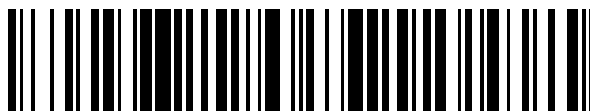


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 366**

51 Int. Cl.:

D01D 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2016** **PCT/CZ2016/050045**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017** **WO17108012**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2016** **E 16829059 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020** **EP 3394328**

54 Título: **Procedimiento para producir nanofibras poliméricas mediante electrohilado de una solución o masa fundida de polímero, electrodo de hilado para llevar a cabo el procedimiento y dispositivo para producir nanofibras poliméricas equipado con uno de dichos electrodos de hilado, como mínimo**

30 Prioridad:

21.12.2015 CZ 20150928

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

26.11.2020

73 Titular/es:

**TECHNICKA UNIVERZITA V LIBERCI (100.0%)
Studentska 1402/2
460 01 Liberec, CZ**

72 Inventor/es:

**BERAN, JAROSLAV;
VALTERA, JAN;
BILEK, MARTIN;
SKRIVANEK, JOSEF;
BATKA, ONDREJ;
LUKAS, DAVID;
POKORNY, PAVEL;
KALOUS, TOMAS;
SOUKUPOVA, JULIE y
KUZELOVA KOSTAKOVA, EVA**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 796 366 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 producir nanofibras poliméricas mediante electrohilado de una solución o masa fundida de polímero, electrodo de hilado para llevar a cabo el procedimiento y dispositivo para producir nanofibras poliméricas equipado con uno de dichos electrodos de hilado, como mínimo

Sector técnico

La invención se refiere a un electrodo de hilado para producir nanofibras poliméricas mediante electrohilado de una solución o masa fundida de polímero.

La invención se refiere asimismo a un dispositivo para producir nanofibras mediante electrohilado de una solución o masa fundida de polímero, equipado con uno de dichos electrodos de hilado, como mínimo.

Además, la invención se refiere asimismo a un procedimiento para producir nanofibras por medio del electrohilado de una solución o masa fundida de polímero.

Estado de la técnica anterior

Actualmente, se utilizan dos tipos básicos de electrodos de hilado para producir nanofibras poliméricas (es decir, fibras por debajo de 1000 nm de diámetro) mediante hilado electrostático (es decir, utilizando alta tensión eléctrica de CC) de una solución o masa fundida de polímero. El primero de estos es un cuerpo desplazable, la mayor parte de las veces un cilindro giratorio o una espiral, cuyos hilos se sitúan sobre una superficie cilíndrica, estando el cuerpo desplazable sumergido parcialmente en la solución o masa fundida de polímero, colocada en un recipiente adecuado. Al mismo tiempo, la solución o masa fundida de polímero se pone en un campo electrostático en la superficie del cuerpo (véase, por ejemplo, la Patente WO 2005024101). Un segundo tipo de electrodo de hilado es un tubo, o más específicamente, una tobera o un capilar, a cuya punta, que está situada en un campo electrostático, se alimenta una solución o masa fundida de polímero a través de su cavidad (véase, por ejemplo, la Patente WO 2005042813).

Además, estos electrodos de hilado se pueden utilizar asimismo durante el denominado "electrohilado" (o "electrohilado de CA") utilizando el procedimiento, según la patente CZ 304137, en el que para la fabricación de nanofibras poliméricas se utiliza una tensión eléctrica alterna, que se suministra solamente al electrodo/electrodos de hilado. Se crea un campo eléctrico para la fabricación de nanofibras entre el electrodo de hilado e iones de aire y/o iones de gas de carga opuesta, que se generan en su proximidad mediante la ionización del aire o gas circundante, y/o son alimentados a su proximidad desde una fuente de iones, y/o nanofibras de carga opuesta formadas en el momento anterior.

Los documentos de Patente US 20157275399 A1 y JP 2010 189782 A dan a conocer asimismo electrodos de hilado conocidos.

El inconveniente de los electrodos de hilado conocidos hasta la fecha compuestos de una varilla, un tubo o una tobera, es el hecho de que la tensión eléctrica que se suministra los mismos concentra sustancialmente la intensidad del campo eléctrico en sus bordes afilados, especialmente en el área de transición entre sus caras superiores y sus cuerpos envolventes, lo que no permite utilizar completamente su superficie de trabajo, que ya está limitada (teniendo normalmente un diámetro por debajo de 1 mm) y, por lo tanto, estos electrodos tiene solamente una salida de hilado muy baja.

Además, durante el electrohilado una pequeña parte de las nanofibras formadas anteriormente vuelven a la superficie del electrodo de hilado debido a fuerzas eléctricas atractivas, donde se depositan, formando un depósito similar a una flor, que provoca gradualmente una disminución en la salida de hilado del electrodo, véase, por ejemplo, la figura 11, y después de un periodo de tiempo relativamente corto, interrumpe completamente el proceso de hilado.

El objetivo de la invención es proponer un electrodo de hilado que elimine los inconvenientes de los electrodos existentes compuestos de un tubo o una tobera, es decir, que permita aumentar no sólo su salida de hilado actual sino, al mismo tiempo, prolongar la duración del electrohilado continuo.

Además, el objetivo de la invención es proponer un dispositivo para producir nanofibras y un procedimiento para el electrohilado de la solución o masa fundida de polímero que, utilizando el electrodo de hilado, según la invención elimine los inconvenientes del electrohilado cuando se utilizan electrodos conocidos.

Principio de la invención

El objetivo de la invención se consigue mediante un electrodo de hilado para fabricar nanofibras poliméricas mediante electrohilado de una solución o masa fundida de polímero, según la reivindicación 1, por la cual el

electrodo contiene un tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero, que se abre en la cara superior del electrodo de hilado, con lo que se crea una superficie de hilado alrededor de, como mínimo, una parte de la boca del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero en la cara superior del electrodo de hilado, siendo la superficie de hilado redondeada hacia abajo por debajo de la boca. Una superficie colectora orientada hacia abajo está formada junto a la superficie de hilado en la superficie exterior del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero. Esta construcción del electrodo de hilado permite formar la mayor parte de las nanofibras poliméricas en condiciones idénticas, en la misma parte del campo eléctrico y a la misma intensidad o, más específicamente, la misma extensión de la acción de la fuerza del campo sobre la solución o masa fundida de polímero. Por consiguiente, estas nanofibras tienen parámetros muy similares, especialmente el diámetro o, en otras palabras, una pequeña variación en estos parámetros y, además, es posible aumentar el área superficial, a partir de la cual se forma el hilado, aumentando de ese modo la cantidad de nanofibras que se forman.

En una variante de realización preferente, la pared del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero se extiende hacia el exterior en dirección a la boca del tubo de entrada, de manera que se forma una superficie de hilado alrededor de, como mínimo, una parte de la boca sobre la cara superior extendida del electrodo de hilado, estando la superficie de hilado redondeada hacia abajo por debajo de la boca, con lo que la superficie de hilado sigue como una superficie colectora orientada hacia abajo, dispuesta en la superficie exterior del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero. La ventaja de esta variante es el hecho de que, como mínimo, una parte de la superficie colectora está dispuesta en una sombra eléctrica con baja intensidad del campo eléctrico bajo la extensión de la pared del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero, lo que reduce considerablemente el peligro de hilado no deseado de la solución o la masa fundida desde esta superficie.

En la mayoría de las variantes del electrodo de hilado, según la invención, entre la boca del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero y la superficie de hilado está formada una superficie de transporte plana, redondeada o puntiaguda, orientada hacia arriba o hacia abajo. Esta superficie de transporte continúa como una superficie de hilado. La superficie de transporte está destinada principalmente a transportar la solución o masa fundida de polímero del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero a la superficie de hilado del electrodo de hilado.

Para impedir el hilado accidental de la solución o masa fundida de polímero desde la superficie colectora del electrodo de hilado, como mínimo una parte del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero está cubierta, a lo largo de toda su circunferencia, con una cubierta por debajo de la superficie de hilado. Además, entre la superficie exterior del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero y la superficie interior de la cubierta hay formado un intersticio para recoger y retirar la solución o masa fundida de polímero.

Por ejemplo, para formar una mezcla de nanofibras o nanofibras de biocomponentes, se diseña un electrodo de hilado que contiene, como mínimo, dos tubos de entrada de la solución o masa fundida de polímero, separados entre sí, con lo que alrededor de como mínimo una parte de la boca de cada uno de los tubos de entrada está dispuesta una superficie de hilado separada, que es redondeada hacia abajo por debajo de la boca en cuestión. Por lo tanto, es posible realizar hilado desde cada una de estas superficies de hilado separadas utilizando diferentes masas fundidas o soluciones de polímero, creando de ese modo una mezcla de nanofibras, que difieren en el material y/o en diámetro y/o en otro parámetro, por ejemplo, el contenido de una o varias sustancias activas, o se pueden hilar las mismas nanofibras desde las mismas aumentando de ese modo su producción.

Preferentemente, las superficies de hilado separadas están dispuestas por debajo entre sí y están orientadas coaxialmente.

En otra variante de realización, en la que el electrodo de hilado tiene más superficies de hilado separadas, la superficie colectora en la superficie exterior del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero continúa como una segunda superficie de transporte, que continúa, además, como una segunda superficie de hilado redondeada, que está dispuesta en un diámetro exterior mayor que la superficie de hilado dispuesta, como mínimo, a lo largo de una parte de la circunferencia de la boca del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero, teniendo la segunda superficie de hilado un radio de curvatura menor que la superficie de hilado. La segunda superficie de hilado continúa como una segunda superficie colectora.

En el caso de una forma adecuada, por ejemplo cuando la superficie de hilado del electrodo de hilado consiste en, como mínimo, dos superficies secundarias de hilado, redondeadas alejándose de la boca del tubo de entrada de la solución o masa fundida, con lo que existe una transición suave entre estas superficies secundarias de hilado redondeadas, con lo que los radios de la curvatura de estas superficies secundarias disminuyen gradualmente en la dirección alejándose de la boca del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero, o cuando su superficie curva se compone de una curva diferenciable por partes ("spline") adecuada, es decir, una curva que corresponde a una función polinómica definida en intervalos, es posible omitir una superficie de transporte entre la boca del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero y la superficie de hilado del electrodo de hilado, dado que en este caso el hilado se inicia inmediatamente después de que la solución o masa fundida de polímero abandone el tubo de entrada.

La extensión de la pared del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero puede ser una parte integral del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero, o puede estar formada por un cuerpo separado montado en, o conectado al tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero.

5 Por lo menos una parte de la extensión de la pared del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero puede tener un diámetro exterior constante en, como mínimo, parte de su altura, es decir, cuando se considera una sección transversal circular del electrodo de hilado, puede estar formada por un cilindro.

10 El electrodo de hilado, según la invención puede estar fabricado de un material eléctricamente conductor, pero asimismo de un material eléctricamente no conductor. En la segunda variación, la tensión eléctrica alterna es suministrada directamente a la solución o masa fundida de polímero que está siendo hilada.

15 El objetivo de la invención se consigue asimismo mediante un dispositivo para la producción de nanofibras mediante electrohilado de la solución o masa fundida de polímero, cuyo principio consiste en que está montado, como mínimo, con un electrodo de hilado, según la reivindicación 1.

Además, el objetivo de la invención se consigue mediante un procedimiento para producir nanofibras mediante electrohilado de una solución o masa fundida de polímero, según la reivindicación 17, en el que la solución o masa fundida de polímero se suministra a través de un tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero que finaliza mediante una boca sobre una superficie de hilado de un electrodo de hilado, con lo que se suministra tensión eléctrica alterna al electrodo de hilado y/o a la solución o masa fundida de polímero. El principio del procedimiento, según la invención consiste en el hecho de que la solución o masa fundida de polímero fluye sobre la superficie de hilado dispuesta alrededor de, como mínimo, una parte de la boca de la solución o masa fundida de polímero, siendo redondeada la superficie de hilado hacia abajo por debajo de la boca, con lo que la solución o masa fundida de polímero es hilada desde la superficie de hilado. Al mismo tiempo, la solución o masa fundida de polímero sobrante es alimentada a esta superficie de hilado y la solución o masa fundida de polímero no hilada lava la superficie de hilado del electrodo de hilado, tras lo cual fluye hacia abajo desde esta debido a la fuerza de la gravedad hasta la superficie colectora adyacente en la superficie exterior del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero.

30 Si el electrodo de hilado tiene más superficies de hilado, la solución o masa fundida de polímero puede ser guiada desde la superficie colectora mediante la fuerza de la gravedad hasta una segunda superficie de transporte, que es redondeada, oblicua, horizontal o puntiaguda, y desde esta a una segunda superficie de hilado, que es redondeada y está orientada hacia abajo, o la misma solución o masa fundida de polímero o una diferente es alimentada a cada superficie de hilado del electrodo de hilado a través del tubo de entrada de la solución o masa fundida de polímero, que es hilada sobre cada superficie de hilado. Utilizar diferentes soluciones o masas fundidas de polímero da como resultado la creación de la mezcla de dos tipos de nanofibras, que difieren entre sí en material y/o diámetro y/o en el posible contenido de una o varias sustancias activas en el material de la fibra, y/o en otro parámetro.

40 En otra variante, durante el proceso de hilado de la solución o masa fundida de polímero desde la superficie de hilado del electrodo de hilado, se alimenta una diferente solución o masa fundida de polímero a esta superficie de hilado desde la segunda superficie de hilado dispuesta sobre la misma y, como resultado, se forman nanofibras de biocomponentes.

45 **Descripción de los dibujos**

En los dibujos adjuntos, la figura 1 representa esquemáticamente una sección longitudinal de una primera variante de realización del electrodo de hilado, según la invención, la figura 2 muestra una sección longitudinal de una segunda variante de realización del electrodo de hilado, según la invención, la figura 3a representa esquemáticamente una sección longitudinal de una tercera variante de realización del electrodo de hilado, según la invención, la figura 3b representa la visualización de isosuperficies que muestran el curso de la intensidad del campo eléctrico en la proximidad del electrodo de hilado, según la figura 3a, la figura 4 muestra una sección longitudinal de una cuarta variante de realización del electrodo de hilado, según la invención, la figura 5 muestra una sección longitudinal de una quinta variante de realización del electrodo de hilado, según la invención, la figura 6 muestra una sección longitudinal de una sexta variante de realización del electrodo de hilado, según la invención en base a la realización mostrada en la figura 3, la figura 7 muestra una sección longitudinal de una séptima variante de realización del electrodo de hilado, según la invención con dos superficies de hilado, la figura 8 muestra una sección longitudinal de una octava variante de realización del electrodo de hilado, según la invención con dos superficies de hilado, la figura 9 muestra una sección longitudinal de una novena variante de realización del electrodo de hilado, según la invención con tres superficies de hilado, la figura 10 muestra una sección longitudinal de una décima variante de realización del electrodo de hilado, según la invención con una superficie de hilado. Finalmente, la figura 11 muestra una fotografía del electrodo de hilado durante el electrohilado utilizando el procedimiento, según la técnica anterior, con depósito no deseable de nanofibras sobre su borde superior.

Ejemplos de realización

El electrodo de hilado 1, según la invención contiene un tubo de entrada 2 de una solución o masa fundida de polímero, que finaliza en su cara superior 3, con lo que, alrededor de, como mínimo, una parte de su boca 20, está dispuesta una superficie de hilado 4, redondeada hacia abajo, que está destinada principalmente al hilado de la solución o masa fundida de polímero, que se sitúa sobre la misma. El radio R_z de curvatura de la superficie de hilado 4 está diseñado de tal modo que la mayor intensidad del campo eléctrico se obtiene sobre la superficie de hilado 4 del electrodo de hilado para la producción de nanofibras poliméricas bajo las condiciones determinadas o, más específicamente, de tal modo que se obtiene o supera la intensidad mínima crítica del campo eléctrico, durante la cual tiene lugar el hilado de la solución o masa fundida de polímero particular, pero al mismo tiempo sin rupturas eléctricas en esta intensidad.

En las variantes preferentes de realización del electrodo de hilado, la pared del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero se extiende hacia su boca 20 en una dirección hacia fuera, y la superficie de hilado 4 está dispuesta entonces sobre la cara superior extendida del electrodo de hilado 1, siendo esta extensión una parte integral del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, o estando compuesta de un cuerpo independiente montado en, o conectado al tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero. Preferentemente, se trata de una extensión gradual pero, aparte de esto, puede ser asimismo una extensión escalonada, por lo que esta extensión puede tener un diámetro exterior constante sobre como mínimo una parte de la longitud del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, es decir, cuando se considera la sección transversal circular del electrodo de hilado 1 la extensión puede estar formada, como mínimo parcialmente, por un cilindro, véase, por ejemplo, la figura 2.

Entre la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero y la superficie de hilado 4 en la cara superior 3 del electrodo de hilado, en caso de necesidad está formada una superficie de transporte plana y/u oblicua y/o puntiaguda y/o redondeada 5, que conecta la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero y la superficie de hilado 4 del electrodo de hilado 1 y que está destinada principalmente a transportar la solución o masa fundida de polímero bajo la fuerza de la gravedad a la superficie de hilado 4. Si la superficie de transporte 5 es redondeada, el radio R_T de su curvatura es mayor que el radio R_z de la curvatura de la superficie de hilado 4. La superficie de transporte oblicua, puntiaguda o redondeada 5 puede estar orientada hacia arriba o hacia abajo.

La figura 1 representa una sección longitudinal de una primera variante de realización del electrodo de hilado 1, según la invención. Este electrodo de hilado 1 contiene un tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero formado por un tubo hueco, con lo que su boca 20 en la cara superior 3 del electrodo de hilado 1 está conectada a una superficie de transporte 5 en forma de anillo, que es de diseño horizontal en la variante de realización mostrada. Esta superficie de transporte 5 sigue como superficie de hilado redondeada 4 en forma de anillo orientada hacia abajo, por debajo de la boca 20. Esta superficie de hilado 4 sigue como una superficie colectora 6, que está formada por la superficie exterior del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero y que sirve principalmente para recoger y retirar de la superficie de hilado 4 la solución o masa fundida de polímero sobrante no hilada.

Durante el hilado, el campo eléctrico está concentrado en el área de la superficie de hilado 4 del electrodo de hilado 1, véase, por ejemplo, la figura 3b, que representa la visualización de isosuperficies que muestran el curso de la intensidad del campo eléctrico en la proximidad del electrodo de hilado 1. Como resultado, el campo eléctrico alcanza en este punto la máxima intensidad, con lo que es aquí donde la solución o masa fundida de polímero, que está en este momento particular situada en esta superficie de hilado 4, es sometida a electrohilado. Debido a esto, la gran mayoría de las nanofibras se forman bajo condiciones idénticas -en la misma parte del campo eléctrico y a la misma intensidad o extensión con la que actúa la fuerza del campo sobre la solución o masa fundida de polímero, y por lo tanto consiguen parámetros muy similares, en particular el diámetro, o, para ser más específicos, una variación menor de estos parámetros. Las nanofibras poliméricas preparadas de este modo, o capas o agrupaciones de nanofibras poliméricas, son por lo tanto considerablemente más uniformes, y por consiguiente son asimismo más adecuadas para su utilización real.

En otras variantes no mostradas de realización del electrodo de hilado 1, según la figura 1, su superficie de transporte 5 se puede crear como una superficie redondeada, oblicua o puntiaguda, con lo que puede estar orientada hacia arriba o hacia abajo.

La figura 2 muestra una sección longitudinal de una segunda variante de realización a modo de ejemplo del electrodo de hilado 1, según la invención. Este electrodo de hilado 1 contiene un tubo de entrada 2 de una solución o masa fundida de polímero compuesto de un tubo hueco, cuyas paredes se extienden de manera abrupta hacia su boca 20 en la cara superior 3 del electrodo de hilado 1 en una dirección hacia fuera, con lo que la extensión de la pared del tubo de entrada 20 de la solución o masa fundida de polímero tiene un diámetro exterior constante, como mínimo, en una parte de su altura -está formada por un cilindro. Existe una transición suave entre la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero en la cara superior extendida del electrodo de hilado 1 y una superficie de transporte 5 en forma de anillo, que se crea como una superficie horizontal en la variante de

realización mostrada. La superficie de transporte 5 continúa como una superficie de hilado 4 en forma de anillo, que es redondeada, orientada hacia abajo por debajo de la boca 20. Esta superficie de hilado 4 continúa, además, como una superficie colectora 6, que sirve principalmente para recoger y retirar de la superficie de hilado 4 la cantidad de la solución o masa fundida de polímero no hilada sobrante. La superficie colectora 6 está, en la variante de

5 realización mostrada, formada por la superficie exterior del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, con lo que debido a su extensión abrupta es puntiaguda. Además, su parte sustancial está dispuesta en la "sombra" eléctrica con una baja intensidad del campo eléctrico por debajo de la extensión de la pared del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero.

10 Durante el hilado, el campo eléctrico se concentra en el área de la superficie de hilado 4 del electrodo de hilado 1. Como resultado, el campo eléctrico alcanza en este punto la máxima intensidad, con lo que aquí la solución o masa fundida de polímero, que está en el momento particular en esta superficie de hilado 4, es sometida a electrohilado. Debido a esto, la gran mayoría de las nanofibras se forman bajo condiciones idénticas -en la misma parte del campo eléctrico y a la misma intensidad o extensión con la que la fuerza del campo actúa sobre la solución o masa fundida

15 de polímero, consiguiendo de ese modo parámetros muy similares, en particular el diámetro, o, para ser más específicos, una menor variación de estos parámetros. Las nanofibras poliméricas preparadas de este modo, o capas o agrupaciones de nanofibras poliméricas, son por lo tanto considerablemente más uniformes, y por consiguiente son asimismo más adecuadas para su utilización real.

20 En otras variantes no mostradas de realización del electrodo de hilado 1, según la figura 1, su superficie de transporte 5 se puede crear como siendo redondeada, oblicua o puntiaguda, por lo que se puede orientar hacia arriba o hacia abajo. La extensión de la pared del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero puede ser gradual, no en lugar de la extensión abrupta, lo que significa que la superficie colectora 6 puede estar compuesta, como mínimo, parcialmente, de una superficie oblicua o redondeada.

25 La figura 3a muestra una sección longitudinal de una tercera variante de una realización a modo de ejemplo del electrodo de hilado 1, según la invención. Este electrodo de hilado 1 contiene un tubo de entrada 2 de solución o masa fundida de polímero compuesto de un tubo hueco, cuya pared se extiende continuamente hacia su boca 20 en la cara superior 3 del electrodo de hilado 1 en una dirección hacia fuera. La boca 20 en la cara superior extendida 3 del electrodo de hilado 1 continúa como una superficie de transporte 5 en forma de anillo, que en la variante de

30 realización mostrada es redondeada hacia abajo. Esta superficie de transporte 5 continúa como una superficie de hilado 4 en forma de anillo, que es redondeada y está orientada idénticamente, con lo que el radio R_z de su curvatura es menor que el radio R_T de la curvatura de la superficie de transporte 5. La superficie de hilado 4 está dispuesta en el punto del máximo diámetro exterior de la pared del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero. La superficie de hilado 4 continúa, además, como una superficie colectora 6, que sirve principalmente para recoger y retirar de la superficie de hilado 4 la cantidad de la solución o masa fundida de polímero no hilada sobrante. En la variante de realización mostrada, la superficie colectora 6 está formada por la superficie exterior del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, con lo que es puntiaguda debido a su extensión. Su parte sustancial está dispuesta en la "sombra" eléctrica con una baja intensidad del campo eléctrico por debajo de la

35 extensión de la pared del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero (de la figura 3b).

La boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero es, por lo tanto, en esta variante de realización, la parte más alta de la cara superior 3 del electrodo de hilado 1.

45 Durante el hilado, el campo eléctrico se concentra en el área de la superficie de hilado 4 del electrodo de hilado 1 -véase, por ejemplo, la figura 3b, que representa la visualización de isosuperficies que muestran el curso de la intensidad del campo eléctrico en la proximidad del electrodo de hilado 1 en la realización, según la figura 3a. Como resultado, el campo eléctrico alcanza en este punto la máxima intensidad, con lo que es aquí donde la solución o masa fundida de polímero, que está en este momento particular situada en esta superficie de hilado 4, es sometida a electrohilado. Por consiguiente, la gran mayoría de las nanofibras se forman en condiciones idénticas -en la misma

50 parte del campo eléctrico y a la misma intensidad o extensión de la fuerza del campo que actúa sobre la solución o masa fundida de polímero, consiguiendo de ese modo parámetros muy similares, en particular el diámetro, o, en otras palabras, una menor variación de estos parámetros. Las nanofibras poliméricas preparadas de este modo, o capas o agrupaciones de nanofibras poliméricas, son por lo tanto sustancialmente más uniformes, y por consiguiente son asimismo más adecuadas para su utilización real.

55 En otras variantes no mostradas de realización del electrodo de hilado 1, según la figura 3a, su superficie de transporte 5 se puede crear como plana u oblicua o, según sea el caso, puntiaguda. La superficie colectora 6 se puede diseñar redondeada.

60 La figura 4 muestra una sección longitudinal de una cuarta variante de realización a modo de ejemplo del electrodo de hilado 1, según la invención. Este electrodo de hilado 1 es, en términos de diseño, casi idéntico al electrodo de hilado 1 mostrado en la figura 3a, con la diferencia de que, en esta variante, la superficie de transporte 5 en la cara superior 3 del electrodo de hilado 1 está diseñada como una superficie plana, orientada en un plano con la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero -en la variante de realización mostrada, está orientada horizontalmente.

La figura 5 muestra una sección longitudinal de una quinta variante de realización a modo de ejemplo del electrodo de hilado 1, según la invención. El diseño de este electrodo de hilado 1 es casi idéntico al del electrodo de hilado 1 mostrado en la figura 3, siendo la única diferencia el hecho de que, en esta variante, la superficie de transporte 5 de la cara superior 3 del electrodo de hilado 1 está fabricada redondeada y está orientada hacia arriba -por encima de la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero.

En una variante de realización no mostrada, la superficie de transporte 5 puede ser oblicua o puntiaguda.

La figura 6 muestra una sección longitudinal de una sexta variante de realización a modo de ejemplo del electrodo de hilado 1, según la invención. La construcción de este electrodo de hilado 1 es casi idéntica al electrodo de hilado 1 mostrado en la figura 3a, con la diferencia de que en la variante de realización mostrada, una parte de la superficie exterior del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero por debajo de la extensión de su pared, o una parte de la superficie colectora 6, está cubierta con una cubierta tubular 7, que impide el hilado no deseable de la solución o masa fundida de polímero desde esta posición de la superficie del electrodo de hilado 1. Esta cubierta tubular 7 está fabricada preferentemente de un material no conductor eléctricamente, tal como plástico. Entre la cubierta 7 y la superficie exterior del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero está formado un intersticio 72 suficiente para la recogida suave y extracción de la solución o masa fundida de polímero no hilada.

Opcionalmente, la misma cubierta tubular 7 u otra similar se puede utilizar asimismo en cualquiera de las variantes del electrodo de hilado 1 descritas anteriormente o a continuación.

La figura 7 muestra una sección longitudinal de una quinta variante de realización a modo de ejemplo del electrodo de hilado 1, según la invención. Este electrodo de hilado 1 se compone de los cuerpos de dos electrodos de hilado, según la invención, de manera que está basado en el electrodo de hilado 1 mostrado en la figura 4, que constituye su cuerpo básico, que está complementado con un cuerpo de un segundo electrodo de hilado 11 de diseño similar, que es la variante de realización mostrada montada con una parte de su tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero en la cavidad del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero del cuerpo básico del electrodo de hilado 1, según la figura 4. El segundo electrodo de hilado 11 contiene un tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero formado por un tubo hueco, cuya pared se extiende abruptamente en su extremo, sobre la superficie de transporte 5 del cuerpo básico del electrodo de hilado 1 en una dirección hacia fuera y forma un cuerpo de disco 8, con lo que el tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero termina en su superficie exterior. Existe una transición suave entre la boca 202 del tubo de entrada 22 y la superficie de transporte 55 en forma de anillo, que es redondeada hacia abajo por debajo de la boca 202. Además, la superficie de transporte 55 continúa como una superficie de hilado redondeada 44 orientada de forma idéntica, en forma de anillo, cuyo radio R_{zz} de curvatura es, en la variante de realización mostrada, menor que el radio R_{TT} de curvatura de la superficie de transporte 55 y que está dispuesta en el punto de mayor diámetro exterior del cuerpo de disco 8. Entre la superficie interior del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero del cuerpo básico del electrodo de hilado 1 y la superficie exterior del tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero del electrodo de hilado 11, estando el tubo de entrada 22 montado en el tubo de entrada 2 del cuerpo básico del electrodo de hilado 1, está formado un intersticio 222 suficiente, que permite el suministro suave de la solución o masa fundida de polímero a la superficie de transporte 5 del cuerpo básico del electrodo de hilado 1.

Durante la utilización de este electrodo de hilado 1, la solución o masa fundida de polímero es alimentada a través de cada uno de los tubos de entrada 2, 22 de la solución o masa fundida de polímero sobre una respectiva superficie de transporte 5, 55 a una respectiva superficie de hilado 4, 44 y es hilada desde la superficie de hilado 4, 44. Además, es posible combinar dos diferentes masas fundidas o soluciones de polímero (o una solución y una masa fundida) y formar de ese modo una mezcla de dos tipos de nanofibras, que se diferencian entre sí en términos de material y/o diámetro y/o posible contenido de una o varias sustancias activas en el material de fibra, y/o en otro parámetro, o aumentar la producción de un tipo de las nanofibras. La composición de la mezcla de nanofibras formada de ese modo puede ser, si es apropiado, influida mediante, por ejemplo, limitar o cerrar la entrada de una de las soluciones/masas fundidas de polímero, y/o aumentando el suministro de la segunda de las mismas. Si la solución o masa fundida de polímero sobre desde la superficie de hilado 44 del segundo electrodo de hilado 11 a la superficie de transporte 5 o, más preferentemente, a la superficie de hilado 4 del cuerpo básico del electrodo de hilado 1, es posible hilar nanofibras de biocomponentes desde capas solapadas de dos soluciones o masas fundidas de polímero diferentes en la superficie de hilado 4 del electrodo de hilado 1, con lo que las nanofibras de biocomponentes contienen ambos polímeros. Mediante el ajuste adecuado del campo eléctrico y de las condiciones de hilatura, es posible obtener nanofibras de biocomponentes de tipo núcleo-funda hilados, cuya funda estará formada por polímero, cuya solución o masa fundida es suministrada a través del tubo de entrada 22 del segundo electrodo de hilado 11.

En variantes no mostradas de realización del electrodo de hilado 1 de este tipo, cualquiera de las variantes descritas anteriormente del electrodo de hilado 1 puede ser utilizada como su cuerpo básico 1. El segundo electrodo de hilado 11 puede contener entonces, por ejemplo, una superficie de transporte horizontal u oblicua o puntiaguda 55 o, tal como puede ser el caso, una superficie de transporte redondeada, oblicua o puntiaguda 55 orientada hacia arriba sobre la boca 202 del tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero.

En la variante de realización mostrada en la figura 7, el radio R_{zz} de curvatura de la superficie de hilado 44 del segundo electrodo de hilado 11 es menor que el radio R_z de la curvatura de la superficie de hilado 4 del cuerpo básico del electrodo de hilado 1. Sin embargo, en otras variantes no mostradas puede ser a la inversa, o ambos radios R_z , R_{zz} de la curvatura ser iguales.

La figura 8 muestra una sección longitudinal de una sexta variante de realización del electrodo de hilado 1, según la invención. El electrodo de hilado 1 está formado asimismo por la composición de los cuerpos de dos electrodos de hilado, según la invención, con lo que este se basa en el electrodo de hilado 1 mostrado en la figura 4, que constituye el cuerpo básico del electrodo de hilado 1 y que está complementado con un segundo electrodo de hilado 11 de diseño similar, que está dispuesto alrededor de su cubierta tubular 7. El segundo electrodo de hilado 11 contiene un tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero compuesto de un tubo hueco cuya pared, y en la variante de realización mostrada asimismo su cavidad interior (aunque no es necesario), se extiende hacia su extremo. Entre la superficie exterior de la cubierta tubular 7 del cuerpo básico del electrodo de hilado y la superficie interior del tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero del segundo electrodo de hilado 11 está formado un intersticio suficiente 222 para un suministro sin problemas de la solución o masa fundida de polímero. Existe una transición suave entre la boca 202 del tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero del segundo electrodo de hilado y una superficie de transporte oblicua 55 en forma de anillo, que está orientada hacia abajo. Esta superficie de transporte 55 continúa como una superficie de hilado 44, redondeada en una dirección descendente, con lo que el radio R_{zz} de su curvatura es menor que el radio R_z de la curvatura de la superficie de hilado 4 del cuerpo básico del electrodo de hilado 1, estando dispuesta la superficie de hilado 44 en el punto de mayor diámetro exterior del tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero del segundo electrodo de hilado 11. Esta superficie de hilado 44 continúa suavemente como una superficie colectora 66, que sirve principalmente para recoger y retirar de la superficie de hilado 44 la cantidad sobrante no hilada de la solución o masa fundida de polímero. La superficie colectora 66 está, en la variante de realización mostrada, formada por la superficie exterior del tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero del segundo electrodo de hilado 11, con lo que es puntiaguda debido a su extensión. Su parte sustancial está dispuesta en la "sombra" eléctrica con baja intensidad del campo eléctrico, por debajo de la extensión de la pared del tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero. Preferentemente, una parte de la superficie exterior del tubo de entrada 22 de la solución o masa fundida de polímero está cubierta con una cubierta tubular no mostrada.

Cuando se utiliza este electrodo de hilado 1, la solución o masa fundida de polímero es alimentada a través de cada uno de los tubos de entrada 2, 22 de la solución o masa fundida de polímero sobre una respectiva superficie de transporte 5, 55 hasta una respectiva superficie de hilado 4, 44 para ser hilada desde la superficie de hilado 4, 44. Además, es posible combinar dos diferentes soluciones o masas fundidas (o una solución o una masa fundida) de polímero y formar de ese modo una mezcla de dos tipos de nanofibras, que se diferencian entre sí en términos del material y/o del diámetro y/o del posible contenido de una o varias sustancias activas en el material de fibra, y/o de otro parámetro. La composición de la mezcla de nanofibras formada de ese modo puede ser, si es apropiado, influida mediante, por ejemplo, limitar o cerrar el tubo de entrada de una de las soluciones/masas fundidas de polímero, y/o aumentando el suministro de la segunda de las mismas. En otra variante de realización, es posible alimentar la misma solución o masa fundida de polímero a través de ambos tubos de entrada 2, 22 de la solución o masa fundida de polímero, y utilizar la construcción del electrodo de hilado 1 con dos superficies de hilado separadas 4, 44 para formar mayores cantidades de nanofibras a partir del mismo material.

En realizaciones alternativas no mostradas del electrodo de hilado 1 de este tipo, cualquiera de las variantes descritas anteriormente o descritas a continuación del electrodo de hilado 1 de este tipo se puede utilizar como su cuerpo básico 1. El segundo electrodo de hilado puede contener entonces, por ejemplo, una superficie de transporte horizontal, oblicua o puntiaguda 55 u, opcionalmente, una superficie de transporte oblicua o puntiaguda 55 orientada hacia arriba.

En la variante de realización mostrada en la figura 6, el radio R_{zz} de curvatura de la superficie de hilado 44 del segundo electrodo de hilado 11 es menor que el radio R_z de la curvatura de la superficie de hilado 4 del cuerpo básico del electrodo de hilado 1. Sin embargo, en otras variantes no mostradas podría ser al revés, o los radios R_z , R_{zz} de curvatura podrían ser idénticos.

La figura 9 muestra una sección transversal de una séptima variante de realización a modo de ejemplo del electrodo de hilado 1, según la invención. Este electrodo de hilado 1 se basa en el electrodo de hilado 1 mostrado en la figura 3a (pero en otras variantes no mostradas de realizaciones, se puede basar en cualquiera de los tipos descritos anteriormente del electrodo de hilado 1), con lo que la superficie colectora 6 sigue con una segunda superficie de transporte 52 -en la variante mostrada, una superficie de transporte oblicua, en orientación descendente 52 en forma de anillo, formada en el exterior de la extensión de la pared del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero. Además, la segunda superficie de transporte 52 continúa como una segunda superficie de hilado redondeada 42, que está dispuesta en el diámetro exterior mayor que la superficie de hilado 4 en la cara superior extendida del electrodo de hilado 1, pero con un menor radio R_z de curvatura. La segunda superficie de hilado 42 continúa como una segunda superficie colectora 62, que sirve principalmente para recoger y retirar la solución o masa fundida de polímero sobrante no hilada, del segundo electrodo de hilado 42. En la variante de realización

mostrada, la segunda superficie colectora 62 está formada por la superficie exterior del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, con lo que es puntiaguda debido a su extensión. Por lo tanto, su parte sustancial está dispuesta en la "sombra" eléctrica con una baja intensidad del campo eléctrico, en el punto de un diámetro exterior del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero menor que la segunda superficie de hilado 42. Además, la segunda superficie colectora 62 continúa como una tercera superficie de transporte 53 -en la variante mostrada una superficie de transporte oblicua, orientada hacia abajo 53 en forma de anillo, formada en el exterior de la extensión de la pared del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero. La tercera superficie de transporte 53 continúa como una tercera superficie de hilado redondeada 43, que está dispuesta en un diámetro exterior mayor que la segunda superficie de hilado 42 y está diseñada con un menor radio R_z de curvatura. La tercera superficie de hilado 43 continúa como una tercera superficie colectora 63, que sirve principalmente para recoger y retirar la solución o masa fundida de polímero sobrante no hilada, desde la tercera superficie de hilado 43. En la variante de realización mostrada, la tercera superficie colectora 63 está formada mediante la superficie exterior del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, con lo que debido a su extensión es puntiaguda y su parte sustancial está, por lo tanto, dispuesta en la "sombra" eléctrica con una baja intensidad del campo eléctrico, por debajo de la extensión.

Por lo tanto, este electrodo de hilado 1 contiene tres superficies de hilado es dispuestas concéntricamente 4, 42, 43, lo que permite aumentar considerablemente la cantidad de nanofibras que se forman, por lo que debido al radio decreciente R_z de la curvatura de estas superficies de hilado 4, 42, 43, es posible obtener una intensidad igual o similar del campo eléctrico en la proximidad de cada una de estas y, por consiguiente, se puede obtener una variación muy pequeña de los diámetros de las nanofibras que se forman.

De manera similar, es posible formar un electrodo de hilado 1, que contendrá dos superficies de hilado dispuestas concéntricamente 4, 42, 43 u, opcionalmente, cuatro o más superficies de hilado dispuestas concéntricamente 4, 42, 43. Además, cada una de las superficies de transporte 5, 52, 53 se puede crear como una superficie horizontal u oblicua, redondeada o puntiaguda, orientada hacia arriba o hacia abajo.

En una variante de realización no mostrada, el tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero conduce a través de, como mínimo, una abertura en la proximidad de cada una de las superficies de transporte 52, 53, o directamente en una de estas.

La figura 10 muestra una sección transversal a través de una octava realización a modo de ejemplo del electrodo de hilado 1, según la invención. El electrodo de hilado 1 contiene un tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero formado por un tubo hueco, cuya pared se extiende gradualmente hacia su extremo hacia el exterior y a continuación se estrecha de nuevo, con lo que, en la superficie exterior del tubo de entrada 2, constituye una superficie de hilado combinada 4 que consiste en cuatro superficies secundarias de hilado redondeadas 4^1 a 4^4 , que están dispuestas en yuxtaposición con una transición suave entre las mismas en la dirección alejándose de la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero. Los radios R_{ZD1} a R_{ZD4} de las curvaturas de las superficies secundarias de hilado 4^1 a 4^4 disminuyen gradualmente en la dirección alejándose de la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, pero al mismo tiempo, sus diámetros exteriores se incrementan gradualmente. La superficie secundaria de hilado redondeada 4^4 continúa como una superficie colectora puntiaguda 6. La forma de la superficie de hilado 4 formada mediante, como mínimo, dos superficies secundarias de hilado redondeadas adyacentes 4^1 a 4^2 , cuyos radios R_{ZD1} a R_{ZD4} de curvatura disminuyen gradualmente en la dirección alejándose de la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, pero al mismo tiempo su diámetro exterior aumenta continuamente, garantiza que, en toda la superficie de la superficie de hilado 4, el campo eléctrico tiene una intensidad constante o sustancialmente constante, que es lo suficientemente alta como para iniciar el electrohilado de una solución o masa fundida de polímero particular. Debido a la fuerza de la gravedad, la solución o masa fundida de polímero fluye sobre toda la superficie de hilado 4 conformada de este modo, con lo que el electrohilado se inicia gradualmente en toda la superficie de hilado 4, o en su parte sustancial. Debido a la intensidad constante o sustancialmente constante del campo eléctrico, las nanofibras que se están formando tienen parámetros iguales o muy similares, especialmente el diámetro.

La superficie de hilado 4 diseñada de este modo puede consistir en, como mínimo, dos superficies secundarias de hilado redondeadas 4^1 , 4^2 , que se crean en yuxtaposición desde la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, y existe una transición suave entre las mismas. Los radios R_{ZD1} y R_{ZD2} de curvatura de las superficies secundarias de hilado 4^1 , 4^2 disminuyen gradualmente en la dirección alejándose de la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero.

En otra variante de realización, la superficie de hilado 4, que es la continuación de la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, está formada por una curva diferenciable por partes ("spline") (es decir, una curva que corresponde a una función polinómica definida en intervalos) de superficie, que debido al cambio continuo en el radio garantiza una intensidad igual o comparable del campo eléctrico a lo largo de toda la superficie de hilado 4.

El electrodo de hilado 1, según la invención puede estar fabricado, en todas las variantes de realización descritas anteriormente, tanto de un material eléctricamente conductor como de un material eléctricamente no conductor, con

lo que en el último caso, durante el hilado, se lleva directamente una tensión eléctrica a la solución o masa fundida de polímero para el hilado, formándose un campo eléctrico entre la solución o masa fundida y los iones circundantes, o entre la solución o masa fundida y, como mínimo, un electrodo colector dispuesto sobre el electrodo de hilado 1. En todas las variantes descritas anteriormente, gracias a la forma del electrodo de hilado 1, la solución o masa fundida de polímero se desplaza sobre su cara y superficie superior por la fuerza de la gravedad, por lo que no existe ninguna adherencia no deseable de la solución o masa fundida de polímero no hilada o de las nanofibras formadas durante el proceso anterior de hilado sobre la superficie de hilado 4 y, por consiguiente, no se produce ninguna atenuación gradual del hilado.

En todas las variantes de realización descritas anteriormente, el electrodo de hilado 1 y todos sus componentes tienen una sección transversal circular. Sin embargo, aparte de esto, en otras variantes, su sección transversal puede tener otra forma, por ejemplo, ovalada, triangular o multiangular -regular o irregular. En una variante específica, la sección transversal puede ser rectangular, con lo que la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero está formada por una ranura rectangular (preferentemente, con esquinas redondeadas), o un grupo de bocas 20 de cualquier forma, dispuestas en yuxtaposición.

En todas las variantes descritas anteriormente del electrodo de hilado 1, el borde interior puede estar en el área de transición entre la boca 20 del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero y la superficie de transporte 5 o la superficie de hilado 4 creada oblicua o redondeada.

El electrodo de hilado 1, según la invención está destinado a ser utilizado para electrohilado o electrohilado de corriente alterna, en el que el denominado "colector virtual" sirve como un contraelectrodo. Este se compone de iones y secciones nanofibrosas de polaridad opuesta preparadas durante el proceso anterior de electrohilado de corriente alterna. El colector virtual sigue la forma en la superficie del electrodo de hilado 1, es decir, rodea el electrodo de hilado 1 o, más precisamente, rodea su superficie/superficies de hilado 4, 44, 444 en una distancia específica de varios centímetros, por lo tanto, contribuyendo considerablemente a la intensidad elevada y homogéneamente distribuida del campo eléctrico. Sin embargo, la uniformidad resultante está influida especialmente por la forma de la superficie/superficies de hilado 4, 44, 444 del electrodo de hilado 1. Las nanofibras recién formadas se recombinan parcialmente con aquellas que ya se han formado alrededor del contraelectrodo virtual. Este proceso se repite constantemente debido a la naturaleza de alta tensión alterna aplicada. Haces nanofibrosos de polaridad opuesta, resultantes de emisiones de polaridad opuesta unas inmediatamente seguidas de otras, se atraen mutuamente y crean una formación -una pluma nanofibrosa. Esta pluma contiene hebras recombinadas eléctricamente de nanofibras, que son formadas por el electrodo de hilado, y se aleja del electrodo de hilado, a lo largo de su eje. Este movimiento de la pluma surge debido al efecto del denominado "viento eléctrico" producido por el electrodo de hilado. En una distancia de aproximadamente 5 cm (dependiendo de las condiciones del hilado) de la superficie del electrodo de hilado 1, el material nanofibroso en el interior de la pluma es inmóvil internamente, sin ninguna reagrupación de nanofibras.

El dispositivo para producir nanofibras poliméricas mediante electrohilado en el sentido de CZ 304137 contiene, como mínimo, un electrodo de hilado 1 de cualquier construcción descrita anteriormente, cuyo tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero está conectado a una fuente de la solución o masa fundida de polímero. El electrodo de hilado 1 y/o la solución o masa fundida de polímero está conectado o adaptado para conectarse a la fuente de corriente eléctrica alterna. En una variante de realización preferente, un generador de iones u otra fuente de iones de aire o de otros gases se abre al espacio sobre el electrodo de hilado 1. Además, es ventajoso, pero no necesario, que un colector estático o estacionario (eléctricamente activo o inactivo) esté montado en el espacio sobre el electrodo de hilado 1 para la recogida de nanofibras producidas, o para el traspaso de las nanofibras mediante un flujo de aire o de gas.

Cuando se aplica un procedimiento preferente para producir nanofibras poliméricas por medio de electrohilado de la solución o masa fundida de polímero utilizando el electrodo de hilado, según la invención, se suministra una mayor cantidad de la solución o masa fundida de polímero a través del tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero por medio de una bomba (no mostrada), a la superficie/superficies de hilado 4, 44, 444 del electrodo de hilado 1, siendo la cantidad de la solución o masa fundida de polímero mayor que la cantidad que se puede transformar en nanofibras en las condiciones dadas. La cantidad sobrante no hilada de la solución o masa fundida de polímero fluye, debido a la fuerza de la gravedad, sobre la superficie/superficies de hilado 4, 44, 444 y es retirada mediante la superficie colectora 6 a una vasija colectora no mostrada, o a la basura. Esta solución o masa fundida de polímero se puede reintroducir desde el recipiente colector al tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero, o al depósito de la solución o masa fundida de polímero con una solución o masa fundida fresca, y desde allí al tubo de entrada 2 de la solución o masa fundida de polímero. Si es necesario, es posible reciclar la solución o masa fundida de polímero antes de reintroducirla al tubo de entrada 2, por ejemplo, añadiendo un disolvente, o mediante calentamiento adicional y similares.

La solución o masa fundida de polímero sobrante alimentada a la superficie/superficies de hilado 4, 44, 444 del electrodo de hilado 1, combinada con la distribución uniforme del campo eléctrico a lo largo de estas superficies de hilado/estas superficies de hilado 4, 44, 444, permite crear nanofibras del mismo tipo en toda la superficie de hilado, o en todas las superficies de hilado 4, 44, 444, mejorando por lo tanto considerablemente la salida de hilado

conseguida. Durante este procedimiento, la superficie/superficies de hilado 4, 44, 444 del electrodo de hilado 1 son lavadas constantemente de manera simultánea mediante la cantidad sobrante no hilada de la solución o masa fundida de polímero, por lo que no existe una adherencia no deseable de la solución de polímero solidificada en las nanofibras o de la masa fundida de polímero en las mismas, por lo que este efecto de auto-limpieza garantiza que el hilado puede tener lugar con una intensidad igual o sustancialmente invariante durante un periodo de tiempo sustancialmente ilimitado.

Durante la utilización del electrodo de hilado 1 mostrado en la figura 7, es ventajoso que la solución o masa fundida de polímero, que se alimenta a la superficie de hilado 44 del segundo electrodo de hilado 11, no sea hilada desde esta superficie de hilado, sino que fluya más abajo de esta superficie hasta una superficie de transporte 5 o, más preferentemente, a la superficie de hilado 4 del cuerpo básico del electrodo de hilado 1, con lo que a partir de esta superficie de hilado 4 se hilan nanofibras núcleo-funda, funda que se forma mediante polímero, cuya solución o masas fundidas se suministran sobre la superficie de hilado 44 del segundo electrodo de hilado y forman una doble capa de soluciones poliméricas en la superficie de hilado 4. Por consiguiente, en estos lugares se forman nanofibras de biocomponentes de funda-núcleo Su funda consiste en una capa superior de polímero y el núcleo consiste en una capa inferior de polímero, que es atraído a una tobera de polímero debido a la hidrodinámica natural del proceso.

REIVINDICACIONES

1. Electrodo de hilado (1) para producir nanofibras poliméricas mediante electrohilado de una solución de polímero o masa fundida de polímero, el electrodo de hilado (1) contiene un tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero, que finaliza en una boca (20), **caracterizado por que** alrededor de, como mínimo, una parte de la boca (20) del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero está formada una superficie de hilado (4), que está destinada principalmente al hilado de la solución o masa fundida de polímero, que está sobre la misma, siendo la superficie de hilado (4) redondeada hacia abajo por debajo de la boca (20), de modo que la superficie de hilado (4) continúa como una superficie colectora orientada hacia abajo (6) formada en la superficie exterior del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero, de modo que la superficie colectora (6) sirve principalmente para recoger y retirar de la superficie de hilado (4) la solución o masa fundida de polímero sobrante no hilada.
2. Electrodo de hilado (1), según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la pared del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero se extiende hacia el exterior en dirección a la boca (20) del tubo de entrada (2), de modo que alrededor de, como mínimo, una parte de la boca (20) en la extensión de la pared del electrodo de hilado (1) está formada una superficie de hilado (4) redondeada hacia abajo debajo de la boca (20), de modo que la superficie de hilado (4) continúa como una superficie colectora orientada hacia abajo (6), formada en la superficie exterior del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero.
3. Electrodo de hilado (1), según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** entre la boca (20) del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero y la superficie de hilado (4) está formada una superficie de transporte plana, oblicua, redondeada o puntiaguda (5) orientada hacia arriba sobre la boca (20) o hacia abajo bajo la boca (20), de modo que la superficie de transporte (5) continúa como la superficie de hilado (4).
4. Electrodo de hilado (1), según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que**, como mínimo, una parte del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero bajo la superficie de hilado (4) está cubierta, a lo largo de toda su circunferencia, con una cubierta (7), de modo que entre la superficie exterior del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero y la superficie interior de la cubierta (7) está formado un intersticio (72) para recoger y retirar la solución o masa fundida de polímero.
5. Electrodo de hilado (1), según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** contiene como mínimo dos tubos de entrada separados mutuamente (2, 22) de la solución o masa fundida de polímero, de modo que alrededor de, como mínimo, una parte de la boca (20, 202) de cada uno de estos está dispuesta una superficie de hilado separada (4, 44), que es redondeada hacia abajo bajo la boca (20, 202).
6. Electrodo de hilado, según la reivindicación 2, **caracterizado por que** la superficie colectora (6) en la superficie exterior del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero continúa como una segunda superficie de transporte (52), con lo que, además, la segunda superficie de transporte (52) continúa como una segunda superficie de hilado redondeada (42), que está dispuesta en un diámetro exterior mayor que la superficie de hilado (4), dispuesta, como mínimo, a lo largo de una parte de la circunferencia de la boca (20) del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero, y que tiene un radio (R_z) de curvatura menor que la superficie de hilado (4), de modo que la segunda superficie de hilado (42) continúa como una segunda superficie colectora (62).
7. Electrodo de hilado, según la reivindicación 2, **caracterizado por que** la superficie de hilado (4) en la extensión de la pared del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero comienza inmediatamente cerca de la boca (20) del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero, de modo que se compone de, como mínimo, dos superficies secundarias de hilado redondeadas (4^1 , 4^2) que son adyacentes entre sí y cuyos radios (R_{ZD1} , R_{ZD2}) de curvatura disminuyen gradualmente en la dirección alejándose de la boca (20) del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero.
8. Electrodo de hilado (1), según las reivindicaciones 2 o 7, **caracterizado por que** la extensión de la pared del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero es una parte integral del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero.
9. Electrodo de hilado (1), según la reivindicación 2 o 7, **caracterizado por que** la extensión de la pared del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero se compone de un cuerpo separado montado en, o conectado al tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero.
10. Electrodo de hilado (1), según cualquiera de las reivindicaciones 2, 7, 8, 9 **caracterizado por que** la extensión de la pared del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero tiene, como mínimo, en una parte de su altura un diámetro exterior constante.
11. Dispositivo para la fabricación de nanofibras mediante electrohilado de una solución o masa fundida de polímero, **caracterizado por que** el dispositivo está equipado, como mínimo, con un electrodo de hilado (1), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, de modo que el tubo de entrada (2, 22) de la solución o masa fundida de polímero del electrodo de hilado (1) está conectado a una fuente de la solución o masa fundida de polímero, y el electrodo de

hilado (1) y/o la fuente de la solución o masa fundida de polímero y/o los tubos de la solución o masa fundida de polímero que avanzan entre esta están conectados a una fuente de corriente eléctrica alterna o están dotados de medios para conectar a la fuente de corriente eléctrica alterna.

- 5 12. Procedimiento para producir nanofibras mediante electrohilado de una solución o masa fundida de polímero, en el que la solución o masa fundida de polímero se alimenta a través de un tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero que finaliza en una boca (20) sobre una superficie de hilado de un electrodo de hilado (1), de modo que se suministra tensión eléctrica alterna al electrodo de hilado (1) y/o a la solución o masa fundida de polímero, **caracterizado por que** debido a la fuerza de la gravedad, la solución o masa fundida de polímero fluye sobre la superficie de hilado (4) dispuesta en torno a, como mínimo, una parte de la boca (20) de la solución o masa fundida de polímero, estando la superficie de hilado (4) redondeada hacia abajo bajo la boca (20), de modo que la solución o masa fundida de polímero es hilada desde la superficie de hilado (4), y de modo que la solución o masa fundida de polímero sobrante es alimentada a esta superficie de hilado (4) y la solución o masa fundida de polímero no hilada lava la superficie de hilado (4) del electrodo de hilado, desde la cual fluye hacia abajo debido a la fuerza de la gravedad hasta la superficie colectora adyacente (6) sobre la superficie exterior del tubo de entrada (2) de la solución o masa fundida de polímero, sin que se produzca ningún proceso de hilado sobre la superficie colectora (6).
- 10
- 15
13. Procedimiento, según la reivindicación 12, **caracterizado por que** la solución o masa fundida de polímero se desplaza desde la superficie colectora (6) debido a la fuerza de la gravedad hasta una segunda superficie de transporte redondeada, oblicua, horizontal o puntiaguda (55) y, a continuación, a una segunda superficie de hilado (44), que es redondeada y está orientada hacia abajo.
- 20
14. Procedimiento, según la reivindicación 12, **caracterizado por que** durante el hilado de la solución o masa fundida de polímero desde la superficie de hilado (4) del electrodo de hilado (1), se alimenta una solución o masa fundida de polímero diferente a la superficie de hilado (4) desde la segunda superficie de hilado (44), dispuesta sobre la superficie de hilado (4), que da como resultado la formación de nanofibras de biocomponentes.
- 25
15. Procedimiento, según la reivindicación 12, **caracterizado por que** una solución o masa fundida de polímero igual o diferente se alimenta a dos superficies de hilado mutuamente separadas, redondeadas, orientadas hacia abajo (4, 44) del electrodo de hilado (1) desde dos tubos de entrada separados (2, 22) de la solución o masa fundida de polímero, que es hilada sobre cada una de las superficies de hilado (4, 44), de modo que utilizar soluciones o masas fundidas de polímero diferentes conduce a la formación de una mezcla de dos tipos de nanofibras, que se diferencian entre sí en términos del material y/o del diámetro y/o del posible contenido de una o varias sustancias activas en el material de las fibras, y/o en otro parámetro.
- 30
- 35

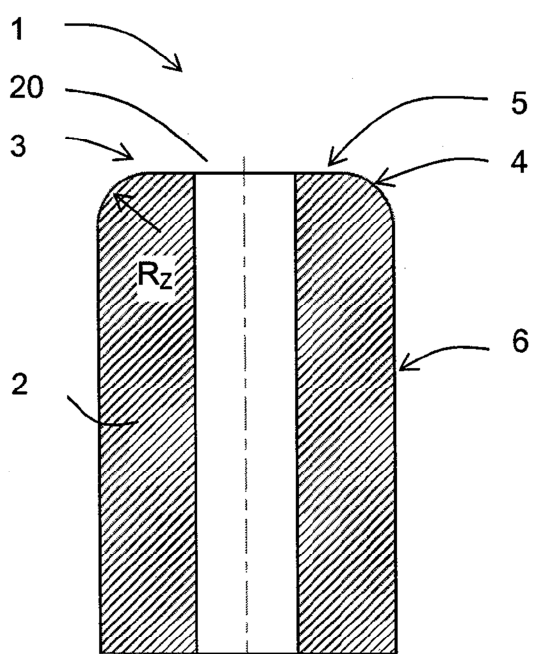


Fig. 1

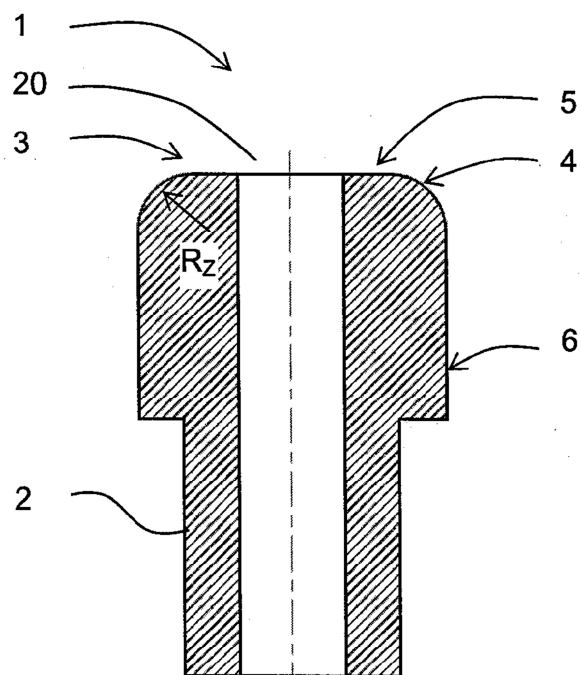


Fig. 2

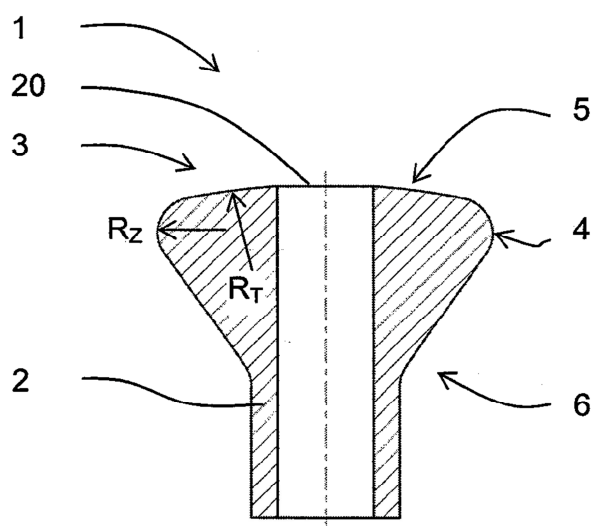


Fig. 3a



Fig. 3b

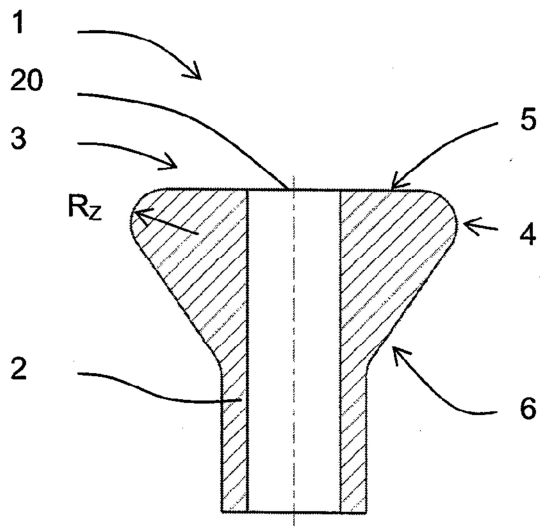


Fig. 4

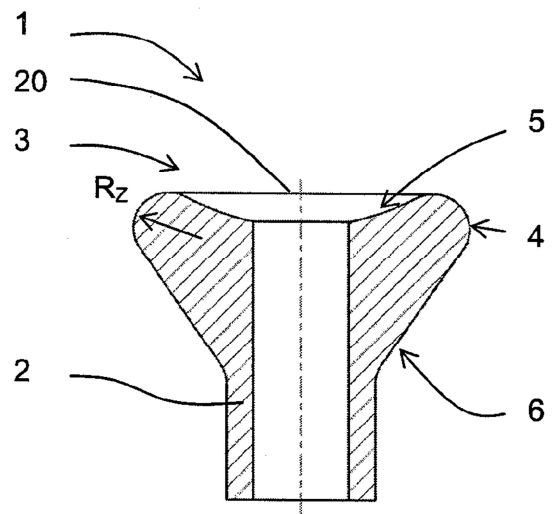


Fig. 5

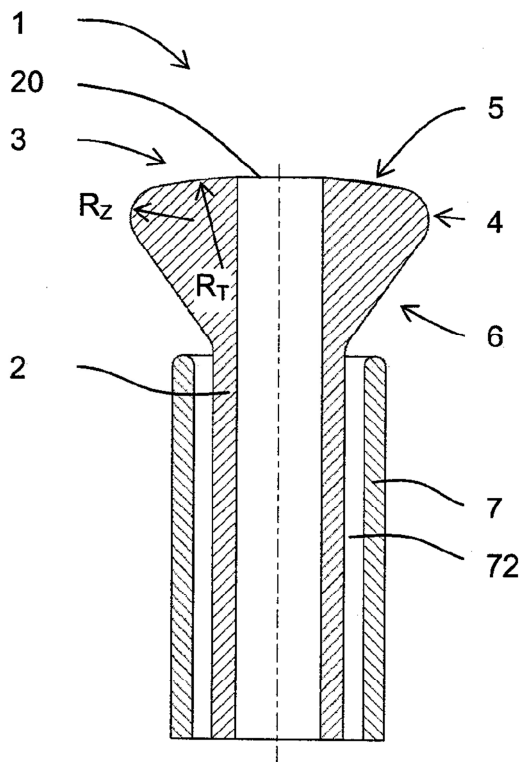


Fig. 6

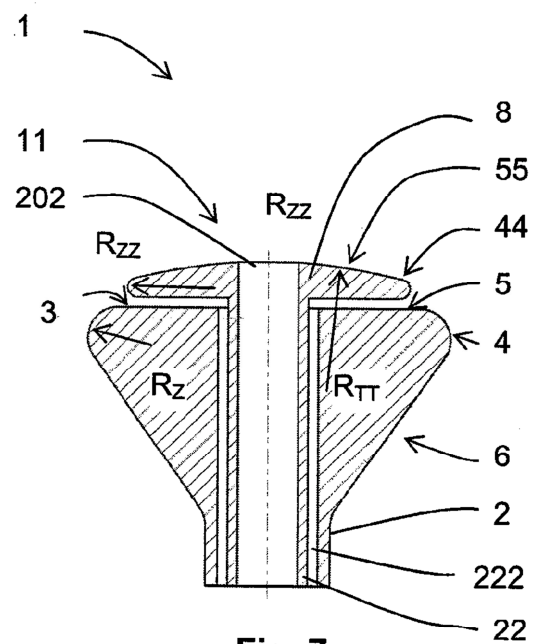


Fig. 7

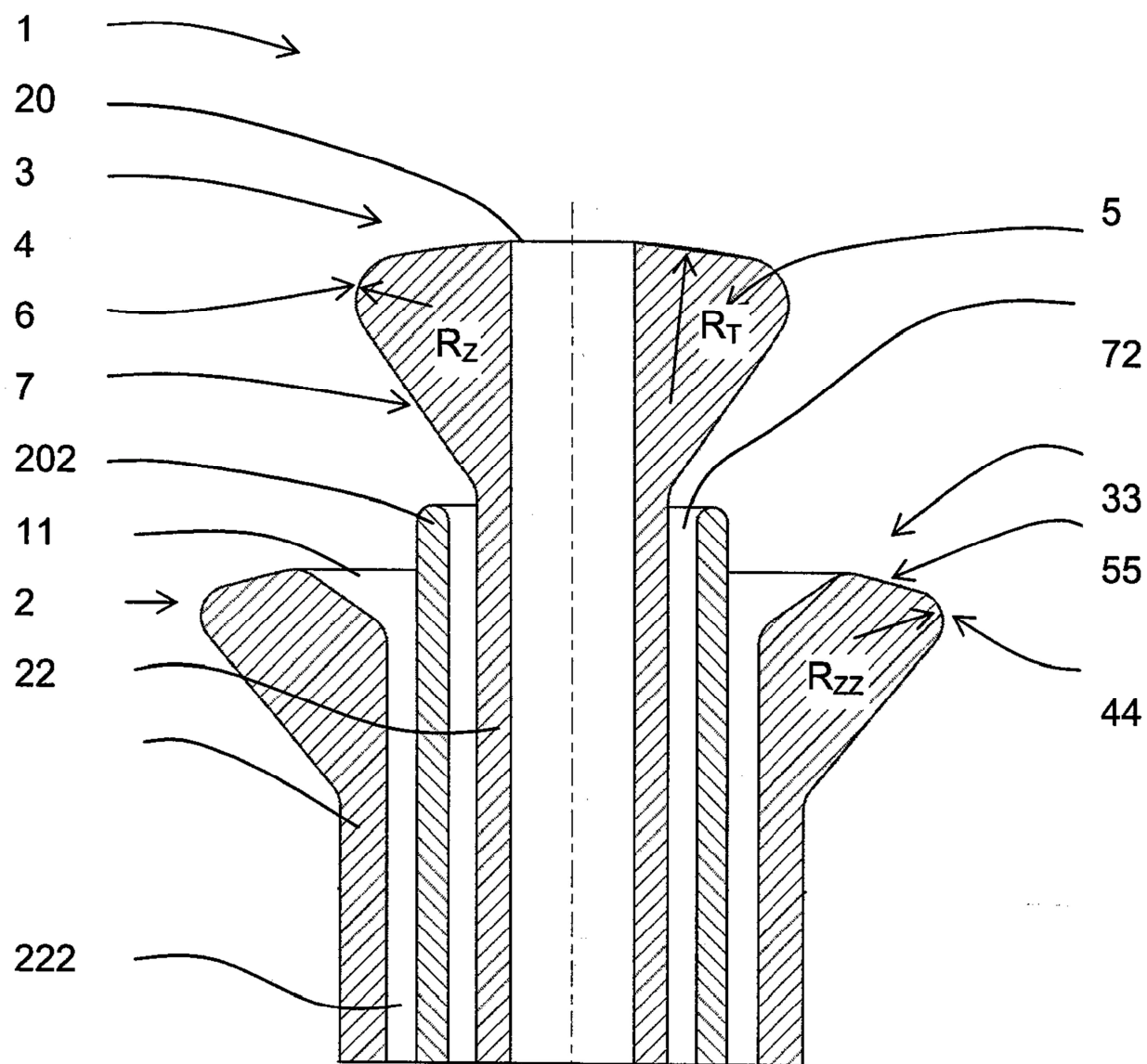


Fig. 8

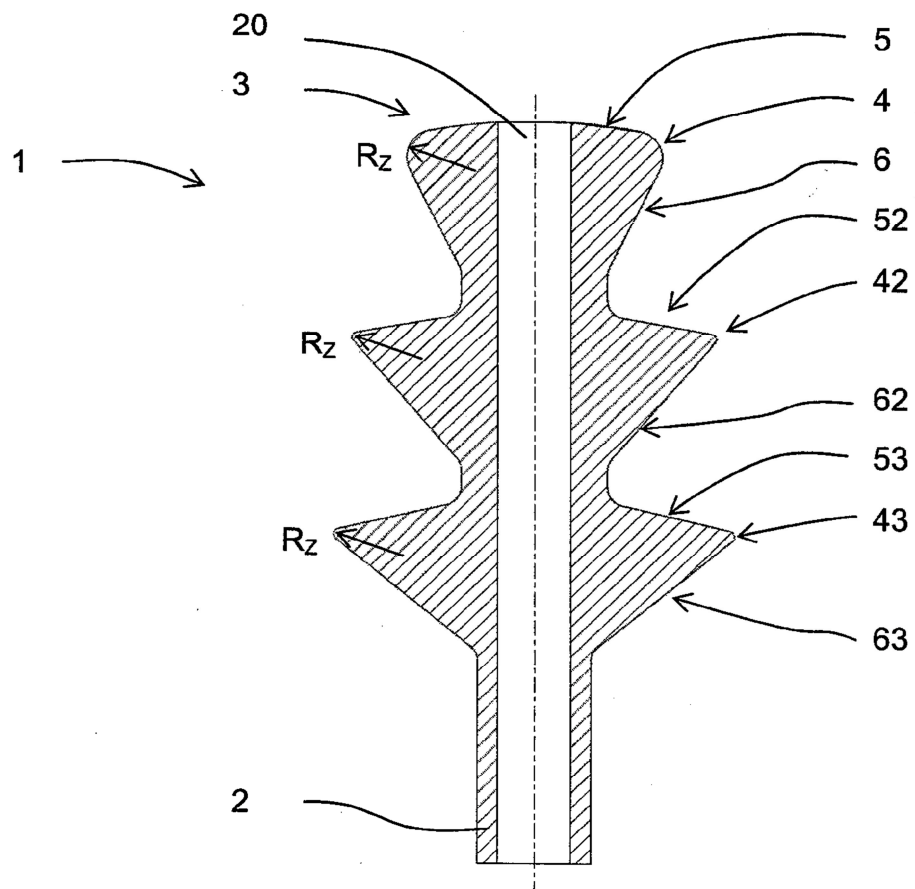


Fig. 9

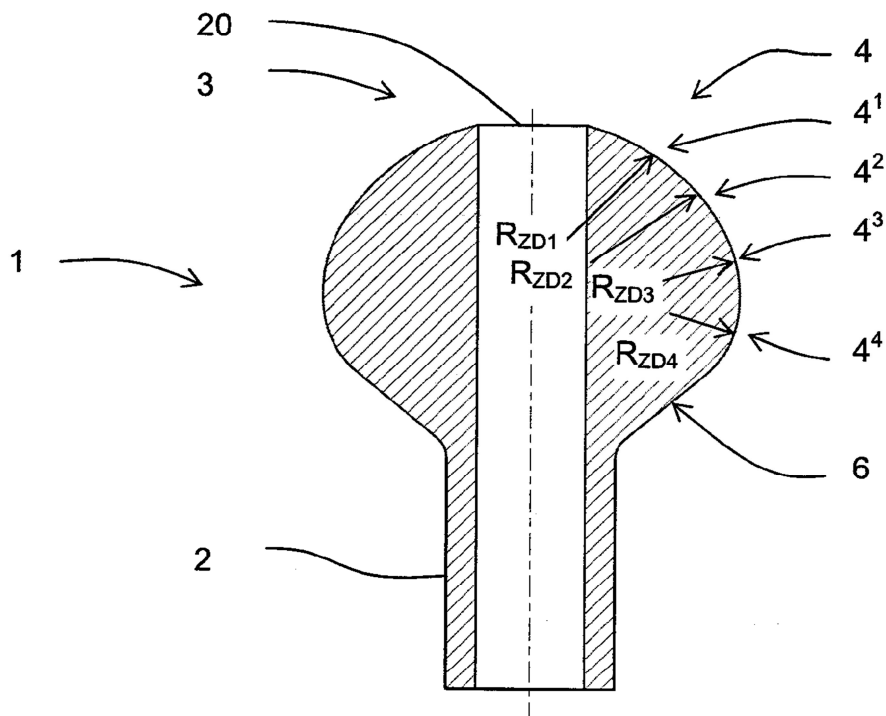


Fig. 10

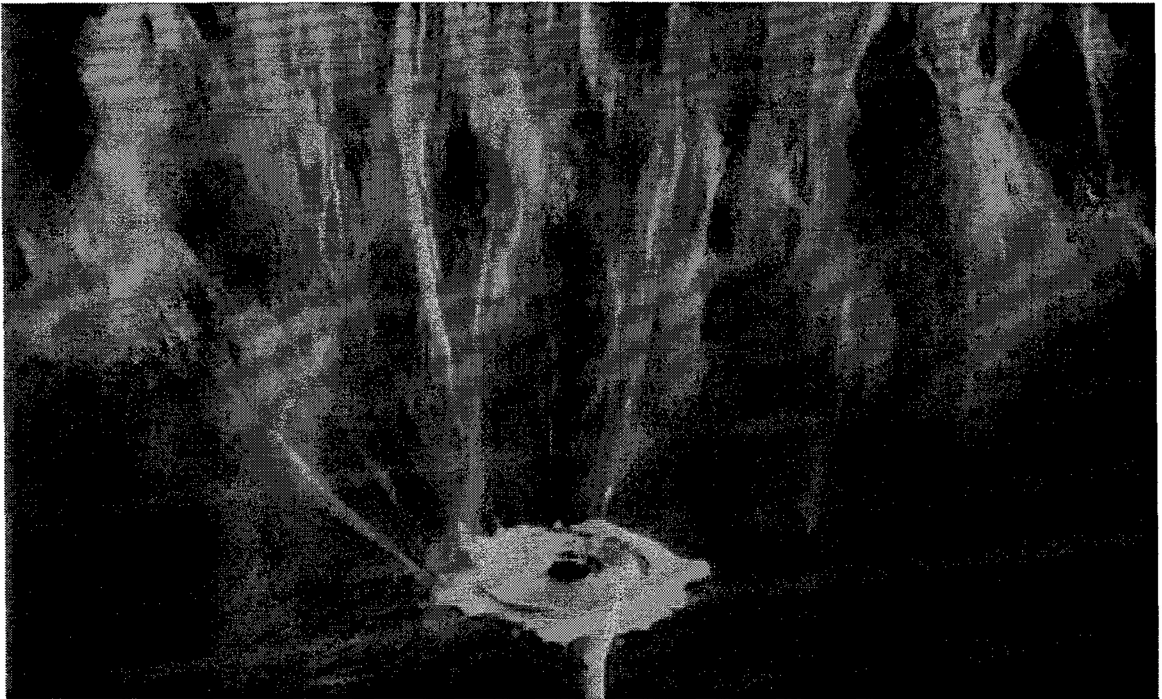


Fig. 11

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.*

Documentos de patentes citados en la descripción

- WO 2005024101 A
- WO 2005042813 A
- CZ 304137
- US 20157275399 A1
- JP 2010189782 A

10