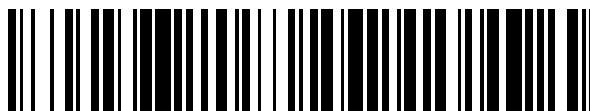


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 133**

51 Int. Cl.:

D01D 5/00 (2006.01)

D01D 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.01.2013 E 13466001 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.02.2015 EP 2617879**

54 Título: **Boquilla de hilado combinada para la fabricación de materiales nanofibrosos y microfibrosos**

30 Prioridad:

19.01.2012 CZ 20120033

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

05.05.2015

73 Titular/es:

CONTIPRO BIOTECH S.R.O. (100.0%)

Dolni Dobrouc 401

56102 Dolni Dobrouc, CZ

72 Inventor/es:

REBICEK, JIRI;

VELEBNY, VLADIMIR;

POKORNY, MAREK y

SUKOVA, LADA

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 535 133 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

Boquilla de hilado combinada para la fabricación de materiales nanofibrosos y microfibras

CAMPO TÉCNICO

- 5 La invención se refiere a un dispositivo para fabricar materiales nanofibrosos o microfibras, que comprende una boquilla combinada conectada a uno de los puntos de potencial eléctrico de una fuente de energía de alto voltaje y conectada, por medio de canales de distribución, a un dispositivo para proporcionar una mezcla polimérica, siendo dicha boquilla hecha pasar por el aire que fluye en íntima proximidad de la mezcla polimérica apropiadamente conformada.

TÉCNICA ANTERIOR

- 10 El método de hilado electrostático utilizado para producir materiales nanofibrosos o microfibras se basa en la utilización de dos electrodos conectados a puntos de potencial eléctrico inversos. Uno de dichos electrodos sirve para proporcionar una solución polimérica y para conformar la misma en formas curvadas que tengan radios de curvatura pequeños. Debido a la acción de las fuerzas inducidas por un fuerte campo eléctrico, se forma un denominado cono de Taylor y, simultáneamente, se crea una fibra siendo ésta última atraída por las fuerzas electrostáticas hacia otro, a saber, el electrodo opuesto que tiene la polaridad opuesta y que sirve para capturar las fibras volantes. Después de que hayan sido capturadas, las fibras sucesivamente forman una capa continua sobre la superficie de dicho electrodo opuesto, la capa que está compuesta de fibras dispuestas aleatoriamente con un pequeño diámetro (generalmente comprendido entre decenas de nanómetros y varias micras). Con el fin de hacer realmente posible la creación de una fibra en el fuerte campo eléctrico, se deben cumplir un cierto número de condiciones con respecto a las propiedades físicas y químicas de la propia solución polimérica así como respecto a las influencias ambientales y a la geometría de los electrodos.

- En el método de hilado electrostático, las fibras individuales son formadas a partir de la superficie de la mezcla polimérica bajo la acción de las fuerzas electrostáticas. Las soluciones líquidas o viscosas están sometidas a fuerzas cohesivas y fuerzas de capilaridad. Las fuerzas de capilaridad dependen de la tensión superficial y del tamaño del elemento de la superficie del respectivo líquido en proporción directa y de su radio de curvatura en proporción inversa. Si el radio de curvatura se reduce, las fuerzas internas en el líquido, que actúan sobre la capa superficial del líquidos entre otras, aumentarán, haciendo que la presión en el interior de la mezcla polimérica líquida o viscosa aumente proporcionalmente. Tal reducción del radio de curvatura tiene lugar, por ejemplo, en los capilares delgados en los que se producen los efectos de la elevación o depresión de capilaridad. Los efectos anteriormente mencionados (particularmente los de depresión de capilaridad) son preferiblemente utilizados para adaptar la forma de una mezcla polimérica antes de iniciar el propio proceso de hilado. Para hacer posible la creación del cono de Taylor y la salida a chorro del polímero procesado, las fuerzas electrostáticas externas deben superar las de cohesión y capilaridad. La creación del cono de Taylor está principalmente ayudado por la curvatura de la superficie de la mezcla polimérica que se consigue por medio de una boquilla con forma apropiada (la reducción de la curvatura de superficie dará lugar a fuerzas de capilaridad que, a su vez, harán que la presión dentro de una gota aumente y actúe hacia para rotura de la capa de superficie de la gota y de este modo para la destrucción de la propia gota). En este sentido, el uso de una capilaridad delgada, en la que es forzada la mezcla polimérica procesada, será más beneficiosa para el proceso de hilado electrostático. La mezcla adopta entonces forma de gota en el área alrededor del orificio de la capilaridad. Se hará que la mezcla salga a chorro (y la iniciación del propio proceso será habilitado, cuando las mezclas poliméricas con propiedades de hilado desfavorable sean procesadas) bajo la acción de las fuerzas electrostáticas que son más débiles que las que actúa en una gota formada libremente de la mezcla polimérica (que tiene un mayor diámetro de curvatura de superficie). Por lo tanto, el principio más esencial y más comúnmente aplicado de una boquilla de hilado implica una aguja hueca en combinación con el suministro continuo de una mezcla polimérica que sea presionada a la fuerza al interior de la boquilla. Debido a las razones anteriores, ha sido desarrollada una pluralidad de tipos principales diferentes de boquillas de hilado. En este sentido, son factibles las siguientes configuraciones:

- Principalmente, se conoce una aguja de capilaridad delgada utilizada como boquilla de hilado. Con toda probabilidad, este tipo de boquilla es la más extendida en cuanto a la preparación de nanofibras y microfibras respecta. La principal ventaja incluye la simplicidad y el suministro relativamente fácil y la conformación de la mezcla polimérica procesada en forma de gota que tenga un diámetro muy pequeño que facilite la creación del cono de Taylor así como de la fibra producida posteriormente (que también es ayudada por un marcado gradiente del campo electrostático generado en el área de la punta de la aguja, en donde las fuerzas electrostáticas que actúan localmente son multiplicadas, haciendo de este modo la creación de fibras más fácil). Las boquillas de capilaridad son frecuentemente utilizadas en dispositivos de laboratorio pero no son lo suficientemente eficientes para las necesidades de la producción industrial. Una solución similar se describió en las patentes de Estados Unidos N° 0705691 y 0692631 publicadas en los años 1900 y 1902 respectivamente y que se refiere a las dispersiones líquidas, en donde los procesos están basados en los principios que son iguales a los del método de hilado electrostático contemporáneos.

Otra boquilla de hilado conocida consta de una aguja de capilaridad desplazable. La aguja de capilaridad realiza un

movimiento lateral (similar al de una cabeza de impresión) con el fin de cubrir un área mayor del electrodo opuesta durante la aplicación de las fibras que forman la capa de revestimiento. En principio, sin embargo, la realización está basada en el tipo anterior. Aunque la aguja es capaz de producir materiales fibrosos en grades volúmenes, su productividad total continúa siendo muy baja.

Además, las boquillas de distribución son conocidas. Tales boquillas también se basan en el primer tipo descrito anteriormente, estando las agujas de capilaridad agrupadas juntas en cantidades mayores con el fin de incrementar la productividad de los procesos de hilado correspondientes, como se expone por ejemplo en las solicitudes de patente WO2007035011(A1), WO2004016839(A1), y WO2007061160(A1). La principal desventaja de tales boquilla de distribución es representada por los problemas relacionados con la distribución desigual de las soluciones de hilado y la tendencia de las boquillas a ensuciarse (obturarse) lo que requiere posterior limpieza exigente y demanda más mantenimiento total.

Otra boquilla de hilado conocida es una boquilla coaxial. Las boquillas coaxiales de capilaridad dobles delgadas son suministradas con dos mezclas poliméricas que son de diferente tipo. Por tanto, las fibras finales tienen sus núcleos y vainas hechas de diferentes materiales.

Sin embargo, los electrodos de hilado también son conocidos en la técnica. Tales electrodos utilizan la ondulación natural (curvatura) de las superficies libres o capas delgadas de mezclas poliméricas para transformar esta últimas en fibras por medio de las fuerzas inducida por los campos electrostáticos. Para este tipo de boquillas, se espera un mayor nivel de productividad de procesamiento. Esto se basa en la suposición de que los conos de Taylor se pueden echar simultáneamente en múltiples localizaciones de una superficie libre. Sin embargo, la suposición anterior no ha sido probada experimentalmente hasta ahora. Además, la aplicación de tales sistemas está limitada a un rango reducido de polímeros que se puedan hilar de forma fácil. La principal desventaja, es crítica en técnicos de producción a gran escala, consiste en la variación de las propiedades de las soluciones durante los procesos de hilado debido a que este último se realiza en condiciones ambientales abiertas en las que los componentes de las soluciones están sometido a la evaporación natural y a los cambios no controlados de los parámetros físicos y químicos.

En tales casos, la formación de conos de Taylor se produce directamente en la superficie libre de la mezcla polimérica. Alternativamente, los conos de Taylor se forman a partir de gotas más grandes que adoptan formas naturales en áreas más pequeñas del electrodo de hilado. Todos los sistemas anteriores de hilado sin aguja (o sin chorro) están indudablemente basados en las patentes de Estados Unidos Nº 1975504 y US2048651 (publicadas en los años 1934 y 1936 respectivamente) que son también el fundamento del método electrostático utilizado para la preparación de nanofibras y microfibras. Tales boquillas están formadas, por ejemplo, como copas rellenas de la mezcla polimérica en la que un cilindro giratorio es sumergido parcialmente. La rotación del cilindro hace que la mezcla polimérica moje la superficie exterior del mismo, haciendo que se formen conos de Taylor en el lado opuesto. De esta manera, se hace posible la formación de las fibras. Los últimos documentos de patentes, tales como EP1409775(A1), WO2005024101(A1), WO20099156822 y US2008150197(A1) describen una configuración sin chorro muy similar que tiene el mismo principio de funcionamiento. La desventaja principal de tales boquillas giratorias sin aguja consiste en la variación de los parámetros de la mezcla polimérica durante el proceso de hilado. Esto es debido a que se producen reacciones de superficie continua y evaporación de los componentes de la mezcla de hilado en ambos lados de la copa de la superficie extensiva del cilindro. De este modo, la mezcla de hilado está sometida a considerables cambios durante el proceso (particularmente en términos de concentración, viscosidad, composición química, etc.). Por esta razón las propiedades de las fibras que están siendo aplicadas también varían. En tal variación de propiedades (diámetro, composición química y morfología de las fibras) no pueden influir de ninguna manera controlada. En muchos casos, el proceso de hilado cesa espontáneamente después de unos pocos minutos y todo el volumen de mezcla de hilado tiene que ser reemplazado. Por tanto, la producción es ineficaz y costosa dado que la composición de las mezclas de hilado procesada de forma incompleta es totalmente desconocida y la recuperación de la misma no es viable. Otra desventaja surge a partir de las simulaciones numéricas de la distribución del campo electrostático que fueron realizadas por el solicitante. Esta desventaja consiste en que la superficie activa, sobre la que se pueden desarrollar los conos de Taylor, es relativamente grande (en comparación con el uso de la una boquilla de capilaridad). Existe un gradiente marcadamente menor sobre la superficie de la boquilla sin aguja y las fuerzas electrostáticas no son lo suficientemente fuertes para iniciar el proceso de hilado. Esta tecnología no se puede utilizar para procesar materiales difícilmente hilables.

Esta categoría también puede incluir un denominado electrodo de encharcamiento que hace posible que las fibras se formen en las áreas en las que la mezcla polimérica esté fluyendo sobre un cuerpo convexo o esté fluyendo la misma (PPVCZ2009-0425A3). Sin embargo, el último método consume una considerable cantidad de mezcla polimérica y no proporciona ninguna posibilidad adecuada de recuperación. No existe suficiente gradiente del campo eléctrico en la superficie convexa del cuerpo conductivo que haga el procesamiento de las mezclas poliméricas difícilmente hilables completamente imposible.

Un grupo especial incluye aquellos mecanismos de hilado que ayudan a la formación del como de Taylor de una manera más eficiente y también emplean otros principios que ayudan a la iniciación y progreso del proceso de hilado. Esto es especialmente deseable con respecto a las mezclas que no pueden ser transformadas en nanofibras o microfibras por medio de las técnicas clásicas. El efecto de las fuerzas electrostáticas además puede ser ayudado

por el componente tangencial del aire que fluye en íntima proximidad de la boquilla de capilaridad, como se ha publicado en los documentos WO2005033381, WO210143916(A2), WO2010144980(A1) y también por Ji, Ghosh et al., 2006 Medeiros, Glenn et al. 2009, o Larsen, Spretz et al. 2004. tales boquillas de aire caliente combina la utilización de agujas de capilaridad delgadas alrededor de las cuales incide el aire precalentado. Las fuerzas tangenciales creadas por el aire que fluye actúan en la superficie de la solución polimérica, ayudando de este modo la formación de conos de Taylor y, a su vez, la formación de fibras. Por lo tanto, las boquillas de aire caliente son utilizadas para el procesamiento de mezclas poliméricas difícilmente hilables. La ventaja de esta última configuración consiste en que la temperatura del aire que fluye se puede controlar de manera que el aire puede, por ejemplo, ayudar activamente a la rápida solidificación del rayo polimérico (fibra). Este es el motivo por el que el principio anterior es muy deseable. Además, el aire precalentado incluye de forma favorable en las condiciones ambientales dentro de la cámara de deposición, acelerando de este modo la evaporación de los solventes contenidos en la mezcla polimérica. En términos de propiedades físicas o químicas de la solución polimérica, la última tecnología no requiere el uso frecuente de solventes o surfactantes tóxicos. Sin embargo, las principales desventajas de esta solución técnica consisten tanto en la baja eficiencia del proceso de hilado como el complicado mantenimiento y limpieza de las boquillas de capilaridad, como se ha mencionado anteriormente. Desventajas adicionales de las soluciones técnicas anteriores incluyen los diseños de forma complejos de las boquillas. La boquilla delgada está encerrada en un material conductor, que sustancialmente suprime el gradiente del campo electrostático generado alrededor del orificio de la boquilla en donde, como principio, la acción de las fuertes fuerzas electrostáticas es particularmente deseable. Tal reducción de las fuerzas electrostáticas evitará que el proceso de hilado sea iniciado, a pesar de la acción adicional de las fuerzas creadas por el flujo de aire. Otra desventaja está relacionada con el contacto directo del aire precalentado con la boquilla metálica en donde la transferencia de calor hace que la mezcla polimérica se caliente y, como puede ser el caso, solidifique. Entonces, la mezcla solidificada se acumula dentro del orificio de la boquilla haciendo que se obture la misma y en consecuencia se interrumpa el proceso.

Otra boquilla de hilado conocida es una boquilla de burbuja. La boquilla de burbuja está compuesta por dos tubos, en donde la parte interna sirve para la emisión de aire y la parte externa sirva para la dosificación de una solución polimérica que tiene, debido al efecto del aire que fluye, forma de burbujas de pared delgada. Tal formación de burbujas de pared delgada contribuye a la iniciación del proceso y a la posterior creación de fibras, como se describe en el documento WO2009042128.

Finalmente, la combinación de estos tipos anteriores también es conocida. Una versión a modo de ejemplo comprende una hélice de cable giratoria, como se ha descrito en el documento WO2010043002(A1).

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

El objetivo de la presente invención es presentar una solución de diseño novedosa de una boquilla combinada que se pueda utilizar para el método de hilado electrostático y esté destinada a la producción de materiales de nanofibra o microfibras. La boquilla de hilado de acuerdo con la invención debería eliminar las desventajas de las boquillas conocidas en la técnica. El objetivo anterior se consigue, en gran medida, por medio de una boquilla de hilado combinada para la producción de materiales de nanofibra o microfibras, en donde dicha boquilla comprende un electrodo de pared delgada y un primer cuerpo no conductor adyacente a la primera pared de dicho electrodo de pared delgada, teniendo dicho primer cuerpo su pared, de manera que se enfrenta a dicho electrodo de pared delgada, dispuesto con una disposición de ranuras formadas en el mismo y que conduce al extremo distal de la boquilla de hilado combinada. Dichas ranuras tienen sus extremos proximales conectados a un suministro de mezcla de hilado. Un electrodo de captación está dispuesto en una posición que tiene una distancia dada desde el extremo distal de la boquilla de hilado combinada y un suministro de voltaje está conectado entre dicho electrodo de captación y dicho electrodo de pared delgada.

En una realización preferida de la presente invención, la boquilla de hilado combinada comprende además un segundo cuerpo no conductor adyacente a la segunda pared del electrodo de pared delgada y que direcciona el aire desde el extremo proximal hacia el extremo distal de la boquilla de hilado combinada.

En otra realización preferida de la presente invención, el electrodo de pared delgada adopta la forma de una valva cilíndrica, en la que está alojado el primer cuerpo no conductor que tiene forma cilíndrica y que está provisto de ranuras en su superficie, mientras que el segundo cuerpo no conductor que sirve para dirigir el medios gaseosos desde el extremo proximal hacia el extremo distal de la boquilla de hilado combinada tiene forma de vaina cilíndrica. El electrodo de pared delgada está adaptado en una carcasa cilíndrica fabricada de un material no conductor. Entre dicha carcasa cilíndrica fabricada de un material no conductor y el segundo cuerpo no conductor, existe un espacio interno coaxial, estando este último dispuesto para dirigir el aire hacia el extremo distal de la boquilla de hilado combinada.

Esta realización es particularmente ventajosa si el extremo distal de la carcasa cilíndrica fabricada de un material no conductor está situado debajo del nivel del extremo distal del electrodo de pared delgada.

En otra realización preferida de la presente invención, el electrodo de pared delgada, el primer cuerpo no conductor y el segundo cuerpo no conductor tienen formas a modo de placa, estando la primera pared de dicho electrodo de pared delgada adyacente a dicho primer cuerpo no conductor, estando la superficie de este último adyacente a dicho

electrodo de pared delgada provista de ranuras que conducen hacia el extremo distal de la misma. Opuesto a la segunda pared del electrodo de pared delgada, está dispuesto el segundo cuerpo no conductor que define un espacio entre el mismo y el electrodo de pared delgada, sirviendo dicho espacio para dirigir el aire hacia el extremo distal de la boquilla de hilado combinada.

- 5 En todavía otra realización de la boquilla de hilado combinada para la producción de materiales de nanofibras o microfibras de acuerdo con la invención, dicha boquilla está provista del tercer y cuarto cuerpos conductores, el electrodo de pared delgada así como el primer, segundo, tercer y cuarto cuerpo no conductor, respectivamente, tiene formas de placa. La segunda pared del electrodo de pared delgada está unida a la primera pared del tercer cuerpo no conductor, estando la superficie en este último adyacente al electrodo de pared delgada provista de
- 10 ranuras que se extienden desde el extremo proximal al extremo distal del electrodo de pared delgada. Opuesto a la segunda pared del primer cuerpo no conductor, está dispuesto el segundo cuerpo no conductor que define un espacio entre el mismo y el primer cuerpo no conductor, sirviendo dicho espacio para dirigir el aire hacia el extremo distal de la boquilla de hilado combinada. Opuesto a la segunda pared del tercer cuerpo no conductor, estando dispuesto el cuarto cuerpo no conductor que define un espacio entre el mismo y el tercer cuerpo no conductor,
- 15 sirviendo dicho espacio para dirigir el aire hacia el extremo distal de la boquilla de hilado combinada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para un mayor detalle, la invención se describe por medio de los dibujos adjuntos, en los que

la Fig. 1 es una vista en sección transversal en perspectiva que muestra una boquilla de hilado combinada lineal de un extremo de acuerdo con la invención,

- 20 la Fig. 2 es una vista superior que muestra la boquilla de hilado combinada lineal de un extremo de la Fig. 1,

la Fig. 3 es una vista en sección transversal en perspectiva que muestra una boquilla de hilado combinada lineal de doble extremo de acuerdo con la invención,

la Fig. 4 es una vista superior que muestra la boquilla de hilado combinada lineal de dos extremos de la Fig. 3 y

- la Fig. 5 es una vista en sección que muestra una configuración cilíndrica de una boquilla de hilado combinada de acuerdo con la invención.
- 25

REALIZACIONES DE LA INVENCION A MODO DE EJEMPLO

- Una realización a modo de ejemplo de una boquilla de hilado combinada lineal de un extremo de acuerdo con la invención se muestra en las Figs. 1 y 2. El primer electrodo de pared delgada 1, que tiene forma de placa delgada en la presente realización, es adyacente a la primera pared del primer cuerpo no conductor 2, teniendo este último
- 30 forma de placa. Opuesto a la segunda pared del electrodo de pared delgada 1, y en paralelo con respecto al mismo, está dispuesto el segundo cuerpo no conductor 4 a modo de placa, estando dicha pared separada de dicho segundo cuerpo por el espacio interior 3. El electrodo de pared delgada 1 está conectado a un suministro de alto voltaje (no mostrado). El primer cuerpo no conductor 2 está provisto de ranuras 5 que son sustancialmente paralelas entre sí y que se extienden desde el extremo proximal al extremo distal 6 de la boquilla combinada lineal. El extremo distal 6
- 35 de la boquilla combinada significa que el extremo de la boquilla combinada lineal alrededor de la solución polimérica es hilado después de haber sido suministrado a la boquilla. En la presente realización a modo de ejemplo, las dimensiones del área de sección transversal de las ranuras 5 son de 1 x 2 mm. Sin embargo, son concebibles cualesquiera otras dimensiones, dependiendo de las propiedades de la solución polimérica que está siendo hilada. El espacio interno 3 sirve para suministrar el aire para dirigir el aire que fluye hacia el extremo distal 6 de la boquilla combinada lineal. Un electrodo de captación (no mostrado) está dispuesto en una posición que tiene una distancia dada desde el extremo distal 6 de la boquilla de hilado combinada y una fuente de alto voltaje (tampoco mostrada) entre el electrodo de captación y el electrodo de pared delgada 1.
- 40

- Cuando la boquilla está trabajando, la solución polimérica es presionada fuera a través de las ranuras 5 hacia el extremo distal 6 de la boquilla combinada. En consecuencia, después de haber alcanzado el borde del electrodo conductor de pared delgada 1, la solución polimérica es formada en pequeñas gotas o en una capa continua que tiene un radio de curvatura pequeño. Dado que las fuerzas de capilaridad son dependientes de la tensión superficial y del tamaño del elemento de superficie del respectivo líquido en proporción directa y de su radio de curvatura, en proporción inversa, una agota pequeña representa una fuente ideal de producción de microfibras o nanofibras en un proceso de hilado. Un gradiente significativo del campo electrostático generado en el extremo distal del electrodo de
- 45 pared delgada 1 induce la extracción de las gotas, que formarán una fibra, de la solución polimérica. Después, las gotas se mueven hacia un electrodo de captación, teniendo este último voltaje cero en la presente realización. Este movimiento de las gotas también es ayudado por la corriente de aire que es forzada hacia el extremo distal 6 de la boquilla combinada lineal. El número de microfibras o nanofibras que se forma simultáneamente es aproximadamente igual al número de ranuras 5. De este modo, el número de fibras sólo está limitado con respecto
- 50 a la viabilidad práctica. El uso de la boquilla de hilado combinada lineal de un solo extremo de acuerdo con la invención incrementa la actividad en la producción de microfibras y nanofibras teniendo una composición y propiedades de calidad estables. Esto es debido al hecho de que una boquilla combinada lineal de un solo extremo
- 55

protege a la solución polimérica de ser procesada contra los efectos dañinos de lo que le rodea dado que la solución polimérica no entra en contacto con el aire del ambiente antes de que se forma una gota en el extremo distal de la boquilla combinada lineal, siendo el desarrollo de las gotas seguido inmediatamente de la formación de una microfibrilla o nanofibrilla. De este modo, se evita que los constituyentes individuales de la solución polimérica se evaporen y no pueden ocurrir variaciones de constitución de las microfibrillas o nanofibrillas que están siendo formadas. Otra ventaja se refiere al fácil mantenimiento y limpieza de la boquilla combinada lineal dado que las partes individuales de esta última se pueden desmontar de una manera sencilla haciendo que las superficies planas del primer cuerpo no conductor 2 sean accesibles con las ranuras expuestas 4 así como las superficies del electrodo de pared delgada 1 para su limpieza.

Una realización a modo de ejemplo de una boquilla de hilado lineal combinada de extremo doble de acuerdo con la invención se muestra en las Figs. 3 y 4. La primera pared del electrodo de pared delgada 1, que tiene forma de una placa delgada, es adyacente a la primera pared del primer cuerpo no conductor 2. Opuesto a la segunda pared del primer cuerpo no conductor 2, y en paralelo con respecto al mismo, está dispuesto el segundo cuerpo no conductor 4, estando dicha pared separada de dicho segundo cuerpo por el espacio interior 3. La primera pared del primer cuerpo no conductor 2 está provista de ranuras 5, que son sustancialmente paralelas entre sí y se extiende desde el extremo proximal al extremo distal 6 de la boquilla combinada. La segunda pared del electrodo de pared delgada 1 es adyacente a la primera parte del tercer cuerpo no conductor 7. Opuesto a la segunda pared del tercer cuerpo no conductor 7, y en paralelo con respecto al mismo, está dispuesto un cuarto cuerpo no conductor 8, estando dicha pared separada de dicho cuarto cuerpo por un espacio interior 3. La primera pared del tercer cuerpo no conductor 7 está provista de ranuras 5, que son sustancialmente paralelas entre sí y se extiende desde el extremo proximal al extremo distal 6 de la boquilla combinada lineal. El electrodo de pared delgada 1 está conectado a una fuente de alto voltaje (no mostrada). Un electrodo de captación (no mostrado) está dispuesto en una posición que tiene una distancia dada desde el extremo distal 6 de la boquilla de hilado combinada y una fuente de alto voltaje (tampoco mostrada) está conectada entre el electrodo de captación y el electrodo de pared delgada 1. En la realización a modo de ejemplo, el primer, segundo, tercer y cuarto cuerpos no conductores 2, 4, 7 y 8 también adoptan formas similares a placas.

En funcionamiento, la función de la boquilla de hilado combinada lineal de dos extremos de acuerdo con la invención es similar a la de la boquilla de hilado combinada lineal de un único extremo de acuerdo con la invención. De nuevo, la solución polimérica es presionada fuera por las ranuras 5 hacia el extremo distal 6 de la boquilla combinada. En consecuencia, después de haber alcanzado el borde del eléctrico conductor de pared delgada 1, la solución polimérica se mezcla y se forma en pequeñas gotas o en una capa continua delgada que tiene un radio de curvatura pequeño. Un significativo gradiente del campo electrostático generado en el extremo distal 6 del electrodo de pared delgada 1 induce la extracción de las gotas, que formarán una fibra, de la solución polimérica. Después, las gotas se mueven hacia un electrodo de captación, teniendo este último un voltaje cero en la presente realización a modo de ejemplo. En la presente realización, el número de ranuras 5 es aumentado al doble lo que puede conducir a una eficiencia aumentada del proceso de hilado. Esto también puede crear nuevas posibilidades para la mejora. En la realización a modo de ejemplo de la invención, que se muestra en las Figs. 3 y 4, las ranuras 4 formadas en la superficie del primer cuerpo no conductor 2 y en la superficie del tercer cuerpo no conductor 7, están dispuestas directamente opuestas entre sí. En este caso, las ranuras 5 formadas en la superficie del primer cuerpo no conductor 2 y las formadas en la superficie del tercer cuerpo no conductor 7 se pueden utilizar para suministrar diferentes mezclas líquidas. La preparación de las mezclas reactivas puede preceder inmediatamente a la iniciación del posterior proceso de hilado. Esto hace posible que se eviten las reacciones no deseadas durante el proceso de hilado. El espacio interior 3 sirve para suministrar el aire y para dirigir el aire que fluye hacia el extremo distal 6 de la boquilla combinada lineal.

De nuevo, el número de microfibrillas o nanofibrillas que se forman simultáneamente es aproximadamente igual al número de ranuras 5. De este modo, el número de fibras está solo limitado con respecto a la viabilidad práctica. El uso de la boquilla de hilado lineal combinada de doble extremo, de manera similar al de la boquilla de hilado combinada lineal de único lado de la invención, aumenta la eficiencia en la producción de microfibrillas y nanofibrillas que tiene una composición y propiedades de calidad estables. Tanto la boquilla de hilado combinada lineal de único extremo como la de doble extremo protegen la solución polimérica que está siendo procesada de los efectos dañinos del ambiente circundante dado que la solución polimérica no entra en contacto con el aire del ambiente antes de que se forme una gota en el extremo distal de la boquilla combinada lineal, siendo el desarrollo de las gotas inmediatamente seguido de la formación de una microfibrilla o nanofibrilla. De este modo, se evita que los constituyentes individuales de la solución polimérica se evaporen y no se puede producir variaciones de la constitución de las microfibrillas o las nanofibrillas que están siendo formadas. Otra ventaja es la relacionada con el fácil mantenimiento y limpieza de la boquilla combinada lineal dado que las partes individuales de esta última se pueden desmontar de una manera sencilla haciendo accesible para la limpieza de las superficies planas del primer y tercer cuerpos no conductores 2, 7 con las ranuras expuestas 5 así como las superficies del electrodo de pared delgada 1.

Una realización a modo de ejemplo de una boquilla de hilado combinada cilíndrica de acuerdo con la invención se muestra en la Fig. 5. Esta boquilla de hilado comprende el electrodo de pared delgada cilíndrica 1 que gradualmente pasa al interior de un vástago hacia el extremo proximal y está alojado dentro del cilindro hueco 10 hecho de un material no conductor. El electrodo de pared delgada se adapta 1 al primer cuerpo conductor 2 que está formado por un cilindro sólido provisto de una disposición de ranuras en su superficie exterior, extendiéndose dichas ranuras

hacia el extremo distal 6 de la boquilla de hilado combinada cilíndrica. La parte extrema proximal del primer cuerpo no conductor 2 está provista del canal de alimentación 11 que tiene forma de anillo que rodea el primer cuerpo no conductor 2 y que recibe tanto las bocas proximales de todas las ranuras 5 como la boca de la línea de alimentación para la solución polimérica. El electrodo de captación 9 está dispuesto en una posición que tiene una distancia dada desde el extremo distal 6 de la boquilla de hilado combinada y una fuente de alto voltaje (no mostrada) está conectada entre el electrodo de captación y el electrodo de pared delgada 1. La boquilla de hilado cilíndrica combinada está embebida en una copa de retención 12. El extremo proximal 13 del electrodo de pared delgada 1 lleva un sujetador de boquilla 14 está provisto del canal 15 para adaptarse a una línea de suministro de alto voltaje del electrodo de pared delgada 1.

Con respecto a todas las realizaciones anteriores de la boquilla de hilado de acuerdo con la invención, resultará evidente que el voltaje, es decir la diferencia de potencial eléctrico entre el electrodo de pared delgada 1 y el electrodo de captación 9 es importante para el funcionamiento de la boquilla de hilado combinada de acuerdo con la invención, el lugar del potencial eléctrico individual del propio electrodo de pared delgada 1.

Durante el funcionamiento, la función de la boquilla de hilado combinada cilíndrica de acuerdo con la invención es similar a la de la anteriormente mencionada boquilla de hilado combinada lineal de acuerdo con la invención. La solución polimérica es presionada fuera a través de las ranuras 5 desde el canal de alimentación 11 hacia el extremo distal 6 de la boquilla combinada. Posteriormente, después de haber alcanzado el borde del electrodo conductor de pared delgada 1, la solución polimérica es mezclada y se forman gotas o una capa continua delgada que tiene un radio de curvatura pequeño. Un gradiente significativo del campo electrostático generador en el extremo distal 6 del electrodo de pared delgada 1 incluye la extracción de las gotas, que formarán una fibra, de la solución polimérica. Después, las gotas se mueven hacia un electrodo de captación, estando este último situado opuesto al extremo distal 6 de la boquilla de hilado combinada cilíndrica y que tiene voltaje cero en la presente realización a modo de ejemplo. Este movimiento de las gotas también es ayudado por la corriente de aire que es forzada a través del espacio interior 3 hacia el extremo distal 6 de la boquilla combinada lineal. El número de microfibras o nanofibras que están siendo formadas simultáneamente es aproximadamente igual al número de ranuras 5. De este modo, el número de fibras solo está limitado con respecto a la viabilidad práctica. El uso de la boquilla de hilado combinada lineal cilíndrica de acuerdo con la invención aumenta la eficiencia en la producción de microfibras y nanofibras que tiene propiedades de composición y calidad estables. Esto es debido al hecho de que una boquilla combinada cilíndrica protege a la solución polimérica que está siendo procesada de los efectos dañinos del ambiente circundante dado que la solución polimérica no entra en contacto con el aire del ambiente antes de que se forme una gota en el extremo distal de la boquilla combinada lineal, siendo el desarrollo de las gotas inmediatamente seguido de la formación de una microfibra o nanofibra. De este modo, se evita que los constituyentes individuales de la solución polimérica se evaporen y no se puedan producir variaciones de la constitución de las microfibras o nanofibras. Otra ventaja está relacionada con el mantenimiento y limpieza fáciles de la boquilla combinada cilíndrica ya que las partes individuales de esta última se puede desmontar de una forma sencilla haciendo accesibles para la limpieza las superficies planas del primer cuerpo no conductor 2 con sus ranuras expuestas 5 así como las superficies del electrodo de pared delgada 1.

La boquilla de hilado combinada de acuerdo con todas las realizaciones descritas en la invención hace posible que las fibras sean formadas a partir de diversos tipos de polímeros sintéticos o naturales que no son fácilmente transformables en nanofibras o microfibras. Debido al uso del electrodo de pared delgada 1, la boquilla de hilado combinada de acuerdo con la presente invención, multiplica las fuerzas de gradiente de los campos electrostáticos, haciendo posible de este modo que fuerzas más elevadas actúen sobre la solución polimérica. De este modo, a su vez, hacer la formación de fibras marcadamente más fácil. Las fuerzas tangenciales adicionales, que actúan sobre la superficie de la solución polimérica, facilitan la formación de las fibras, particularmente las fabricadas a partir de polímeros difícilmente hilables. La boquilla de hilado de acuerdo con la invención incrementará la productividad total. Será útil en la producción industrial de materiales de nanofibras o microfibras por medio del método de hilado electrostático. Al mismo tiempo, se minimizará el riesgo de atascamiento en las áreas de los canales para la distribución de soluciones poliméricas dentro de la boquilla combinada y facilitará la posterior limpieza incluso si se utilizan múltiples boquillas. Antes del proceso de hilado en sí mismo, la mezcla polimérica no está sometida a temperaturas más elevadas. Además, la mezcla es procesada dentro de un espacio cerrado que evita que se produzca cualquier cambio en las propiedades físicas y químicas de la solución polimérica antes de que empiece el proceso de hilado.

Esto se consiguió por medio de la configuración estructural de la boquilla es está basada en los resultados de la simulación numérica realizada con intención de demostrar las distribuciones de líneas de corriente de aire y líneas de fuerza electrostáticas en las proximidades de la boquilla de hilado combinada de acuerdo con la presente invención. Los resultados anteriores han sido verificados por medio de numerosos experimentos de hilado que engloban tanto los polímeros sintéticos como los naturales, siendo éstos últimos difícilmente hilables. El diseño de la boquilla de acuerdo con la intención supera los problemas existentes relacionados con las boquillas, que son conocidos en la técnica, a saber, la distribución inadecuada de los campos electrostáticos, frecuente atascamiento y difícil limpieza de las boquillas, baja productividad, y propiedades cambiantes de las mezclas poliméricas durante el proceso de hilado. La boquilla de hilado combinada de acuerdo con la invención implementa las formas óptimas de proporcionar y formar las mezclas poliméricas, distribuciones favorables de las líneas electrostáticas de fuerza cuando son sometidas a un elevado voltaje y distribuciones favorables de líneas de corriente de aire. De este modo,

la influencia del aire, que es suministrado a la boquilla, puede ser minimizada.

La mezcla polimérica es proporcionada a través de las ranuras delgadas 5 formadas entre el electrodo de pared delgado metálico 1 y el primer cuerpo no conductor adyacente 2 o, como puede ser el caso, el tercer cuerpo conductor adyacente 7. Cuando es presionada hacia fuera, la mezcla polimérica forma pequeñas gotas en el borde del electrodo de pared delgada conductor 1. Tal formación inicial de la mezcla polimérica crea las condiciones que son favorables para el desarrollo de conos de Taylor y para la posterior iniciación del proceso de hilado en sí mismo. Después de haber sido preparada de la manera anterior, la mezcla polimérica permanece confinada dentro de un espacio cerrado. De este modo, cualquier cambio no deseable en los parámetros físicos y químicos de la mezcla polimérica debido a la evaporación de sus componentes se puede evitar fácilmente. Otra ventaja de la boquilla de hilado combinada de acuerdo con la invención consiste en que todos los componentes de la boquilla son muy fáciles de limpiar debido a que esta última no contiene ninguna abertura delgada y larga (tal como los tubos de capilaridad o similares) que podría ser inaccesible. El diseño de la boquilla de hilado combinada en sí misma está concebido de manera que la boquilla se pueden desmontar fácilmente y los componentes más grandes de la misma se pueden lavar fácilmente.

Cuando el electrodo de pared delgada 1 está conectado a un potencial eléctrico alto, que genera fuerte un campo electrostático, el gradiente más fuerte de ese campo electrostático se desarrolla en una pequeña área del electrodo de pared delgada 1, es decir, en el área que corresponde al punto en el extremo distal del electrodo de pared delgada 1 en donde se está formando la gota de material polimérico. Tales fuerzas de gradiente significativas del campo electrostático son esenciales para la formación de un cono de Taylor y para la iniciación del posterior proceso de hilado. El diseño de la boquilla de hilado combinada está favorablemente basado en una boquilla de capilaridad delgada que tiene varias ventajas distintas que incluyen, entre otras, fácil limpieza e insignificante riesgo de atascamiento durante el proceso de hilado junto con la productividad incomparablemente más elevada.

Otra ventaja de las disposiciones descritas con referencia a la presente invención consiste en una elevada eficiencia de las boquillas de hilado combinadas que no se puede conseguir por ninguno de los tipos conocidos de boquillas de hilado sin que venga acompañada de desventajas de la técnica anterior, tales como el atascamiento, los cambios en los parámetros de las soluciones poliméricas durante el proceso de hilado, limpieza posterior complicada, son similares. Tal nivel de eficiencia elevado se consigue mediante la multiplicación de los canales de distribución en las superficies planas de una boquilla de hilado combinada lineal de un solo extremo o de extremos dobles o en la superficie curvada de una boquilla de hilado combinada cilíndrica, y por el desarrollo resultante de las numerosas gotas en miniatura a partir de cuyos conos de Taylor y, posteriormente las propias fibras hiladas formadas.

Además, las realizaciones anteriores de la boquilla de hilado combinada utiliza una ayuda componente de aire que fluye adicional a través de sus fuerzas tangenciales, el desarrollo de conos de Taylor y la posterior formación de fibras sin afectar a las propiedades de la solución polimérica que es hilada debido al aumento de temperatura. El caudal del aire se puede controlar para incrementar el volumen de la solución polimérica que está siendo hilada, mejorando así la productividad de todo el proceso. Además de ello, el posible control de temperatura incluye favorablemente en las condiciones climáticas tanto de los puntos, en donde se forman las fibras individuales, como dentro de toda la cámara de deposición. De este modo, las cantidades físicas relacionadas con las propiedades del aire, tales como el caudal y temperatura, son parámetros regulados que hacen posible que el proceso sea controlado con el objetivo de obtener las propiedades morfológicas deseadas de los materiales de las nanofibras y las microfibras.

Ejemplo 1

En una realización preferida de la invención, la boquilla combinada de un único extremo para realizar el método de hilado electrostático comprende tres componentes a modo de placas paralelos, como se muestra en las Figs. 1 y 2. El primer cuerpo no conductor 2 que tiene un espesor de 5 mm está en contacto íntimo con el electrodo de pared delgada 1 que está conectado al potencial electrostático de un suministro de alto voltaje. La pared de dicho electrodo tiene un mm de espesor. En su superficie adyacente al electrodo de pared delgada, el primer cuerpo no conductor 2 está provisto de ranuras 5 que tiene las dimensiones de 1x2 mm que sirven para la distribución de la mezcla polimérica. La mezcla polimérica es suministrada por las ranuras 5 hacia el borde del eléctrico de pared delgada 1 en donde se mezcla y se confirma en gotas pequeñas o en una capa continua delgada que tiene un radio de curvatura pequeño. El segundo cuerpo no conductor 4 está situado en una distancia de 8 mm de la segunda pared del eléctrico de pared delgada 1, delimitando de este modo el espacio interior 3 que hace posible que sea suministrado el aire que fluye.

Ejemplo 2

En otra realización preferida de la invención, la boquilla combinada de doble extremo para realizar el método de hilado electrostático comprende cinco componentes a modo de placa paralelos que están dispuestos en el siguiente orden: segundo cuerpo no conductor 4, primer cuerpo no conductor 2, electrodo de pared delgada 1, tercer cuerpo no conductor 7, y cuarto cuerpo no conductor 8. De este modo, el componente medio es el electrodo de pared delgada 1 que está formado por una placa que tiene 1 mm de espesor, 50 mm de altura y 100 mm de longitud y que está conectado al potencial eléctrico de una fuente de alto voltaje. En el otro lado, las superficies del electrodo de

pared delgada 1 están íntimamente adyacentes al primer cuerpo no conductor 2, que está formado por una placa que tiene 5 mm de espesor, y por el tercer cuerpo no conductor 7, que también tiene 5 mm de espesor. En sus superficies adyacentes al electrodo de pared delgada 1, el primer y el tercer cuerpos no conductores 2, 7 están provistos de ranuras 5 que tiene las dimensiones de 1 x 2 mm y que sirven para la distribución de dos mezclas líquidas diferentes. Cada mezcla es suministrada individualmente por las correspondientes ranuras 5 hacia el borde del electrodo de pared delgada 1, que está centralmente situado en el extremo distal 6 de la boquilla de hilado combinada de dos lados, en donde son mezcladas las mezclas y conformadas en pequeñas gota o en una capa delgada continua que tiene un radio de curvatura pequeño. El segundo cuerpo no conductor 4 está situado a una distancia longitudinal de 8 mm del primer cuerpo no conductor 2, sirviendo el espacio interior 3 formado entre los dos cuerpos para suministrar y dirigir el aire que fluye hacia el extremo distal 6 de la boquilla de hilado combinada. De manera similar, el cuarto cuerpo no conductor 8 está situado a una distancia longitudinal de 8 mm desde el tercer cuerpo no conductor 7, sirviendo el espacio interior 3 formado entre esos dos cuerpos para suministrar y dirigir el aire que fluye hacia el extremo distal 6 de la boquilla de hilado combinada.

Ejemplo 3

En todavía otra realización preferida de la invención, la boquilla de hilado de coquilla combinada comprende el electrodo de pared delgada 1 que adopta la forma de un cilindro hueco de pared delgada, que tiene un diámetro de 50 mm y la pared delgada de 1 mm. El lado interno de la pared de dicho cilindro es adyacente al primer cuerpo no conductor 2 que tiene la forma de un cilindro sólido. La superficie de dicho cilindro sólido está provista de 16 ranuras que tiene las dimensiones de 1 x 2 mm y que sirven para suministrar la mezcla polimérica. La mezcla polimérica es suministrada desde un depósito de almacenamiento a través del canal de alimentación 11 que rodea el primer cuerpo no conductor 2 en las ranuras 5 y posteriormente presionada hacia fuera a través de dichas ranuras así como a través de los orificios, que están dispuestos aguas abajo de estas últimas, hacia el borde del electrodo de pared delgada 1 en donde la mezcla es posteriormente conformada en pequeñas gotas. El caudal de las mezclas poliméricas está comprendido entre 10 y 10000 µl/min. El segundo cuerpo no conductor 4, que tiene también forma de cilindro hueco, está unido a una cierta distancia del electrodo de pared delgada 1. En esta realización a modo de ejemplo, la distancia de 8 mm entre el electrodo de pared delgada 1 y el segundo cuerpo no conductor 4 delimita el espacio interior 3 que sirve para suministrar el vapor del aire precalentado, la temperatura y el caudal del aire de 20 a 100 °C y de 0 a 1000 l/min, respectivamente. El espacio interior 3 se adapta al cilindro no conductor hueco 10 que tiene propiedades aislantes eléctricas y térmicas. De este modo, el gradiente del campo eléctrico está mejor enfocado y ampliado, se evita que ocurra la transferencia de calor desde el aire que fluye a través del electrodo de pared delgada 1 a la mezcla polimérica y además, la circunferencia externa de la envuelta del campo eléctrico tiene la forma adecuada para retener la mezcla polimérica superflua.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

La invención es particularmente útil para la preparación en laboratorio y la producción industrial de materiales fibrosos, tales como materiales compuestos de nanofibras o microfibras, por medio del método de hilado electrostático.

REIVINDICACIONES

1. Boquilla de hilado combinada para la producción de materiales de nanofibras o microfibras, caracterizada por que comprende un electrodo de pared delgada (1) y un primer cuerpo no conductor (2) adyacente a la primera pared de dicho electrodo de pared delgada, teniendo dicho primer cuerpo no conductor (2) su pared, que está vuelta hacia el electrodo de pared delgada (1), provista de una disposición de ranuras (5) formadas en la misma, conduciendo dichas ranuras al extremo distal (6) de la boquilla de hilado combinada y teniendo sus extremos distales conectados a un suministro de una mezcla de hilado.
2. La boquilla de hilado combinada para la producción de materiales de nanofibras o microfibras de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que comprende además un segundo cuerpo no conductor (4) que es adyacente a la segunda pared del electrodo de pared delgada (1) y que dirige el aire hacia el extremo distal (6) de la boquilla de hilado combinada.
3. La boquilla de hilado combinada para la producción de materiales de nanofibras o microfibras de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizada por que el electrodo de pared delgada (1), adopta la forma de una valva cilíndrica, en la que está alojado el primer cuerpo no conductor (2) que tiene forma cilíndrica y que está provisto de ranuras en su superficie, siendo la superficie exterior de dicho primer cuerpo adyacente a la superficie interior de dicha valva cilíndrica, mientras que el segundo cuerpo no conductor (4) que sirve para dirigir el aire hacia el extremo distal (6) de la boquilla de hilado combinada, tiene forma de una vaina cilíndrica, estando el electrodo de pared delgada (1) que está alojado en la carcasa cilíndrica (10) fabricado de un material no conductor, definiendo este último y el segundo cuerpo no conductor (4) el espacio interno coaxial (3) entre los mismos para dirigir el aire hacia el extremo distal (6) de la boquilla de hilado combinada.
4. Boquilla de hilado combinada para la producción de materiales de nanofibras o microfibras de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada por que el extremo distal de la carcasa cilíndrica (10) fabricado de un material no conductor está situado debajo del nivel del extremo distal del electrodo de pared delgada (1).
5. Boquilla de hilado combinada para la producción de materiales de nanofibras o microfibras de acuerdo con la reivindicaciones 1 o 2, caracterizada por que el electrodo de pared delgada (1), el primer cuerpo no conductor (1) y el segundo cuerpo no conductor (4) tienen forma de placas, estando la primera pared de dicho electrodo adyacente al primer cuerpo no conductor (1), estando la superficie de éste último adyacente al electrodo de pared delgada (1) provista de ranuras que conducen hacia el extremo distal del electrodo de pared delgada (1), y estando el segundo cuerpo no conductor (4) dispuesto en paralelo con respecto a la segunda pared del electrodo de pared delgada (1), creando de este modo el espacio (3) entre el mismo y el electrodo de pared delgada (1) para dirigir el aire hacia el extremo distal (6) de la boquilla de hilado combinada.
6. Boquilla de hilado combinada para la producción de materiales de nanofibras o microfibras de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que la boquilla está provista del tercer y cuarto cuerpos no conductores (7 y 8), teniendo el electrodo de pared delgada (1) así como el primer, segundo, tercer y cuarto cuerpos no conductores (2, 4, 7 y 8 respectivamente) forma de placa, siendo la segunda pared del electrodo de pared delgada (1) adyacente a la primera pared del tercer cuerpo no conductor (7), estando la superficie de este último adyacente al electrodo de pared delgada (1) provista de ranuras que se extienden desde el extremo proximal al extremo distal del electrodo de pared delgada (1), estando el segundo cuerpo no conductor (4) dispuesto opuesto a la segunda pared del primer cuerpo no conductor (2), definiendo de este modo el espacio (3) entre el mismo y el primer cuerpo no conductor (2), sirviendo dicho espacio para dirigir el aire hacia el extremo distal (6) de la boquilla de hilado combinada, y estando el cuarto cuerpo no conductor (8) dispuesto opuesto a la segunda pared del tercer cuerpo no conductor (7), definiendo de este modo, el espacio (3) entre el mismo y el tercer cuerpo no conductor (7), sirviendo dicho espacio también para dirigir el aire hacia el extremo distal (6) de la boquilla de hilado combinada.

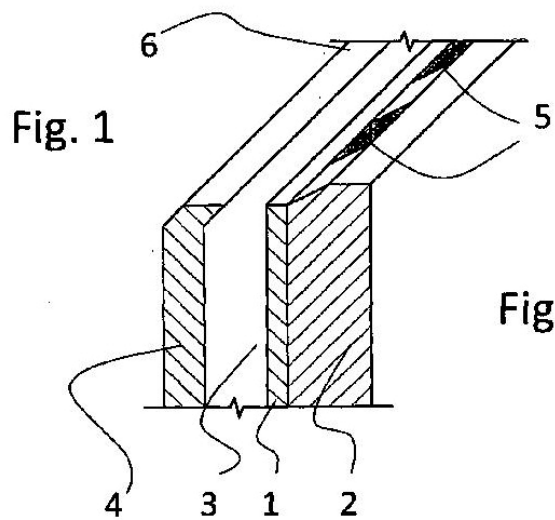


Fig. 2

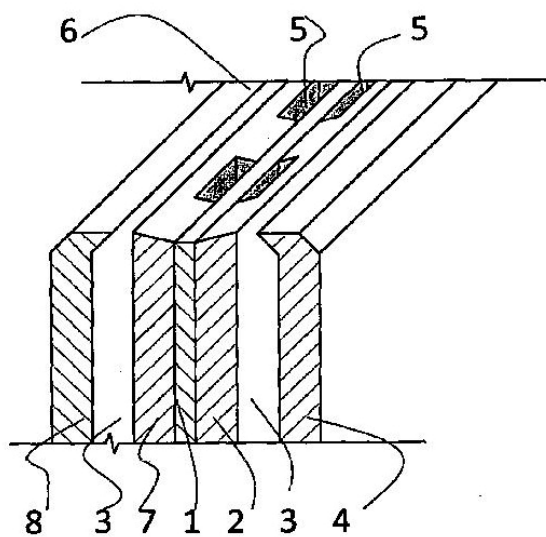
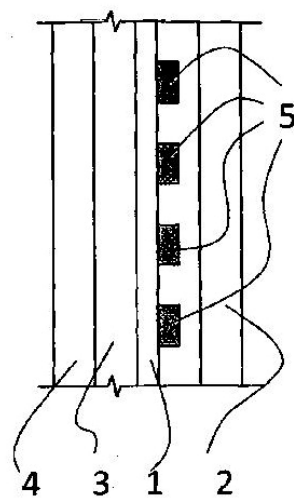


Fig. 3

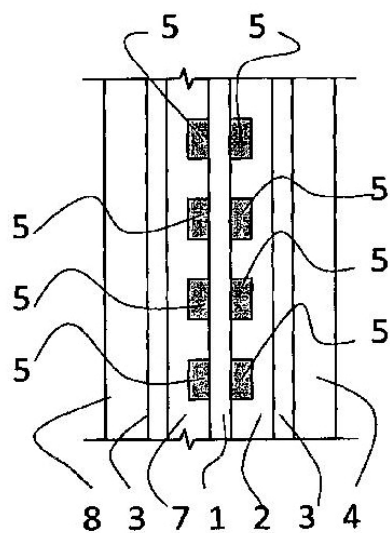


Fig. 4

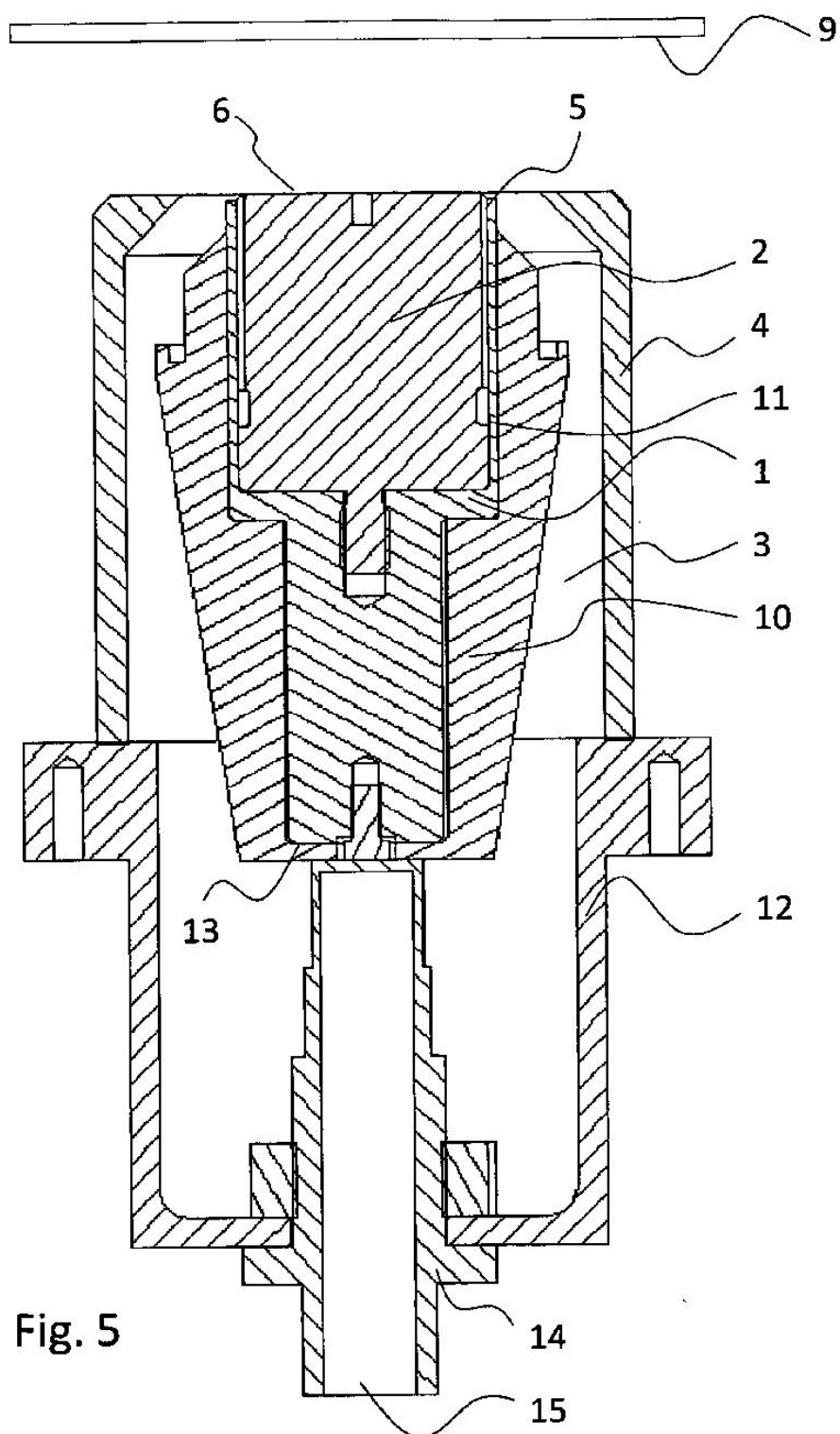


Fig. 5