contacto a la que se ven sometidos los pares cinemáticos.

Un segundo objeto de la presente invención se refiere a un método de tratamiento de materiales, seleccionados entre materiales en estado fluido y partículas en suspensión en un material fluido, en un sistema de tratamiento según el primer objeto de la invención, caracterizado por que comprende, las siguientes etapas:

- introducir en el sistema de tratamiento de materiales un material en estado fluido, de forma que al menos un par cinemático superior del sistema de tratamiento queda en contacto con dicho material fluido, o en contacto con dichas partículas en suspensión en un material fluido;
- accionar los medios motores para generar una velocidad relativa predeterminada entre los elementos mecánicos de dicho par cinemático superior; y
- accionar los medios de sollicitación para someter a par cinemático a una presión de contacto predeterminada.

Asimismo, en una realización particular del método de tratamiento de materiales en estado fluido según la invención, el material en estado fluido es un material polimérico. Más preferiblemente dicho material polimérico contiene policarbonatos, resina epoxi, bismaleimida, poliéster, viniléster, resina fenólica, PEEK, ABS, PP, PE, uretano o cualquier combinación de los mismos, incluyendo cada uno de forma individual.

En otra realización particular del método de tratamiento de materiales según la invención, el material en estado fluido es un precursor de polímero, preferiblemente, un precursor de resina epoxi, bismaleimida, poliéster, viniléster, resina fenólica, PEEK, ABS, PP, PE, uretano o cualquier combinación los mismos, incluyendo cada uno de forma individual.

En otra realización adicional del método de tratamiento de materiales según la presente invención, las partículas en suspensión están hechas de grafito. Esta realización particular de la invención, tiene preferiblemente por objeto, delaminar el grafito mediante el sistema de tratamiento de la invención, para obtener grafeno.

Gracias a la elevada fuerza y la elevada velocidad de rodadura y/o deslizamiento relativa entre los elementos mecánicos de los pares cinemáticos que es capaz de obtenerse mediante el sistema y el método de la presente invención, el grafeno obtenido puede
5 llegar a tener unos mayores niveles de delaminación y/o desentrelazamiento y/o fragmentación de las partículas, que con los métodos de mezclado actualmente conocidos.

Un tercer objeto de la presente invención se refiere a un método de mezclado de un
10 material en estado fluido con partículas en suspensión, en un sistema de tratamiento de materiales en estado fluido según el primer objeto de la invención, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- introducir en el sistema de tratamiento un material en estado fluido que contiene,
15 además, partículas en suspensión destinadas a mezclarse con dicho material fluido, de tal forma que al menos un par cinemático superior del sistema de tratamiento queda en contacto con dicho material fluido que contiene partículas en suspensión;
- accionar los medios motores para generar una velocidad relativa predeterminada
20 entre los elementos mecánicos de dicho par cinemático superior; y
- accionar los medios de sollicitación para someter a dicho par cinemático a una presión de contacto predeterminada.

Al igual que en otras realizaciones de la presente invención, en este método de
25 mezclado, al poner el contacto al par o pares cinemáticos superiores con una mezcla (formada por el material en estado fluido y las partículas en suspensión) y aplicar una fuerza y una velocidad de rodadura y/o deslizamiento relativa entre los elementos mecánicos de cada par lo suficientemente altas, se forma una cuña hidrodinámica entre dichos elementos mecánicos que puede llegar a separar dichos elementos mecánicos
30 entre sí, de forma que la mezcla es capaz de desplazarse entre los dos elementos mecánicos de cada par, formando entre ellos una película de espesor muy pequeño (del orden de unidades, decenas o centenas de nanómetros).

Todo ello permite, que en el método de mezclado según la presente invención, puedan
35 obtenerse unos mayores niveles de delaminación y/o desentrelazamiento y/o dispersión

y/o fragmentación de las partículas y/o de adhesión de éstas con el material fluido, que con los métodos de mezclado actualmente conocidos.

En el método de mezclado según la invención, las partículas en suspensión son -
5 preferiblemente- partículas de refuerzo y más preferiblemente, nanopartículas de refuerzo. En una realización aún más preferida de la invención, dichas nanopartículas de refuerzo son, nanotubos de carbono, y/o nanopartículas de grafeno u óxidos de grafeno.

Asimismo, en otra realización preferida del método de mezclado de la invención, las
10 partículas en suspensión están hechas de grafito.

Asimismo, en una realización particular del método de mezclado según la invención, el material en estado fluido comprende una matriz de material de partida, preferiblemente, un material polimérico. Más preferiblemente dicho material polimérico contiene
15 policarbonatos, resina epoxi, bismaleimida, poliéster, viniléster, resina fenólica, PEEK, ABS, PP, PE, uretano o cualquier combinación de los mismos, incluyendo cada uno de forma individual.

En otra realización particular del presente método de mezclado, el material en estado
20 fluido es un precursor de polímero, preferiblemente, un precursor de resina epoxi, bismaleimida, poliéster, viniléster, resina fenólica, PEEK, ABS, PP, PE, uretano o cualquier combinación de los mismos, incluyendo cada uno de forma individual.

En otra realización particular del método de mezclado, el material en estado fluido es un
25 disolvente.

En todas las realizaciones de la presente invención, bien el material en estado fluido, o bien la mezcla formada por el material en estado fluido y las partículas en suspensión pueden verse sometidas a unas presiones hidrodinámicas y a unas tasas de cortadura
30 considerablemente más altas (a modo de ejemplo y sin carácter limitativo, del orden de $1 - 6 \text{ GPa}$ y $10^6 - 10^9 \text{ s}^{-1}$, respectivamente), que las obtenibles con sistemas y procedimientos de mezclado ya conocidos. Esto se consigue gracias a la gran presión y velocidad relativa aplicadas a los elementos mecánicos de los pares cinemáticos, y al muy pequeño espesor de la cuña hidrodinámica que se crea entre ellos debido a la
35 presencia de la mezcla.

Asimismo, la superficie de la huella teórica de contacto y el espesor de la película de mezcla dependerían de las rigideces de los elementos que soportan la carga, de la velocidad relativa entre los elementos mecánicos de cada par y de la viscosidad de la
5 mezcla del material en estado fluido y las partículas en suspensión. Estos parámetros podrían calcularse -de forma evidente para un experto en la técnica- a partir de los modelos de lubricación hidrodinámica (HD), elastohidrodinámica (EHD), o termoelastohidrodinámica (TEHD), por lo que en los métodos de mezclado según la invención, la tasa de cortadura y la presión hidrostática a la que está sometida la mezcla
10 de fluido y partículas en suspensión, podrían controlarse de forma independiente entre sí.

A continuación para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompaña una serie de figuras en las que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se han representado varias realizaciones diferentes de
15 la presente invención.

Breve descripción de las figuras

Figura 1: Es una vista en despiece ordenado de un rodamiento provisto de pares
20 cinemáticos superiores, de uso en una realización del sistema de tratamiento de la presente invención;

Figura 2: Es una vista esquemática, en corte transversal, que ilustra los pares
25 cinemáticos superiores creados en un rodamiento según la Fig. 1 en un sistema de tratamiento según la presente invención;

Figura 3A: Es una vista alzado lateral de los principales componentes de los que está
30 provista una posible realización del sistema de tratamiento según la presente invención, basada en rodamientos;

Figura 3B: Es una vista en corte transversal de la Fig. 3A;

Figura 3C: Es una vista en despiece ordenado de los elementos mostrados en la Fig. 3A;

Figura 4: Es una vista en despiece ordenado de la cámara provista en una realización del sistema de tratamiento según la presente invención;

5 Figura 5: Es una vista en despiece ordenado de tapa de la cámara, provista en una realización del sistema de tratamiento según la presente invención;

10 Figuras 6 y 7: Son vistas en perspectiva que ilustran elementos adicionales del sistema de tratamiento en dos posibles realizaciones del sistema de tratamiento según la presente invención; y

Figura 8: Es una vista en alzado lateral de una realización, completa, del sistema de tratamiento según la presente invención.

Referencias numéricas de las figuras

- 15 (1) Fluido;
(2) Rodamiento;
(2a) Elemento rodante;
(2b) Aro móvil;
(2c) Aro fijo;
- 20 (2d) Jaula;
(3) Tapa;
(3a) Cuerpo de tapa;
(3b) Reten;
(3c) Junta tórica;
- 25 (4) Cámara;
(4a) Cuerpo de cámara;
(4b) Camisa;
(4c) Arandela;
(4d) Taladro;
- 30 (4e) Ventana para radiación;
(5) Medios motores;
(5a) Motor;
(5b) Árbol
(5c) Protuberancia del árbol
- 35 (5d) Acoplamiento del motor al árbol;

- (5e) Elemento fijación del motor;
- (6) Serpentín;
- (7) Conductos de entrada/salida de material en estado fluido;
- (8) Medios de sollicitación;
- 5 (8a) Base fija;
- (8b) Plataforma móvil;
- (8c) dispositivos de apriete;
- (8d) Reductores;
- (8e) Dispositivo de accionamiento;
- 10 (8f) Junta Cardan;
- (8g) Guías de la plataforma móvil;
- (9a) Célula de carga;
- (9b) Termopar;
- (A) Línea de corte;
- 15 (h₁, h₂) Espesores de las películas de material en estado fluido;
- (p) Presión;
- (v) velocidad relativa entre elementos del par cinemático;
- (w) velocidad angular.

20 **Descripción de una realización preferida**

A lo largo de la presente descripción, así como en las figuras, los elementos con funciones iguales o similares se designarán con las mismas referencias numéricas.

La Figura 1 muestra un rodamiento axial 2 de uso en una realización de un sistema de
25 tratamiento según la presente invención.

Dicho rodamiento 2 está apoyado sobre una base fija 8a y comprende unos elementos rodantes 2a que -en este caso particular- son unas esferas de acero, dispuestas entre un aro móvil 2b y un aro fijo 2c. Para garantizar la separación entre los distintos elementos
30 rodantes 2a, el rodamiento 2 está provisto -además- de una jaula 2d. En esta figura se ilustra esquemáticamente, asimismo, cómo en un sistema de tratamiento según la invención se imparte una velocidad angular w sobre el aro móvil 2b y se ejerce una presión p de contacto sobre el aro móvil 2b, que empuja dicho aro contra el aro fijo 2c.

En la Figura 2 se muestra esquemáticamente los pares cinemáticos superiores presentes en el rodamiento 2 que, dentro de un sistema de tratamiento según la presente invención, es puesto en contacto con un material en estado fluido 1 que puede contener partículas en suspensión, destinadas a mezclarse con dicho fluido.

5

Este caso concreto, los elementos mecánicos son los elementos rodantes 2a, el aro móvil 2b y el aro fijo 2c. De hecho, por cada elemento rodante 2a presente en el rodamiento 2, aparecen dos pares cinemáticos superiores: un primer par cinemático formado por el aro móvil 2b y el elemento rodante 2a y un segundo par cinemático formado por el elemento rodante 2a y el aro fijo 2c.

10

Si la velocidad relativa v existente entre los elementos de los pares cinemáticos y la presión p de contacto a la que se ven sometidos los elementos mecánicos son adecuadas, se forma una primera película de material fluido 1, con una anchura h_1 , entre los elementos del primer par cinemático y se forma una segunda película de material fluido, con una anchura h_2 , entre los elementos del primer par cinemático.

15

Como será evidente para el experto en la materia, en aquellos casos en los que el sistema de tratamiento de materiales -según la presente invención- se utilice para mezclar un material en estado fluido 1 con unas partículas en suspensión, será la mezcla del material en estado fluido y las partículas (y no solamente el material en estado fluido), la que dé lugar a la primera y segunda películas, de anchuras h_1 y h_2 , mencionadas en el párrafo anterior.

20

En las Figuras 3a, 3b y 3c se muestran los principales componentes de los que está provisto un sistema de tratamiento según la presente invención. La Fig. 3a es una vista en alzado lateral, mientras que la Fig. 3c una vista en despiece ordenado de los mismos. La fig. 3b es, a su vez, una vista en corte transversal a lo largo de la línea A.

25

En dichas Figuras 3a - 3c puede apreciarse una cámara 4 en cuyo interior se alojan, de acuerdo con esta realización particular del sistema de tratamiento de la invención, dos rodamientos axiales 2 cada uno de los cuales está provisto de elementos rodantes 2a, de un aro móvil 2b y un aro fijo 2c.

30

La cámara 4 alberga, asimismo, el material en estado fluido 1. Obviamente, en aquellos casos en los que el sistema de tratamiento de materiales según la presente invención, se utilice para mezclar un material en estado fluido 1 con unas partículas en suspensión, la cámara 4 albergará la mezcla formada por el material en estado fluido y las partículas en suspensión, destinadas a mezclarse con el material en estado fluido. Además, dicha tapa 4 comprende cuerpo 4a; y una camisa 4b y arandela 4c que permiten la fijación radial de los rodamientos axiales 2.

Además, la cámara 4 está provista de una tapa 3 sometida a una presión p , ejercida por unos medios de presión (no visibles en las Fig. 3a-3c). Dicha tapa 3 comprende un cuerpo 3a, provisto de un agujero pasante, que permite el paso de un árbol 5b. Dicho árbol 5b forma parte de los medios motores 5 y está ajustado con los aros móviles 2b de cada rodamiento, de forma que la velocidad angular w , generada por los medios motores 5, es transmitida sin fricción a los aros móviles 2b de cada rodamiento 2.

En esta realización particular de la invención, el árbol 5b está provisto de una protuberancia 5c, que maximiza el contacto entre dicho árbol 5b y los aros móviles 2b para contribuir a evitar el movimiento relativo y, por tanto, la fricción entre ellos.

La tapa 3 está, sometida a la presión p generada por unos medios de sollicitación (no visibles en las Figuras. 3a - 3c). Dicha presión p se transmite a los elementos mecánicos de los rodamientos 2, a través del cuerpo 3a de la tapa 3. Por otro lado, la tapa 3 está igualmente provista, en esta realización particular de la invención, de un retén 3b y de una junta tórica 3c que evitan que el material en estado fluido 1 (o, en su caso, la mezcla formada por el material en estado fluido 1 y las partículas en suspensión) pueda escapar de la cámara 4 a través del agujero pasante presente en el cuerpo 3a de la tapa 3. El retén 3b y la junta 3c evitan, asimismo, la entrada o salida de aire u otros gases al/del interior de la cámara 4.

La Figura 4 una vista en despiece ordenado de una cámara 4 de uso en un sistema de tratamiento según la presente invención. En esta realización particular de la invención, además, del cuerpo 4a, la camisa 4b y la arandela 4c, la cámara 4 también está provista, de un taladro 4d de entrada y/o de salida controlada de gas, así como de una ventana 4e, que permite el acceso al interior de la cámara, de radiación electromagnética o acústica, por ejemplo y sin carácter limitativo ultrasonidos.

En aquellos casos en los que el sistema de tratamiento de materiales según la presente invención, se utiliza para mezclar un material en estado fluido 1 con las partículas en suspensión, las radiaciones electromagnéticas y/o acústicas mencionadas en el párrafo anterior, se emplean habitualmente para mejorar la dispersión de las partículas en el material fluido y en el caso de que las partículas sean nanopartículas, para mejorar, además, la adhesión entre dichas nanopartículas y el material fluido 1.

La Figura 5 una vista en despiece ordenado de la tapa 3 descrita en las Fig. 3A a 3C. Según lo visto anteriormente dicha tapa 3 comprende el cuerpo 3a, el retén 3b y la junta tórica 3c.

En la Figura 6 se muestra una realización particular de un sistema de tratamiento según la presente invención que, además de otros componentes ya explicados con relación a otras figuras anteriores, también comprende un serpentín 6. Dicho serpentín permite controlar, la temperatura del material fluido 1, o -en su caso- de la mezcla formada por el material fluido 1 y las partículas en suspensión.

Asimismo, en la Figura 7 se muestra una realización particular de un sistema de tratamiento según la presente invención que, además de otros componentes ya explicados con relación a otras figuras anteriores, también comprende unos conductos 7 que permiten la entrada y/o la salida al interior de la cámara del material fluido 1, o en su caso, de la mezcla formada por el material fluido 1 y las partículas en suspensión.

Por último la Fig. 8 muestra una realización particular de un sistema de tratamiento completo, según de la presente invención. En la realización particular de la invención mostrada en esta figura, los medios motores 5 comprenden un motor 5a conectado al árbol 5b a través de un acoplamiento 5d. De este modo, cuando se acciona el motor 5a, el par motor resultante se transmite al árbol 5b, de forma que dicho árbol 5b es capaz de girar a una velocidad angular w (ilustrada esquemáticamente en las Figs. 1 y 3a).

Además, en esta realización particular de la invención, la cámara 4 que contiene el material fluido 1, o en su caso, la mezcla de material fluido 1 y partículas en suspensión, está dispuesta sobre la base fija 8a. El motor 5a está fijado a dicha base fija 8a por medio de un elemento 5e de fijación.

Por otro lado, en esta realización particular de la invención, los medios 8 de presión comprenden, además de la base fija 8a, una plataforma móvil 8b que es capaz de desplazarse, gracias a la acción de un dispositivo 8e de accionamiento (en esta
5 realización, un motor) que hace girar unos dispositivos 8c de apriete, los cuales, en esta realización de la invención, son unos tornillos acoplados a unas porciones pasantes roscadas, provistas en la plataforma móvil 8b. Como resultado de este desplazamiento la plataforma móvil 8b puede ejercer presión sobre la tapa 3 de la cámara 4, y dicha presión se transmite, a su vez, por contacto a los elementos mecánicos.

10

Entre los tornillos 8c y el dispositivo 8e de accionamiento pueden estar dispuestos, opcionalmente, unos reductores 8d de velocidad. Dichos reductores 8d permiten amplificar la fuerza que es capaz de ejercer el tornillo, para un mismo par del dispositivo 8e de accionamiento. También esta preferiblemente provista una junta Cardan 8f, que
15 permite igualar la velocidad de rotación de los reductores 8d y unas guías 8g, que permiten que la plataforma móvil 8b se desplace de forma paralela a la base fija 8a.

15

En esta realización de la invención también está provista al menos una célula 9a de carga, destinada a medir la fuerza de compresión aplicada sobre la tapa 3 por los medios
20 de sollicitación y al menos un termopar 9b, destinado a medir la temperatura del material fluido 1, o en su caso, de la mezcla formada por el material fluido 1 y las partículas en suspensión, destinadas a mezclarse con dicho material fluido 1.

20

La presente invención no está limitada, en modo alguno, a las realizaciones aquí
25 divulgadas. Para la persona experta en la técnica serán evidentes otras posibles realizaciones diferentes de esta invención, a la vista de la presente descripción. En consecuencia, el alcance de protección de la presente invención está definido, exclusivamente, por las reivindicaciones que siguen a continuación.

25

30

REIVINDICACIONES

1. Sistema de tratamiento de materiales, seleccionados entre materiales en estado fluido (1) y partículas en suspensión en un material fluido (1), que comprende:

5

- al menos un par cinemático superior provisto de dos elementos mecánicos (2a, 2b; 2a, 2c) estando dicho par cinemático en contacto con un material en estado fluido (1), o en contacto con unas partículas en suspensión en un material fluido (1);

10

- medios motores (5) para generar una velocidad relativa predeterminada (v) entre los elementos mecánicos (2a, 2b; 2a, 2c) de dicho par cinemático; y

- medios de sollicitación (8) para someter a dicho par cinemático a una presión (p) de contacto predeterminada;

15

caracterizado por que el par cinemático superior está formado por al menos un rodamiento (2) provisto de elementos rodantes (2a) dispuestos entre un aro móvil (2b) y un aro fijo (2c).

2. Sistema de tratamiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el rodamiento (2) comprende una jaula (2d) para separar los elementos rodantes (2a).

20

3. Sistema de tratamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende al menos un par cinemático superior formado por un engranaje, un mecanismo leva-seguidor, un mecanismo cadena-piñón, una transmisión por cadena, una transmisión por correa, una transmisión por cable, un tribómetro de varilla sobre disco o un tribómetro de bola sobre disco.

25

4. Sistema de tratamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los pares cinemáticos superiores, están alojados en una cámara (4) cerrada herméticamente por una tapa (3).

30

5. Sistema de tratamiento según la reivindicación 4, caracterizado por que la cámara cerrada (4) está provista de conductos (7) para la entrada y/o salida de materiales en estado fluido (1).

35

6. Sistema de tratamiento según la reivindicación 4, caracterizado por que la cámara (4) está provista de al menos un taladro (4d) de entrada y/o de salida controlada de gas.

5 7. Sistema de tratamiento según la reivindicación 4, caracterizado por que está provisto, además, de un serpentín (6) por el que circula un fluido de intercambio de calor.

8. Sistema de tratamiento según la reivindicación 4, caracterizado por que está provisto, además de, al menos, una ventana que permite el acceso al interior de la cámara, de radiación electromagnética o acústica.

10

9. Sistema de tratamiento según la reivindicación 4, caracterizado por que los medios motores (5) comprenden un motor (5a) conectado a un árbol (5b) de transmisión, de tal forma que dicho motor (5a) es capaz de transmitir una velocidad angular (w) a dicho árbol (5b) de transmisión, accediendo dicho árbol (5b) al interior de la cámara (4), a través de una abertura provista en el cuerpo de tapa (3a) de la tapa (3), de tal forma que el árbol (5b) puede transmitir dicha velocidad angular (w) a uno de los elementos (2b) del par cinemático.

15

10. Sistema de tratamiento según la reivindicación 9, caracterizado por que la tapa (3) comprende además, un retén (3b) y una junta tórica (3c).

20

11. Sistema de tratamiento según la reivindicación 4, caracterizado por que la cámara (4) comprende un cuerpo (4a) de cámara para albergar al material en estado fluido (1), y una camisa (4b) y una arandela (4c) para fijar los pares cinemáticos.

25

12. Sistema de tratamiento según la reivindicación 4, caracterizado por que los medios (8) de sollicitación comprenden una base fija (8a) sobre la que está dispuesta la cámara (4) y una plataforma móvil (8b) desplazable mediante dispositivos (8c) de apriete para ejercer presión sobre la tapa (3) de la cámara (4), estando dichos dispositivos (8c) de apriete controlados por un dispositivo (8e) de accionamiento.

30

13. Sistema de tratamiento según la reivindicación 12, caracterizado por que los medios (8) de sollicitación están provistos, además, de:

- reductores (8d) de velocidad dispuestos entre los dispositivos (8c) de apriete y el dispositivo (8e) de accionamiento;

35

- una junta Cardan (8f) y
- guías (8g) de desplazamiento de la plataforma móvil (8b).

14. Sistema de tratamiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
5 caracterizado por que está provisto además de medios vibratorios para someter al par
cinemático a un movimiento vibratorio.

10

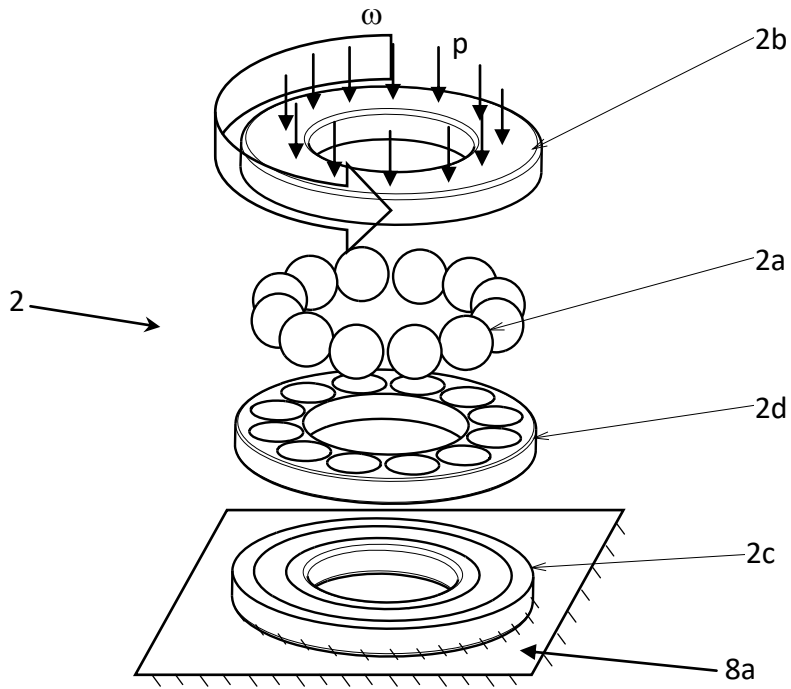


Fig. 1

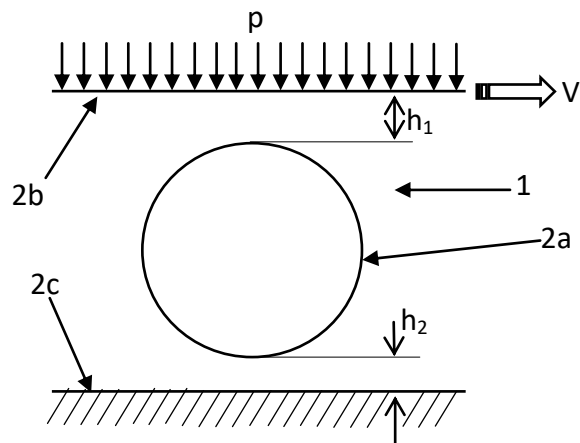


Fig. 2

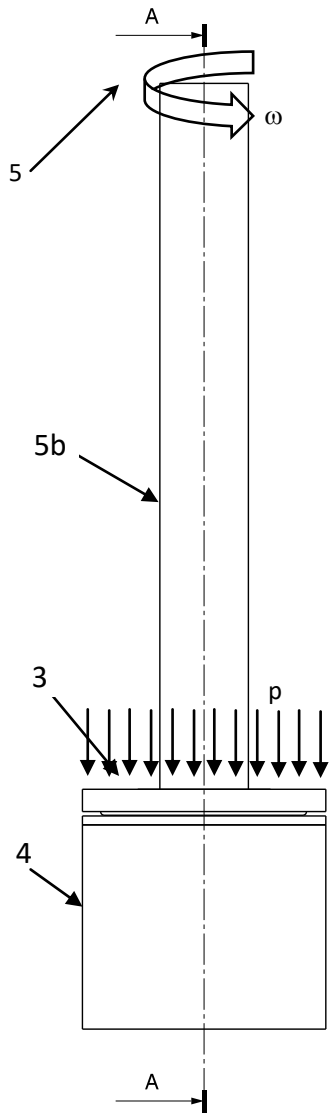


Fig. 3a

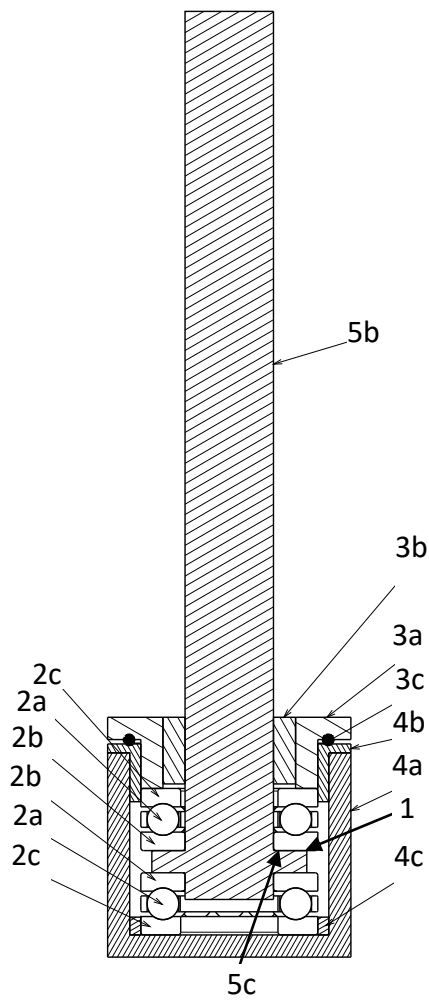


Fig. 3b

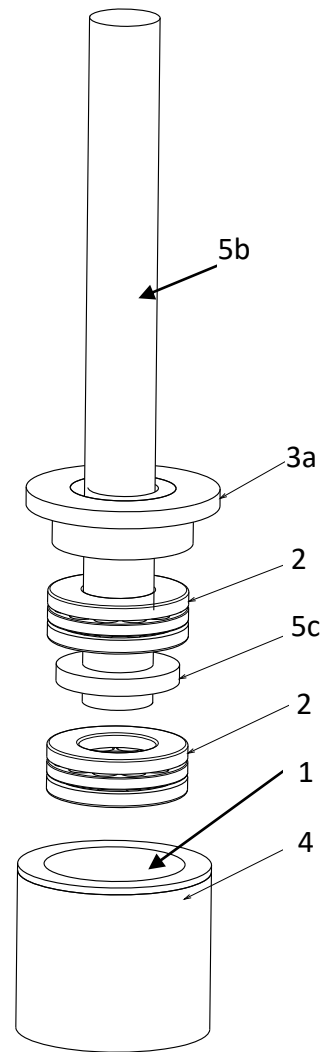


Fig. 3c

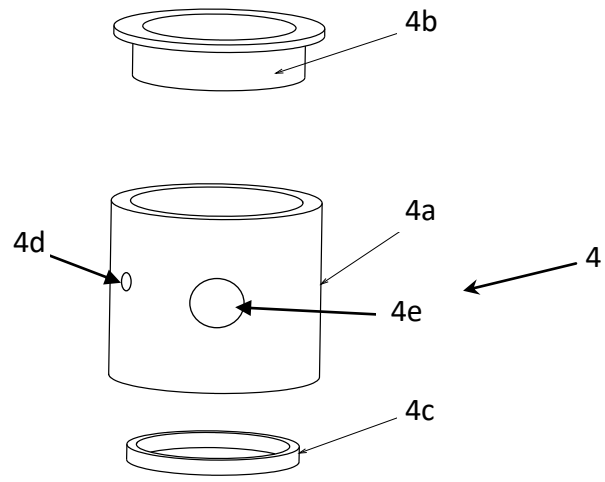


Fig. 4

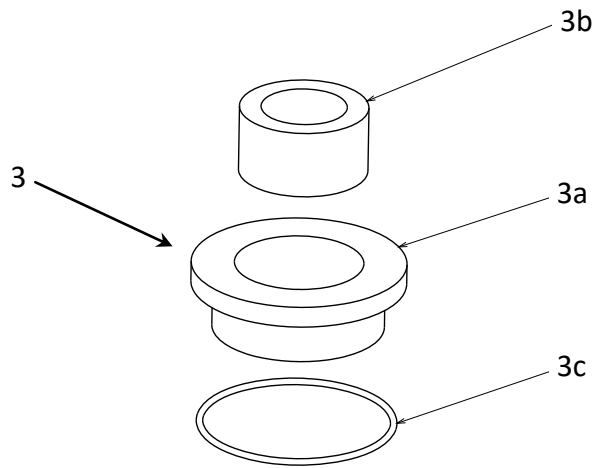


Fig. 5

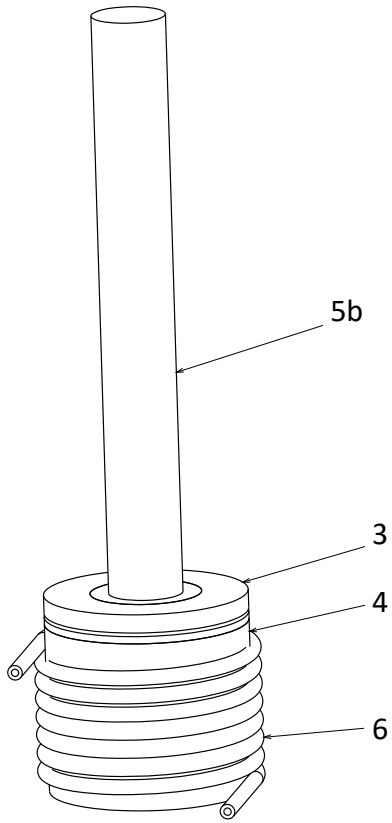


Fig. 6

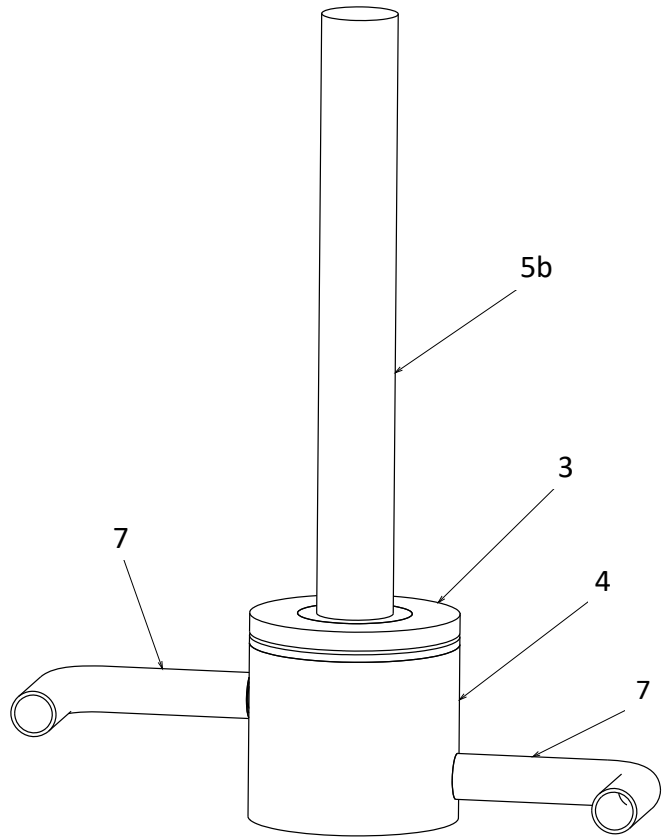


Fig. 7

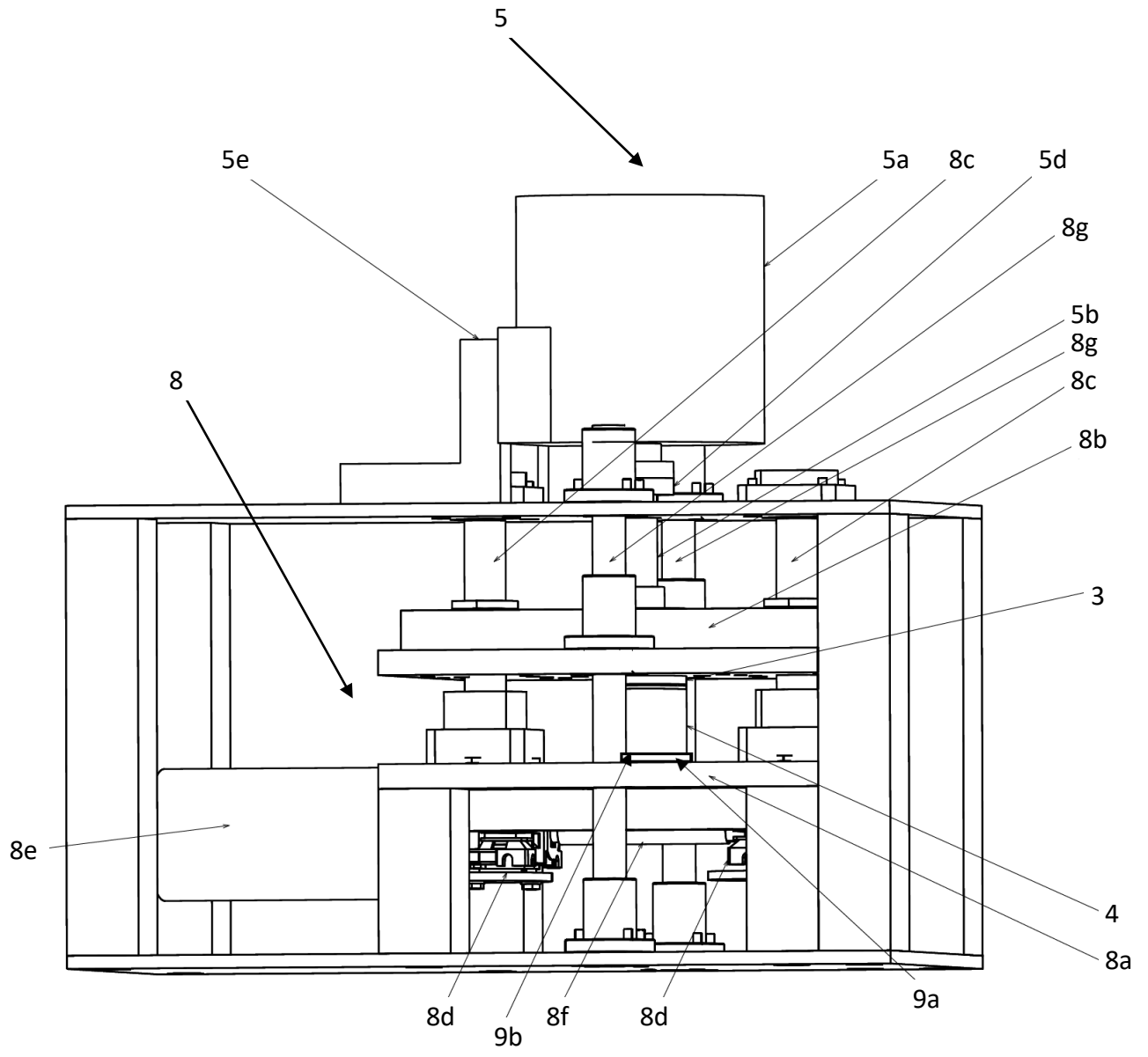


Fig. 8