

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 996 901**

51 Int. Cl.:

**D01D 1/09** (2006.01)

**D01D 5/00** (2006.01)

**D01D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.09.2019 PCT/NL2019/050631**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2020 WO20060411**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2019 E 19828849 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2024 EP 3853398**

54 Título: **Método y aparato de electrohilatura**

30 Prioridad:

**21.09.2018 NL 2021681**

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

**13.02.2025**

73 Titular/es:

**INNOVATIVE MECHANICAL ENGINEERING  
TECHNOLOGIES B.V. (100.00%)**

**Van Dijklaan 6  
5581 WG Waalre, NL**

72 Inventor/es:

**SOLBERG, RAMON HUBERTUS MATHIJS**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 996 901 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

Método y aparato de electrohilatura

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere a un método para electrohilatura de material mediante la expulsión de material de hilatura desde una salida de boquilla de un aparato de electrohilatura, teniendo la salida de boquilla un diámetro exterior. Además, la presente invención se refiere a un aparato de electrohilatura que comprende una unidad de suministro de material de hilatura; una unidad de boquilla en comunicación con la unidad de suministro de material de hilatura que tiene una salida de boquilla; una unidad colectora para recoger una fibra formada durante el funcionamiento del aparato de electrohilatura; y una unidad de suministro de voltaje para aplicar una diferencia de voltaje entre la unidad de boquilla y la unidad colectora.

15 **Estado de la técnica**

[0002] La publicación de patente internacional WO2017/182560 describe un dispositivo y método de electrohilatura. Un líquido que comprende una masa fundida de polímero o solución de polímero se alimenta a una boquilla, y aplicando un campo eléctrico entre la boquilla y un electrodo objetivo, se formará una fibra muy fina y continua, que se puede usar para, por ejemplo, formar una estructura fibrosa. En esta publicación se proporciona un sistema de medición óptica dispuesto para medir el grosor de la estructura fibrosa que se está formando.

[0003] La publicación de patente china CN-A-104309338 describe un método de control de bucle cerrado para tecnología de escritura directa por electrohilatura. Según el cambio de fluido en el momento de pulverización real, el líquido en la boquilla se divide en cono de Taylor y flujo de chorro para su control. Se utiliza una cámara de alta velocidad para detectar la forma, y la información se devuelve directamente al controlador para ajustar y controlar la velocidad de movimiento del sustrato y el voltaje de pulverización que impacta en el flujo de chorro y el cono de Taylor.

[0004] La publicación de patente de Estados Unidos US2016/325480 describe un sistema de producción de injerto autodiagnóstico para producir un dispositivo de injerto. Se proporciona un conjunto de suministro de polímero para suministrar una matriz de fibra de un material polimérico hilado.

[0005] La publicación de patente china CN-A-105839202 describe un método para controlar el diámetro y la estructura de fibras de poliacrilonitrilo electrohiladas. En el proceso de electrohilatura del poliacrilonitrilo, mediante la reducción del tamaño de un cono de Taylor, se puede reducir el diámetro de las fibras de poliacrilonitrilo electrohiladas preparadas y se puede mejorar la estructura de las fibras de poliacrilonitrilo electrohiladas. El diámetro y la estructura de las fibras preparadas se pueden controlar en tiempo real observando el cono de Taylor en tiempo real.

[0006] El documento CN 107 932 894 A describe una impresora 3D de deposición por chorro accionada por campo eléctrico de alta precisión y describe observar la microgota en la boquilla a través de una morfología de cámara de observación entrecerrando los ojos. El documento describe observar la cámara entrecerrando los ojos, observar la forma de microgota (forma y tamaño Taylor) en la boquilla.

[0007] El documento KR 2016 0081520 A describe un aparato de formación de patrones de electrohilatura. El documento describe la disposición de nanofibras formadas de una manera electrohilada en una dirección predeterminada utilizando un campo magnético.

50 **Sumario de la invención**

[0008] La presente invención busca proporcionar un método y aparato de electrohilatura mejorados, que permitan la formación reproducible de la fibra hilada y de las estructuras fibrosas.

[0009] Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método como se ha definido anteriormente, comprendiendo el método determinar una forma de un cono de material de hilatura fluido que sale de la salida de la boquilla desde una imagen capturada durante el uso operativo del aparato de electrohilatura, donde determinar una forma del cono comprende una calibración de la imagen capturada usando dimensiones predeterminadas de una parte de referencia del aparato de electrohilatura (como la salida de la boquilla) y la detección de bordes en la imagen capturada, determinar a partir de la forma del cono un área de determinación del diámetro del alambre de hilatura, determinar un diámetro real del alambre de hilatura en el área de determinación del diámetro del alambre de hilatura, y controlar parámetros de funcionamiento del aparato de electrohilatura en base a una diferencia entre el diámetro real del alambre de hilatura y un diámetro deseado del alambre de hilatura.

[0010] Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de electrohilatura como se ha definido anteriormente, que comprende además un dispositivo de formación de imágenes para capturar una imagen de un cono y la fibra que se forma durante el funcionamiento, y una unidad de procesamiento conectada al dispositivo de formación de imágenes, una unidad de suministro de material de hilatura y una unidad de suministro de voltaje, donde la unidad de procesamiento está dispuesta para determinar una forma del cono mediante una calibración de la imagen capturada usando dimensiones predeterminadas de una parte de referencia del aparato de electrohilatura y la detección de bordes en la imagen capturada, determinar a partir de la forma del cono un área de determinación del diámetro del alambre de hilatura en la imagen capturada, determinar un diámetro real del alambre de hilatura en el área de determinación del diámetro del alambre de hilatura y controlar parámetros de funcionamiento del aparato de electrohilatura basándose en una diferencia entre el diámetro real del alambre de hilatura y un diámetro deseado del alambre de hilatura.

[0011] Las formas de realización de la invención descritas en el presente documento pueden usarse para potenciar la reproducibilidad de las fibras para procesos de electrohilatura generales, y también para permitir el control de calidad sobre la morfología de las fibras de las estructuras fibrosas formadas.

### Breve descripción de los dibujos

[0012] La presente invención se describirá con más detalle a continuación, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

La Fig. 1 muestra un diagrama de bloques de un aparato de electrohilatura según una forma de realización de la presente invención;

La Fig. 2 muestra una vista en sección transversal parcial de un área de boquilla de una forma de realización de un aparato de electrohilatura según la presente invención; y

Las Fig. 3A-E muestran imágenes simplificadas de diversas formas de conos que se forman durante el funcionamiento real de las formas de realización de aparatos de electrohilatura de la presente invención.

### Descripción de formas de realización

[0013] Las formas de realización de la presente invención pueden aplicarse en una pluralidad de aplicaciones en las que se ejecuta la electrohilatura de una fibra o material fibroso para obtener (semi)productos. El material fibroso puede tener una geometría variable, como fibras hiladas, láminas de fibra, tubos fibrosos, etc.

[0014] En la Fig. 1 se proporciona una vista esquemática genérica de una forma de realización ejemplar de un aparato de electrohilatura según la presente invención. En la parte inferior, está presente una unidad colectora 1 (que también actúa como contraelectrodo) que está dispuesta para tener el material fibroso formado sobre la misma. Está presente una unidad de suministro de voltaje (alto) 2, que en funcionamiento aplica una diferencia de voltaje (alto) entre la unidad colectora y una unidad de boquilla 3. La unidad de boquilla 3 está en comunicación con una unidad de suministro de material de hilatura 6, y contiene una cantidad de material de hilatura fluido o fluidizado, como una solución polimérica o composición polimérica. Aplicando el alto voltaje y alimentando la unidad de boquilla 3 con material de hilatura, se forma un cono (o cono Taylor) 7 en una punta de la unidad de boquilla 3, así como una fibra delgada 8. Además, en esta forma de realización ejemplar, se proporciona un dispositivo de formación de imágenes 4, en contacto con una unidad de procesamiento 5 (que está conectada a y puede controlar parámetros de funcionamiento de la unidad de suministro de material de hilatura 6 y la unidad de suministro de voltaje 2).

[0015] Una vista en sección transversal parcial de un área de boquilla de una forma de realización de un aparato de electrohilatura según la presente invención se muestra en la Fig. 2, donde la unidad de boquilla 3 comprende una salida de boquilla 3a (por ejemplo, implementada usando un elemento similar a una aguja o un tubo). La salida de boquilla 3a tiene un diámetro exterior (o anchura)  $E_N$  y se extiende sobre una distancia del saliente de la boquilla  $W_N$  desde una superficie de la unidad de boquilla 3 a una cámara de procesamiento del aparato de electrohilatura. En la forma de realización mostrada, se muestra un canal de flujo de gas 3b opcionalmente presente que rodea la salida de boquilla 3a. Dependiendo del tipo y cantidad de gas que fluye fuera del canal de flujo de gas 3b que actúa como un escudo alrededor del cono 7 y la fibra 8 que se está formando, el proceso de solidificación de la fibra 8 puede controlarse durante el funcionamiento del aparato de electrohilatura.

[0016] La electrohilatura es un método para producir fibras continuas 8 con un diámetro que varía de unas pocas decenas de nanómetros a unas pocas decenas de micrómetros. Para electrohilar las fibras 8, se puede alimentar un material de hilatura adecuado (licuado) a través de la pequeña salida de boquilla 3a de la unidad de boquilla 3. El material (licuado) puede cargarse eléctricamente aplicando un alto voltaje entre el material en la boquilla 3 y la unidad colectora 1 o contraelectrodo 1. El campo eléctrico generado provoca una deformación en forma de cono de una gota 7 en la salida o punta de la boquilla 3a. Una vez superada la tensión superficial de esta gota por la fuerza eléctrica, se forma un chorro fuera de la gota y se forma una fibra 8 que se mueve hacia la unidad colectora 1. Durante el vuelo hacia la unidad colectora 1, la fibra 8 se estira y alarga continuamente por las diferentes fuerzas que actúan sobre ella, reduciendo su diámetro y permitiendo que se solidifique (por ejemplo,

por evaporación del solvente o enfriamiento del material) de manera que se deposite una fibra sólida 8 sobre la unidad colectora 1. Se observa que la unidad colectora 1 puede comprender una placa plana que se coloca justo delante de un contraelectrodo conectado a la unidad de suministro de voltaje 2, como alternativa a que la unidad colectora 1 esté conectada a la unidad de suministro de voltaje 2.

5 [0017] El dispositivo de obtención de imágenes 4 (por ejemplo, una cámara de alta resolución) se añade al aparato de electrohilatura para permitir la estabilización y/o el control del cono de hilatura 7 durante un proceso de electrohilatura (basado en agujas) por medio de la implementación del sistema de retroalimentación de visión inteligente.

10 [0018] En términos genéricos, según un aspecto de la presente invención, se proporciona un método para la electrohilatura de material expulsando material de hilatura (fluido o fluidizado) desde una salida de boquilla 3a de un aparato de electrohilatura, teniendo la salida de boquilla 3a un diámetro exterior  $E_N$ . El método comprende determinar una forma de un cono 7 de material de hilatura fluido que sale por la salida de boquilla 3a a partir de una imagen capturada durante el uso operativo del aparato de electrohilatura (por ejemplo, usando procesamiento de vídeo, como detección de bordes), determinar a partir de la forma del cono 7 un área de determinación de diámetro de alambre de hilatura en la imagen capturada, determinar un diámetro de alambre de hilatura real  $d$  en el área de determinación de diámetro de alambre de hilatura (usando, por ejemplo, técnicas de detección de bordes), y controlar parámetros de funcionamiento del aparato de electrohilatura en base a una diferencia entre el diámetro de alambre de hilatura real  $d$  y un diámetro de alambre de hilatura deseado.

20 [0019] Cabe señalar que la técnica de electrohilatura usa un campo eléctrico, generado por un potencial de alto voltaje entre genéricamente una boquilla y un colector, para producir una fibra 8 a partir de una gota en la punta/salida de la boquilla 3a. Cuando se realiza un proceso de electrohilatura durante un cierto tiempo, el material de hilatura proporcionado podría cambiar en composición (intencionado o no) y este cambio tiene un efecto sobre la morfología y el dimensionamiento de la fibra resultante 8. Este cambio de material puede verse también en la punta de la salida de la boquilla 3a por alteraciones en las dimensiones del cono de hilatura 7. Al detectar estas alteraciones por el dispositivo de formación de imágenes 4 (por ejemplo, una cámara de visión) y la unidad de procesamiento 5 en la punta de la salida de boquilla 3a, se pueden aplicar compensaciones al proceso para mantener las alteraciones de fibra bajo control.

25 [0020] En caso de que se usen materiales de hilatura (principalmente polímeros) que cambian en la composición (debido a, por ejemplo, cambios de temperatura, viscosidad o evaporación del solvente) durante el tiempo en que el proceso de hilatura está en curso, el comportamiento de hilatura puede verse drásticamente afectado, lo que da como resultado un cambio en la morfología de la fibra o incluso detiene el proceso de hilatura en total.

35 [0021] Las formas de realización del método actualmente propuestas usan una cámara de visión inteligente (dispositivo de formación de imágenes 4) con, por ejemplo, una lente adaptada y un software de procesamiento de vídeo/imagen asociado que se ejecuta en la unidad de procesamiento 5 para realizar mediciones en tiempo real en el cono giratorio 7. En caso de que cambie el comportamiento del material, esto puede detectarse mediante las mediciones realizadas. A través de un algoritmo específico del material, las desviaciones de medición se utilizan como señal de retroalimentación al proceso de hilatura para compensar las desviaciones que se producen. Estas compensaciones pueden ser, por ejemplo, un cambio en el flujo de material y/o un cambio en el voltaje de hilatura y/o la distancia de hilatura. En una forma de realización adicional de la presente invención, los parámetros de funcionamiento del aparato de electrohilatura comprenden uno o más de: un voltaje entre la salida de boquilla 3a y una unidad colectora 1; una cantidad de material de electrohilatura que fluye a través de la salida de boquilla 3a; condiciones ambientales (por ejemplo, temperatura, humedad,...) en una cámara de procesamiento del aparato de electrohilatura; condiciones ambientales de la unidad de boquilla 3, tales como temperatura; una cantidad de gas que fluye a través de un canal de flujo de gas 3b que rodea la salida de boquilla 3a; una distancia del saliente de la boquilla  $W_N$  de la salida de boquilla 3a que se extiende en una cámara de procesamiento de un aparato de electrohilatura. En una forma de realización ejemplar adicional más, la salida de boquilla 3a está provista de una abertura ajustable a través de la cual fluye el fluido durante el funcionamiento, y la abertura ajustable puede controlarse para influir en el orificio y, por tanto, en la forma del cono 7.

40 [0022] La retroalimentación basada en la visión para compensar los cambios de material (por ejemplo, viscosidad) en procesos de electrohilatura se puede implementar de una manera suficientemente rápida y robusta usando recursos de procesamiento de capacidad suficiente en la unidad de procesamiento 5. Diferentes propiedades del material de hilatura (o composiciones de solución de hilatura) y ajustes de parámetros de procesamiento dan como resultado un cono de hilatura 7 con una forma específica. Por ejemplo, para procesar nanofibras 8, el cono 7 es relativamente cóncavo y delgado (véase, por ejemplo, la Fig. 3D), y para microfibras 8 el cono 7 es más convexo y ancho (véase, por ejemplo, la Fig. 3C). Las dimensiones del cono 7 también pueden estar en el borde de la producción de cualquier fibra estable 8. El cono puede ser sobre convexo (véase la Fig. 3A) o sobre cóncavo (véase la Fig. 3E) o incluso el cono puede retraerse dentro de la punta de la boquilla, lo que resulta mayormente en una expulsión de material inestable en la punta de la salida de la boquilla 3a.

[0023] La forma del cono 7 durante el funcionamiento del aparato de electrohilatura puede capturarse usando el dispositivo de formación de imágenes 4, y procesarse usando técnicas de procesamiento de imágenes implementadas en la unidad de procesamiento 5. Capturando una imagen que incluye una parte de la unidad de boquilla 3 (y la fibra 8), o cualquier otra parte de referencia del aparato de electrohilatura, es posible, por ejemplo, usar dimensiones predeterminadas (es decir, conocidas) de la salida de boquilla 3a (por ejemplo, distancia del saliente de la boquilla  $W_N$  y el diámetro exterior  $E_N$ ) para calibrar las mediciones a partir de una imagen capturada. Para ello, en otra forma de realización, la determinación de una forma del cono 7 comprende una calibración de la imagen capturada utilizando dimensiones predeterminadas de una parte de referencia del aparato de electrohilatura (como la salida de boquilla 3a) y detección de bordes en la imagen capturada.

[0024] Para diferentes productos, las dimensiones de las fibras deben ser tan constantes en conjunto como sea posible o las fibras deben tener ciertos cambios dimensionales o morfológicos con el tiempo. El cambio de los ajustes de procesamiento según un marco de tiempo (es decir, en función del tiempo) funciona pero no compensa perturbaciones imprevistas en el comportamiento del material. Las formas de realización del método de la presente invención superarán estos problemas. Al visualizar el cono 7 de hilatura mediante una cámara de visión inteligente (dispositivo de formación de imágenes 4) con la capacidad de realizar mediciones (en tiempo real) en la imagen capturada del cono 7, se pueden medir desviaciones debidas a cambios de material e introducirlas en un algoritmo para adaptar (en tiempo real) el proceso de hilatura. El proceso puede verse influenciado, por ejemplo, por el cambio del flujo de material, el voltaje de hilatura, la distancia de hilatura o el flujo de gas de protección.

[0025] En una forma de realización del método, determinar una forma de un cono 7 comprende (dinámicamente) determinar un punto base  $X_b$  a lo largo de un eje primario del aparato de electrohilatura, como se muestra en la vista en sección transversal de la Fig. 3B. Alternativamente, determinar una forma de un cono 7 comprende (dinámicamente) determinar un punto base  $X_b$  a lo largo de la línea central del cono 7 de hilatura. El eje primario/línea central puede definirse como la línea perpendicular a una superficie de extremo de la salida de boquilla 3a, o como una trayectoria del material de hilatura de la fibra 8 que se está formando. Esto puede implementarse en la unidad de procesamiento 5 usando algoritmos de detección y procesamiento de imágenes, por ejemplo, usando técnicas de detección de bordes y/o de pixelación.

[0026] En una forma de realización específica, el punto base  $X_b$  se determina usando la coincidencia de curvas de un borde del cono 7 en la imagen capturada. La coincidencia de curvas puede aplicarse en la imagen capturada al encontrar un ángulo de vértice  $\alpha$  como se muestra en las Fig. 3B-D, por ejemplo, usando líneas rectas (es decir, una mejor coincidencia de un cono triangular desde un borde de la salida de boquilla 3a con el ángulo de vértice  $\alpha$ ). Alternativamente, la coincidencia de curvas puede aplicarse usando la coincidencia de curvas de 2º orden o superior de un borde detectado del cono 7 en la imagen capturada. En otras palabras, determinando un punto de punta del cono de hilatura 7 y aplicando un ajuste lineal (o de orden superior) en el borde del cono de hilatura 7, es posible determinar el ángulo  $\alpha$  del cono 7 y el punto de intersección como punto base en el eje central del cono 7. Este punto de intersección proporciona entonces la distancia  $X_b$  desde la punta de la salida de la boquilla 3a.

[0027] En un grupo adicional de formas de realización, el diámetro  $d$  del chorro (es decir, el diámetro de la fibra 8 que se forma durante el funcionamiento) se mide a una distancia  $X_d$  fija desde la punta determinada del cono (es decir, el punto base  $X_b$ ). En relación con la forma de realización del método genérico descrita anteriormente, en una forma de realización adicional, el área de determinación del diámetro del alambre de hilatura se determina como un punto a lo largo del eje primario a una distancia predeterminada  $X_d$  desde el punto base  $X_b$ . La distancia predeterminada  $X_d$  depende, por ejemplo, de la composición del material de hilatura. El uso de una distancia predeterminada  $X_d$  desde el punto base  $X_b$  da una medición estable del diámetro del chorro que da como resultado información fiable del flujo de material. Se observa que la información del punto base  $X_b$  en combinación con el ángulo de cono  $\alpha$  proporciona información sobre la forma del cono 7 y su estabilidad.

[0028] En una forma de realización alternativa, el área de determinación del diámetro del alambre de hilatura se determina como un punto a lo largo del eje primario en un factor predeterminado  $i$  veces la distancia del punto de base desde un borde de la salida de la boquilla 3a en la imagen capturada hasta el punto de base  $X_b$ . De manera similar a la forma de realización anterior, el uso de un factor  $i$  para determinar dónde se mide el diámetro  $d$  de la fibra 8, dará como resultado una medición fiable y relevante. En una forma de realización ejemplar,  $i = 2$ .

[0029] Junto a las mediciones básicas, se puede extraer más información de la imagen (por ejemplo, el diámetro de la boquilla, la distancia del saliente de la boquilla, los desplazamientos angulares de la fibra 8 que se está formando) que puede ser ventajosa para automatizar el proceso de medición entre imágenes consecutivas e incluso puede proporcionar información de control de calidad. En una forma de realización adicional del método, el punto base  $X_b$  (y/o el diámetro  $d$  de la fibra 8) se mide periódicamente con el tiempo.

[0030] En el caso de que las imágenes se tomen de una unidad de boquilla 3 que se mueve a través de un movimiento de traslación, tomar imágenes consecutivas por el dispositivo de formación de imágenes 4, puede dar como resultado imágenes posteriores donde el vértice del cono 7 puede variar un poco en relación con la

5 salida de boquilla 3a. Buscando ciertos marcadores en la imagen, como los bordes de la salida de la boquilla 3a, la (poca) distorsión puede corregirse antes de realizar las mediciones generales. En tales formas de realización de la unidad de boquilla móvil 3, las mediciones periódicas también pueden sincronizarse con el movimiento ascendente y descendente (traslacional), por ejemplo, (suponiendo una posición fija del dispositivo de formación de imágenes 4) procesando una imagen capturada una o dos veces cada ciclo ascendente y descendente.

10 [0031] Mediante las mediciones de una o más formas de realización como se ha descrito anteriormente, todas las desviaciones del cono 7 pueden determinarse y usarse para retroalimentación. Cada material y/o producto requiere una cierta forma de cono 7 para dar como resultado la morfología de la fibra 8 requerida. Usando (o aprendiendo) la forma del cono 7 requerida como un punto de referencia (dependiente del tiempo), todas las desviaciones según este punto de referencia pueden introducirse en un algoritmo que calcula los cambios requeridos en los ajustes del proceso.

15 [0032] En una forma de realización ejemplar adicional, el método comprende además ajustar los parámetros de funcionamiento del aparato de electrohilatura tras la detección de un cambio de la forma del cono 7. Por ejemplo, cuando se detecta una parte de diámetro constante creciente en la raíz del cono 7 cerca de la salida de boquilla 3a, se puede suponer que el proceso de formación de la fibra 8 se verá afectado negativamente y requiere un ajuste, por ejemplo, iniciando o ajustando un flujo de gas alrededor del cono 7 a través del canal de flujo de gas 3b.

20 [0033] En una forma de realización más adicional, la detección de retroalimentación de visión se usa para detectar la presencia de múltiples conos de hilatura 7 fuera de la salida de boquilla 3a. La presencia de múltiples conos de hilatura 7, que da como resultado el hilado de múltiples fibras 8 durante el funcionamiento, puede ser un modo de funcionamiento deseado o no deseado del aparato de electrohilatura, y la retroalimentación de visión puede usarse para detectar o incluso estabilizar dicho modo de funcionamiento.

25 [0034] Los datos de medición derivados de las imágenes capturadas también pueden usarse para el control de calidad o incluso para fines de certificación de un producto fabricado por el aparato de electrohilatura. Para ello, otra forma de realización del proceso comprende el almacenamiento de datos de medición.

30 [0035] En un aspecto adicional, la presente invención se refiere a un aparato de electrohilatura que comprende una unidad de suministro de material de hilatura 6 (fluido); una unidad de boquilla 3 en comunicación con la unidad de suministro de material de hilatura 6 que tiene una salida de boquilla 3a; una unidad colectora 1 para recoger una fibra 8 formada durante el funcionamiento del aparato de electrohilatura; una unidad de suministro de voltaje 2 para aplicar una diferencia de voltaje entre la unidad de boquilla 3 y la unidad colectora 1; un dispositivo de formación de imágenes 4 para capturar una imagen de un cono 7 y la fibra 8 que se forma durante el funcionamiento; y una unidad de procesamiento 5 conectada al dispositivo de formación de imágenes 4, a la unidad de suministro de material de hilatura 6 y a la unidad de suministro de voltaje 2, donde la unidad de procesamiento 5 está dispuesta para determinar una forma del cono 7, determinar a partir de la forma del cono 7 un área de determinación del diámetro del alambre de hilatura en la imagen capturada, determinar un diámetro real  $d$  del alambre de hilatura en el área de determinación del alambre de hilatura, y controlar el funcionamiento del aparato de electrohilatura basándose en una diferencia entre el diámetro real  $d$  del alambre. En una forma de realización adicional, la unidad de procesamiento 5 está dispuesta para ejecutar el método según una cualquiera de las formas de realización del método descritas en el presente documento.

35 [0036] La ventaja de este aparato de electrohilatura es la ganancia en reproducibilidad del proceso. En caso de, por ejemplo, crear implantes médicos por electrohilatura, todas las variaciones en la morfología de la malla y la fibra son un gran problema para el rendimiento y certificación del producto, que puede ser abordado por las formas de realización de la presente invención. Las formas de realización de la presente invención permiten un nuevo nivel de control en el cono de hilatura 7 que proporciona una mejor reproducibilidad del proceso, lo que resulta en implantes médicos de mejor calidad y mucho menos desechos de materiales (que varían desde mallas hiladas hasta implantes completos).

40 [0037] En una forma de realización adicional más, el aparato de electrohilatura comprende además una unidad de control del entorno conectada a la unidad de procesamiento 5 para controlar las condiciones ambientales en una cámara de procesamiento del aparato de electrohilatura. El control ambiental del espacio de hilatura (formación de fibras) real es relevante, pero las formas de realización de la presente invención también permiten un control basado en retroalimentación con una monitorización y ajuste constantes de los parámetros del proceso cuando sea necesario.

45 [0038] Como se muestra en la forma de realización de la Fig. 2, la unidad de boquilla 3 puede comprender además un canal de flujo de gas 3b que rodea la salida de boquilla 3a. El aparato de electrohilatura comprende además una unidad de control de flujo de gas conectada a la unidad de procesamiento 5 para controlar una cantidad de gas que fluye a través del canal de flujo de gas 3b. Adicional o alternativamente, el aparato de electrohilatura comprende además una unidad de control de posición de boquilla conectada a la unidad de procesamiento 5 para controlar una distancia del saliente de la boquilla  $W_N$  de la salida de boquilla 3a que se

extiende en una cámara de procesamiento de un aparato de electrohilatura. Esto permite una influencia directa sobre la distancia del proceso de hilatura (desde la unidad de boquilla 3 a la unidad de colector 1) pero también permite ajustar con precisión los parámetros eléctricos, es decir, la intensidad de campo y la distribución de la intensidad de campo entre la unidad de boquilla 3 y la unidad de colector 1.

5

[0039] En una forma de realización ejemplar adicional, la salida de boquilla 3a comprende una mezcla de múltiples flujos de fluido, por ejemplo, en una configuración coaxial o contigua. La retroalimentación de visión como se ha descrito anteriormente con referencia a otras formas de realización puede usarse para controlar la proporción de mezcla de cada uno de los flujos de material individuales.

10

[0040] En una forma de realización adicional, la retroalimentación de visión también se puede usar para controlar la distancia del saliente o la distancia relativa entre las salidas de flujo de material para controlar la morfología de las fibras.

15

[0041] El aparato de electrohilatura puede comprender en una forma de realización adicional un inyector situado en la unidad de boquilla 3, que está conectado a la unidad de procesamiento 5 para el control del funcionamiento del inyector. El inyector puede aplicarse de una manera similar a un pulso para controlar el flujo de material de la salida de boquilla 3a, por ejemplo, basándose en la retroalimentación de visión usando el dispositivo de formación de imágenes 4.

20

[0042] La presente invención se ha descrito anteriormente con referencia a varias formas de realización ejemplares como se muestra en los dibujos. Son posibles modificaciones e implementaciones alternativas de algunas partes o elementos y están incluidas en el alcance de protección como se define en las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de electrohilatura de material por eyección de material de hilatura desde una salida de boquilla (3a) de un aparato de electrohilatura, teniendo la salida de boquilla (3a) un diámetro exterior ( $E_N$ ), comprendiendo el método
- 10 - determinar una forma de un cono (7) de material de hilatura fluido que sale de la salida de boquilla (3a) a partir de una imagen capturada durante el uso operativo del aparato de hilatura, donde determinar una forma del cono (7) comprende una calibración de la imagen capturada usando dimensiones predeterminadas de una parte de referencia (3a) del aparato de electrohilatura y la detección de bordes en la imagen capturada,
- 15 - determinar, a partir de la forma del cono (7), un área de determinación del diámetro del alambre de hilatura en la imagen capturada,
- determinar un diámetro de alambre de hilatura real (d) en el área de determinación de diámetro de alambre de hilatura, y
- controlar los parámetros de funcionamiento del aparato de electrohilatura en base a una diferencia entre el diámetro real del alambre de hilatura (d) y un diámetro deseado del alambre de hilatura.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, donde los parámetros de funcionamiento del aparato de electrohilatura comprenden uno o más de:
- un voltaje entre la salida de boquilla (3a) y una unidad colectora (1);
- una cantidad de material de hilatura que fluye a través de la salida de boquilla (3a);
- condiciones ambientales en una cámara de procesamiento del aparato de electrohilatura;
- 25 una cantidad de gas que fluye a través de un canal de flujo de gas (3b) que rodea la salida de la boquilla (3a);
- una distancia del saliente de la boquilla ( $W_N$ ) de la salida de boquilla (3a) que se extiende hacia una cámara de procesamiento de un aparato de electrohilatura.
- 30 3. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, donde determinar una forma de un cono (7) comprende determinar un punto de base ( $X_b$ ) a lo largo de un eje primario del aparato de electrohilatura.
4. Método según la reivindicación 3, donde el eje primario comprende un eje primario de la salida de boquilla (3a) del aparato de electrohilatura, una línea central del cono de hilatura (7), o una trayectoria del material de hilatura de una fibra (8) que está formándose.
- 35 5. Método según la reivindicación 3 o 4, donde el punto base ( $X_b$ ) se determina usando la coincidencia de curvas de un borde del cono (7) en la imagen capturada.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3-5, donde el área de determinación del diámetro del alambre de hilatura se determina como un punto a lo largo del eje primario a una distancia predeterminada ( $X_d$ ) desde el punto base ( $X_b$ ).
- 40 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3-5, donde el área de determinación del diámetro del alambre de hilatura se determina como un punto a lo largo del eje primario en un factor predeterminado ( $i$ ) veces la distancia del punto base desde un borde de la salida de boquilla (3a) en la imagen capturada hasta el punto base ( $X_b$ ).
- 45 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3-7, donde el punto base ( $X_b$ ) se mide periódicamente a lo largo del tiempo.
- 50 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, que comprende además ajustar los parámetros de funcionamiento del aparato de electrohilatura tras la detección de un cambio de la forma del cono (7).
10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que comprende además almacenar datos de medición.
- 55 11. Aparato de electrohilatura que comprende:
- una unidad de suministro de material de hilatura (6);
- una unidad de boquilla (3) en comunicación con la unidad de suministro de material de hilatura (6) que tiene una salida de boquilla (3a);
- 60 - una unidad colectora (1) para recoger una fibra (8) formada durante el funcionamiento del aparato de electrohilatura;
- una unidad de suministro de voltaje (2) para aplicar una diferencia de voltaje entre la unidad de boquilla (3) y la unidad colectora (1);
- 65 - un dispositivo de formación de imágenes (4) para capturar una imagen de un cono (7) de material de hilatura fluido y la fibra (8) que se forma durante el funcionamiento;

- 5 - una unidad de procesamiento (5) conectada al dispositivo de formación de imágenes (4), la unidad de suministro de material de hilatura (6) y la unidad de suministro de voltaje (2), donde la unidad de procesamiento (5) está dispuesta para determinar una forma del cono (7) mediante una calibración de la imagen capturada usando dimensiones predeterminadas de una parte de referencia (3a) del aparato de electrohilatura y la detección de bordes en la imagen capturada, determinar a partir de la forma del cono (7) un área de determinación del diámetro del alambre de hilatura en la imagen capturada, determinar un diámetro real del alambre de hilatura (d) en el área de determinación del diámetro del alambre de hilatura, y controlar los parámetros de funcionamiento del aparato de electrohilatura en base a una diferencia entre el diámetro real del alambre de hilatura (d) y un diámetro deseado del alambre de hilatura.
- 10 12. Aparato de electrohilatura según la reivindicación 11, donde la unidad de procesamiento (5) está dispuesta para ejecutar el método según cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
- 15 13. Aparato de electrohilatura según la reivindicación 11 o 12, donde el aparato de electrohilatura comprende además una unidad de control de entorno conectada a la unidad de procesamiento (5) para controlar las condiciones ambientales en una cámara de procesamiento del aparato de electrohilatura.
- 20 14. Aparato de electrohilatura según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, donde la unidad de boquilla (3) comprende además un canal de flujo de gas (3b) que rodea la salida de boquilla (3a), y el aparato de electrohilatura comprende además una unidad de control de flujo de gas conectada a la unidad de procesamiento (5) para controlar una cantidad de gas que fluye a través del canal de flujo de gas (3b).
- 25 15. Aparato de electrohilatura según cualquiera de las reivindicaciones 11-14, donde el aparato de electrohilatura comprende además una unidad de control de posición de boquilla conectada a la unidad de procesamiento (5) para controlar una distancia del saliente de la boquilla ( $W_N$ ) de la salida de boquilla (3a) que se extiende hacia una cámara de procesamiento del aparato de electrohilatura.

Fig. 1

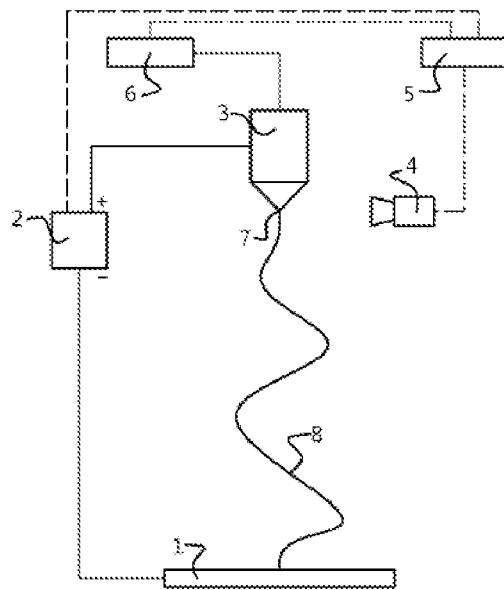


Fig. 2

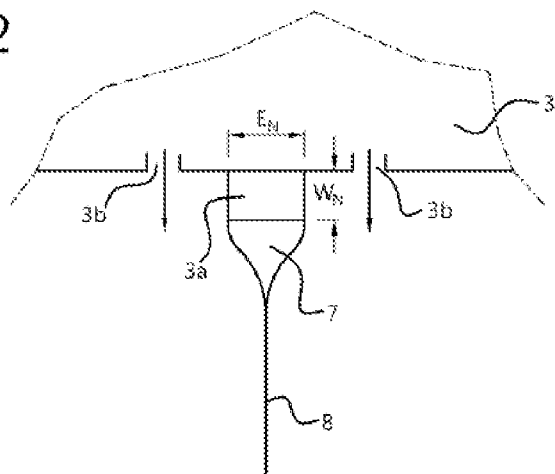


Fig. 3A Fig. 3B Fig. 3C Fig. 3D Fig. 3E

