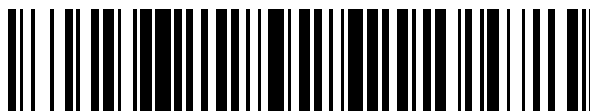


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 276**

51 Int. Cl.:

H01F 3/06 (2006.01)

H01F 27/25 (2006.01)

H01F 41/02 (2006.01)

H01Q 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.07.2015 PCT/IB2015/001238**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.03.2016 WO16038434**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2015 E 15757324 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3192084**

54 Título: **Núcleo magnético blando flexible, antena con núcleo magnético blando flexible y método para producir un núcleo magnético blando flexible**

30 Prioridad:

09.09.2014 EP 14003109

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

23.09.2020

73 Titular/es:

**PREMO, S.A. (100.0%)
Av. Severo Ochoa, 47
29590 Campanillas Málaga**

72 Inventor/es:

**NAVARRO PÉREZ, FRANCISCO EZEQUIEL y
ROJAS CUEVAS, ANTONIO**

74 Agente/Representante:

SALIS SULAM, Eli

ES 2 784 276 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

Núcleo magnético blando flexible, antena con núcleo magnético blando flexible y método para producir un núcleo magnético blando flexible

5 Campo de la invención

Esta invención tiene como objetivo resolver el problema de la fragilidad de los núcleos magnéticos de dispositivos inductivos largos usados en electrónica, ya sea como estranguladores, inductores o antenas de LF de 1 KHz a 13,56 MHz, usados principalmente en aplicaciones de RFID en automoción, con un amplio uso de sistemas de entrada sin llave a 20 KHz, 125 KHz y 134 KHz, extendido pero no limitado a las aplicaciones para NFC a frecuencias en el intervalo de 13,56 MHz.

15 Para este fin, en un primer aspecto, la invención proporciona un núcleo magnético blando flexible que puede resistir impactos, flexión y torsión con deformación pero sin romper el núcleo, manteniendo así las propiedades magnéticas cuando desaparecen los esfuerzos de flexión o torsión.

El núcleo magnético blando flexible de la invención también puede usarse para inductores y transformadores eléctricos para almacenamiento y conversión o filtrado de energía.

20 El núcleo magnético blando flexible de esta invención comprende elementos ferromagnéticos alargados incorporados en medio polimérico, y más particularmente hilos flexibles ferromagnéticos continuos incorporados en el medio polimérico y se pretende que reemplace un núcleo de ferrita muy frágil que actualmente es muy común en el campo.

25 El núcleo magnético blando flexible permite una flexión con respecto a un eje longitudinal paralelo a dichos hilos y también con respecto a un eje transversal perpendicular a dichos hilos.

30 Un segundo aspecto de la invención se refiere a una antena que comprende al menos un devanado enrollado alrededor de un núcleo magnético blando flexible según el primer aspecto de la invención.

Un tercer aspecto de la invención se refiere a un método para producir un núcleo magnético blando flexible como el del primer aspecto de la invención.

35 Antecedentes de la invención

Actualmente, el uso principal de núcleos de ferrita largos es en antenas internas en los campos de 10 KHz a 500 KHz. La permeabilidad efectiva de un núcleo cilíndrico es proporcional a la permeabilidad magnética específica del material o μ_i veces un factor de forma que es la razón L/D, donde L es la longitud y D es el diámetro de la barra. Este principio físico significa que para el mismo material ferromagnético, y la antena o el inductor, tiene una inductancia mayor con producto que es más largo y más delgado, es decir, la relación L/D es más alta.

45 Este principio llevó a los diseñadores a usar núcleos de ferrita con altas razones L/D que se enrollaban con hilo de cobre y luego a proteger todo el inductor inyectándolo en una matriz polimérica o colándolo en una resina o, en última instancia, proporcionando una protección externa en forma de cubierta o caja dura.

Esta solución obtenida mediante sinterización común y que es por tanto una solución intrínsecamente frágil, se ha usado hasta ahora en antenas emisoras de LF en sistemas de entrada sin llave para automoción, así como en cañones de soldadura por inducción y antenas de barra de RF para aplicaciones como receptores de reloj atómico, entre otras.

50 El módulo de Young (indicador de la elasticidad de la ferrita) es muy bajo, lo que significa que las ferritas son rígidas y se comportan como el vidrio o la cerámica, por lo que básicamente no tienen deformación antes del agrietamiento y la curvatura.

55 Una grieta en una ferrita dentro de una antena o inductor produce una línea de fuerza magnética de alta reluctancia del campo, reduciendo así la permeabilidad efectiva y disminuyendo la inductancia, que si la aplicación es un tanque resonante para una antena, conduce a una mayor frecuencia autorresonante del tanque, lo que hace que el circuito funcione fuera de las especificaciones o incluso que no funcione, ya que toda la energía transmitida hacia o por un tanque no sintonizado puede ser demasiado baja como para permitir que el circuito funcione como un transceptor de señales.

60 Para resolver los problemas anteriores, se han usado láminas de apilamiento de materiales magnéticos blandos metálicos en este campo técnico. Estos materiales pueden ser de varias estructuras cristalinas, incluyendo aleaciones nanocristalinas o amorfas de Fe y otras combinaciones de Ni, Co, Cr o Mo atómico o sus múltiples

65

óxidos. Estas soluciones, conocidas como pilas de laminación o simplemente pilas, se conocen desde hace décadas y se han usado ampliamente en transformadores eléctricos de 50 Hz y 60 Hz, entre otras aplicaciones. Las laminillas o bandas metálicas en forma de pilas habitualmente resuelven el problema de la fragilidad pero, sin embargo, dado que muestran baja resistividad óhmica, necesitan aislarse unas de otras mediante láminas de aislamiento o capas de polímeros, esmalte, barnices y papeles. Un núcleo de antena flexible se da a conocer en el documento US2006022886A1 y el documento US2009265916A1 da a conocer un núcleo de antena que comprende una pila flexible de una pluralidad de tiras magnéticas blandas oblongas que consisten en una aleación amorfa o nanocristalina. El documento WO2012101034A1 da a conocer un núcleo de antena que se realiza en forma de tira y que consiste en una pluralidad de capas metálicas compuestas por una aleación metálica magnética blanda nanocristalina o amorfa. En este caso, el núcleo de antena en forma de tira tiene una estructura que se extiende a lo largo de la dirección transversal del núcleo de antena en forma de tira y que se eleva en una dirección perpendicular al plano del núcleo de antena en forma de tira.

El documento EP0554581B1 da a conocer un núcleo magnético flexible y un método para producir el mismo, comprendiendo este último mezclar al vacío un polvo de pequeñas partículas de material magnético blando con una resina sintética, y luego curar la resina en forma de un bloque aplicando durante dicho curado un fuerte campo magnético al mismo de manera que las partículas formen cadenas persistentes, estiradas longitudinalmente, aisladas entre sí, paralelas al campo magnético aplicado. El mezclado se realiza en un vacío.

Las cadenas generadas con un método de este tipo se proporcionan por partículas de polvo diferenciadas con secciones transversales irregulares, teniendo las partículas pequeñas de polvo altas probabilidades de agregarse entre sí entre diferentes cadenas a menos que se usen agentes disgregantes muy fuertes y agentes dispersantes fuertes, ya que la mezcla está en una forma de viscosidad muy baja, imponiendo esto una gran complejidad y coste. Si las cadenas de partículas entran en contacto entre sí, aparecen pérdidas de cargas (pérdidas de Foucault). Y el documento EP0554581B1 solo proporciona como ejemplo de dicho material magnético blando hierro blando que no es adecuado para funcionar a frecuencias superiores a 1 KHz.

El documento US5638080A da a conocer una antena de HF que comprende un núcleo de imán de múltiples partes flexible, en forma de lámina, fabricado de material ferromagnético con un devanado de antena que está formado por una pluralidad de vueltas y que rodea el núcleo de imán. Las vueltas del devanado de antena se forman mediante un cableado impreso dispuesto sobre una película flexible que rodea el núcleo de imán. El núcleo de imán se forma usando placas individuales, por ejemplo de material ferromagnético aislado o aleación amorfa, que se incorporan en un material de base, también denominado material de soporte, que adopta la forma de una cadena, es decir, elementos rígidos (placas) conectados por un elemento flexible (material de base). Por tanto, las placas no son flexibles y la flexibilidad de dicho núcleo magnético solo puede lograrse mediante la deformación del material de base en la dirección perpendicular a dichas placas.

El documento US5159347A da a conocer tiras microscópicas de conductor magnético de alta permeabilidad que se disponen en una relación próxima a un conductor eléctrico para formar líneas de fuerza para circuitos magnéticos alrededor del conductor eléctrico. Las tiras pueden adoptar diversas formas, incluyendo filamentos, tal como un microhilo de cien micrómetros, y capas de material magnético amorfo de tamaño submicrométrico depositadas. Además, los circuitos magnéticos pueden cerrarse con las tiras formando una pluralidad de bandas alrededor del conductor eléctrico, y los circuitos magnéticos pueden abrirse, tal como con las tiras dispuestas linealmente adyacentes al conductor eléctrico. Los circuitos magnéticos tienen numerosas aplicaciones, incluyendo una variedad de antenas, cables inductivos, planos de tierra de antenas, superficies inductivas, sensores magnéticos y matrices de búsqueda de dirección.

Descripción de la invención

Un objeto de la presente invención es ofrecer una alternativa al estado de la técnica anterior, con el fin de proporcionar un núcleo magnético blando flexible, flexible en al menos dos direcciones ortogonales, y un método para producir el mismo, que supere los inconvenientes de las propuestas del estado de la técnica anterior.

Para ese fin, según un primer aspecto, la presente invención proporciona un núcleo magnético blando flexible que comprende un material ferromagnético dispuesto para formar líneas de fuerza continuas magnéticas paralelas dentro del núcleo compuesto por un medio polimérico curado, estando dichas líneas de fuerza magnéticas paralelas aisladas eléctricamente entre sí por dicho medio polimérico.

A diferencia de los núcleos magnéticos flexibles conocidos, en particular a diferencia del dado a conocer en el documento EP 0554581 B1, donde el material ferromagnético que forma las líneas de fuerza magnéticas paralelas comprende cadenas de partículas magnéticas pequeñas, diferenciadas, alineadas, en el núcleo magnético blando flexible según el primer aspecto de la presente invención, el material ferromagnético que forma las líneas de fuerza magnéticas paralelas comprende una pluralidad de hilos ferromagnéticos continuos paralelos, intrínsecamente flexibles incorporados en un cuerpo de núcleo compuesto por el medio polimérico, que en una realización, puede

cargarse con nanopartículas ferromagnéticas dispersas, en el que los hilos ferromagnéticos continuos están separados entre sí, y se extienden desde un extremo hasta otro del cuerpo de núcleo.

En una realización, el medio polimérico curado es una parte extruida.

5 Preferiblemente, el medio polimérico curado es un material magnético blando unido a polímero (PBSM). Además, dicho medio polimérico curado, según una realización, es una matriz polimérica obtenida a partir de resina epoxídica o uretano o poliuretanos o derivados de poliamida que incluye un aditivo dispersante líquido.

10 En una realización, dicho material magnético blando unido a polímero incluye microfibras, micropartículas o nanopartículas de un material ferromagnético blando. En este caso, las microfibras, micropartículas o nanopartículas pueden ser de una aleación metálica de una permeabilidad relativa muy alta (por ejemplo entre 100.000 y 600.000 μ_r) y pueden estar basadas en una composición seleccionada de entre FeNi o Mo-FeNi, o Co-Si, o Fe-NiZn con un contenido en peso del Ni de desde el 30 hasta el 80% e incluyendo los componentes adicionales Mo, Co o Si con un contenido en peso de menos del 10%. Alternativamente, dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas pueden seleccionarse de Fe³⁺ puro o carbonilo de Fe o carbonilo de Ni o ferrita de Mn Zn o ferrita de Mn Ni o de un polvo de Mollypermalloy.

20 En otra realización, el material magnético blando unido a polímero incluye microfibras, micropartículas o nanopartículas de material ferromagnético blando que están presentes solas o en cualquier combinación entre ellas dentro de una matriz polimérica.

25 Aún en otra realización, el material magnético blando unido a polímero incluye nanopartículas de material ferromagnético blando que son de una estructura cristalina y aisladas eléctricamente, y dicha estructura cristalina se selecciona de entre una amorfa, nanocristalina o macrocristalina con granos agrandados en un procedimiento de recocido.

30 En cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, las microfibras, micropartículas o nanopartículas incluidas en dicho núcleo magnético blando unido pueden tener una baja coercitividad magnética, preferiblemente, pero sin limitarse a, de menos de 0,1 A/m, y están aisladas eléctricamente al encapsularse dentro de la matriz polimérica con una resistividad (ρ) preferiblemente, pero sin limitarse a, de menos de $10^6 \Omega \cdot m$.

35 En una realización preferida, cada uno de dichos hilos ferromagnéticos continuos tiene una sección transversal constante a lo largo de toda su longitud. Dicha sección transversal constante es por ejemplo circular, teniendo un área preferiblemente en el intervalo de 0,002 a 0,8 milímetros cuadrados.

40 En una realización, el núcleo magnético blando flexible comprende ocho o más hilos ferromagnéticos, comprendidos por una relación de aspecto alta/baja preferiblemente pero sin limitarse a menos de 1000, y los hilos ferromagnéticos continuos están dispuestos preferiblemente en varios planos geométricos paralelos equidistantes, con la particularidad de que los hilos ferromagnéticos continuos dispuestos en uno de los planos geométricos están escalonados con respecto a los hilos ferromagnéticos dispuestos en otro plano geométrico paralelo adyacente.

45 Los hilos ferromagnéticos continuos están compuestos por un material ferromagnético de valor de permeabilidad muy alto, tal como, por ejemplo, una aleación de hierro y uno o más de níquel, cobalto, molibdeno y manganeso.

En una realización, los hilos ferromagnéticos continuos son hilos ferromagnéticos desnudos, mientras que en otra realización alternativa los hilos ferromagnéticos son hilos recubiertos por cubiertas eléctricamente aislantes respectivas.

50 Preferiblemente, dicho medio polimérico que forma el cuerpo de núcleo es una matriz polimérica y en una realización el cuerpo de núcleo tiene una forma exterior prismática, tal como una forma de paralelepípedo, aunque se prevén otras formas, tales como una forma cilíndrica.

55 Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona una antena que comprende al menos un devanado enrollado alrededor de un núcleo magnético blando flexible que es flexible en al menos dos ejes ortogonales según el primer aspecto de la presente invención.

60 Según un tercer aspecto, la presente invención proporciona un método para producir un núcleo magnético blando flexible, en el que dicho núcleo magnético blando flexible comprende hilos ferromagnéticos continuos incorporados en un cuerpo de núcleo compuesto por un medio polimérico que puede cargarse con nanopartículas ferromagnéticas dispersas, en el que los hilos ferromagnéticos continuos están separados entre sí, y se extienden desde un extremo hasta otro del cuerpo de núcleo.

65 A diferencia de los métodos conocidos, particularmente en relación con el propuesto por el documento EP0554581B1, donde partículas magnéticas pequeñas se incorporan en el medio polimérico, el método según el

tercer aspecto de la presente invención comprende incorporar hilos ferromagnéticos continuos en un medio polimérico no curado por medio de un procedimiento de extrusión continuo del medio polimérico alrededor de y entremedias de dichos hilos, curar el medio polimérico con los hilos ferromagnéticos continuos incorporados en el mismo para formar un precursor de núcleo continuo, y cortar dicho precursor de núcleo continuo para dar núcleos magnéticos blandos diferenciados.

Para una realización preferida, el método del tercer aspecto de la invención comprende producir el núcleo magnético blando flexible por medio de un procedimiento de extrusión continuo que comprende hacer pasar los hilos ferromagnéticos continuos junto con un medio polimérico que se cuela a través de una cámara de extrusión.

Según una realización, el método comprende alinear y ordenar los hilos ferromagnéticos continuos antes de su paso a través de dicha cámara de extrusión, haciéndolos pasar, para una implementación de dicha realización, a través de varios orificios y/o incluyendo una inducción magnética axial en el polímero curado, estando dispuestos dichos varios orificios según un orden requerido en una placa de alimentación de hilos.

El método comprende, según una realización, hacer que los hilos ferromagnéticos continuos pasen a través de dichos orificios de la placa de alimentación de hilos y a través de la cámara de extrusión tirando de los hilos ferromagnéticos continuos mientras se empuja el medio polimérico, en forma viscosa, al interior de la cámara de extrusión y hacia la cámara de extrusión, y estando configurados y dispuestos los orificios pasantes de los orificios de la placa de alimentación de hilos para evitar que el medio polimérico pase a través de ellos.

En una realización, dicho procedimiento de extrusión continuo comprende hacer pasar los hilos ferromagnéticos continuos a través de una cámara de extrusión mientras que el medio polimérico se extruye a través de dicha cámara de extrusión.

Preferiblemente, los hilos ferromagnéticos continuos se mantienen alineados con la cámara de extrusión y dispuestos según un patrón predeterminado mientras pasan a través de dicha cámara de extrusión, haciendo que los hilos ferromagnéticos continuos pasen a través de varios orificios dispuestos según dicho patrón predeterminado en una placa de alimentación de hilos ubicada en un extremo de la cámara de extrusión opuesto a un extremo de salida del mismo.

Los hilos ferromagnéticos continuos se hacen pasar a través de dichos orificios de la placa de alimentación de hilos y a través de la cámara de extrusión hacia dichos extremos de salida tirando de los hilos ferromagnéticos continuos con el medio polimérico no curado (que puede cargarse con nanopartículas ferromagnéticas dispersas), que se inyecta en forma viscosa en la cámara de extrusión desde un paso de alimentación de polímero ubicado en una pared lateral de la cámara de extrusión. Preferiblemente, los orificios de la placa de alimentación de hilos están configurados y dispuestos para ajustarse a los hilos ferromagnéticos continuos y para evitar que el medio polimérico pase de vuelta a través de ellos.

En una realización, los extremos anteriores de los hilos ferromagnéticos continuos se conectan a un émbolo dispuesto de manera deslizante dentro de la cámara de extrusión y ubicado aguas abajo de dicho paso de alimentación de polímero y aguas arriba de la placa de alimentación de hilos. Los hilos ferromagnéticos continuos se conectan al émbolo, estando dispuesto dicho émbolo en posiciones del mismo según dicho patrón predeterminado, de modo que el émbolo mantiene los hilos ferromagnéticos continuos alineados con la cámara de extrusión y dispuestos según el patrón predeterminado mientras se tira de los hilos ferromagnéticos continuos a lo largo de la cámara de extrusión al comienzo de una operación de extrusión. El émbolo, una vez que ha salido de la cámara de extrusión, se elimina entonces mediante el corte de un extremo anterior del precursor de núcleo continuo.

El precursor de núcleo continuo se enfría por medio de un dispositivo de enfriamiento fuera de la cámara de extrusión antes de cortar. Opcionalmente, el precursor de núcleo continuo se agrupa mediante un dispositivo de agrupamiento ubicado aguas abajo del dispositivo de enfriamiento antes de cortar. Preferiblemente, cada uno de los hilos ferromagnéticos continuos se empuja mediante un dispositivo de empuje ubicado aguas arriba de la placa de alimentación de hilos.

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas y características anteriores y otras se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones, con referencia a los dibujos adjuntos, que debe considerarse de manera ilustrativa y no limitativa, en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva de un núcleo magnético blando flexible según una realización de la presente invención;

la figura 1a es una vista en perspectiva de un núcleo magnético blando flexible según una realización de la presente invención que incluye nanopartículas incorporadas en el núcleo ferromagnético;

la figura 2 es una vista en perspectiva de una bobina para una antena según una realización de la presente invención, que incluye el núcleo magnético blando flexible; y

5 las figuras 3, 4, 5 y 6 son vistas en sección lateral que ilustran fases sucesivas de un posible método para producir de manera continua un núcleo magnético blando flexible según una realización de la presente invención;

la figura 7 es una vista en perspectiva de un núcleo magnético blando flexible según una realización que incluye nanopartículas y sin hilos en dicho núcleo.

10 las figuras 8 y 9 son vistas en perspectiva que muestran la flexión y la torsión del núcleo magnético blando propuesto según la invención.

Descripción detallada de realizaciones a modo de ejemplo

15 En referencia en primer lugar a la figura 1, se muestra un núcleo 1 magnético blando flexible según una realización del primer aspecto de la presente invención. El cuerpo 2 de núcleo puede tener una forma exterior prismática o cilíndrica.

20 Según una realización, el medio 3 polimérico curado que incluye la pluralidad de hilos ferromagnéticos es una parte extruida, alargada a lo largo de un eje, que puede retorcerse y es flexible a lo largo de dos planos ortogonales que se cortan definiendo dicho eje.

25 El núcleo 1 magnético blando flexible comprende hilos 4 ferromagnéticos continuos paralelos que son hilos flexibles, incorporados en un cuerpo 2 de núcleo compuesto por un medio 3 polimérico, tal como una matriz polimérica. Dichos hilos 4 ferromagnéticos continuos están separados entre sí y se extienden desde un extremo hasta otro de dicho cuerpo 2 de núcleo, de modo que los hilos 4 ferromagnéticos continuos están aislados eléctricamente entre sí mediante el medio 3 polimérico.

30 El núcleo magnético blando tiene una longitud mayor de 15 cm y preferiblemente mayor de 25 cm (por ejemplo 30 cm y más) de modo que en el caso de que el núcleo sea aplicable a una antena para un vehículo, puede lograrse una reducción del número de antenas por vehículo de desde 5 hasta 2, con antenas más delgadas hasta 4 veces más largas.

35 En una realización, el medio (3) polimérico curado es un material magnético blando unido a polímero PBSM.

En otra realización el medio polimérico es una matriz polimérica obtenida a partir de resina epoxídica o uretano o poliuretanos o derivados de poliamida.

40 Cada uno de dichos hilos 4 ferromagnéticos continuos tiene una sección 5 transversal constante a lo largo de toda su longitud, en el que dicha sección transversal constante es una sección transversal circular que tiene un área en el intervalo de 0,002 a 0,8 milímetros cuadrados. Alternativamente, la sección transversal constante es una sección transversal poligonal que tiene un área dentro del mismo intervalo.

45 El núcleo 1 magnético blando flexible mostrado en la figura 1 comprende veinte hilos 4 ferromagnéticos continuos, aunque se consideran suficientes al menos ocho hilos 4 ferromagnéticos continuos por núcleo.

50 Según una realización, un núcleo magnético flexible comprende al menos ocho hilos (4) ferromagnéticos comprendidos por una relación de aspecto alta/baja preferiblemente de menos de 1000 (teniendo los hilos un diámetro de 20 micrómetros y una longitud de 20 cm).

55 En la realización dada a conocer, los hilos 4 ferromagnéticos continuos están dispuestos dentro del cuerpo 2 de núcleo compuesto por el medio 3 polimérico en varios planos geométricos paralelos equidistantes, en los que los hilos 4 ferromagnéticos continuos dispuestos en un plano geométrico están escalonados con respecto a los hilos 4 ferromagnéticos dispuestos en otro plano geométrico paralelo adyacente. Esto proporciona distancias regulares y uniformes entre los hilos 4 ferromagnéticos continuos.

60 Los hilos 4 ferromagnéticos continuos están compuestos por un material ferromagnético de permeabilidad muy alta (los valores están en el intervalo de desde 22,5 hasta 438 mm/mH·m⁻¹), tal como, por ejemplo, una aleación de níquel, cobalto y manganeso. En la realización mostrada en la figura 1, los hilos 4 ferromagnéticos continuos son hilos ferromagnéticos desnudos. Sin embargo, en una realización alternativa (no mostrada) los hilos 4 ferromagnéticos son hilos recubiertos por cubiertas eléctricamente aislantes respectivas. En la realización mostrada en la figura 1, el cuerpo 2 de núcleo tiene una forma exterior prismática o de paralelepípedo. Sin embargo, en una realización alternativa (no mostrada) el cuerpo 2 de núcleo tiene una forma exterior cilíndrica.

Los hilos 4 ferromagnéticos continuos usados tienen una sección 5 transversal constante a lo largo de toda su longitud, siendo dicha sección transversal constante circular que tiene un área en el intervalo de 0,002 a 0,8 milímetros cuadrados.

5 Según otra realización, los hilos 4 ferromagnéticos continuos están dispuestos en varios planos geométricos paralelos equidistantes, en los que los hilos 4 ferromagnéticos continuos dispuestos en un plano geométrico están escalonados con respecto a los hilos 4 ferromagnéticos dispuestos en otro plano geométrico paralelo adyacente.

10 En un ejemplo, los hilos (4) ferromagnéticos continuos están compuestos por un material ferromagnético que tiene una permeabilidad muy alta en el intervalo de 22,5 a 438 $\mu\text{m}/\text{mH}\cdot\text{m}^{-1}$, tal como una aleación de hierro y uno o más de níquel, cobalto, molibdeno y manganeso. Según una realización, los hilos ferromagnéticos continuos también pueden aislarse eléctricamente mediante un recubrimiento de vidriado o esmalte. En referencia ahora a la figura 2, se muestra una bobina para una antena 7 según una realización del tercer aspecto de la presente invención. La bobina 7 de antena comprende un núcleo 1 magnético blando flexible como el descrito anteriormente con referencia a la figura 1 y al menos un devanado 21 enrollado alrededor del núcleo 1 magnético blando flexible. El devanado 21 está compuesto por un material conductor y o bien está recubierto con una capa aislante o bien el devanado 21 de la bobina 7 están separados entre sí con el fin de evitar el contacto entre ellos. Cuando se aplica una corriente eléctrica al devanado 21 se induce un flujo magnético a lo largo de los hilos 4 ferromagnéticos continuos en el núcleo 1 magnético blando flexible.

20 Las figuras 3, 4, 5 y 6 ilustran un método para producir un núcleo 1 magnético blando flexible según una realización del tercer aspecto de la presente invención.

25 Por tanto, el medio 3 polimérico curado que incluye la pluralidad de hilos ferromagnéticos es una parte extruida, alargada a lo largo de un eje, que puede retorcerse y es flexible (véanse las figuras 8 y 9) a lo largo de dos planos ortogonales que se cortan definiendo dicho eje.

30 Con respecto al método, en una primera fase mostrada en la figura 3, el método comprende obtener una pluralidad de hilos 4 ferromagnéticos continuos, que se desenrollan de carretes 22 respectivos, pasan a través de varios orificios 9 dispuestos según un patrón predeterminado en una placa 8 de alimentación de hilos ubicada en un extremo de una cámara 20 de extrusión. La cámara 20 de extrusión tiene un tramo recto alargado que tiene una sección transversal constante con un extremo 16 de salida opuesto a la placa 8 de alimentación de hilos. Cada uno de los hilos 4 ferromagnéticos continuos se empuja al interior de la cámara 20 de extrusión mediante un dispositivo 19 de empuje correspondiente ubicado aguas arriba de la placa 8 de alimentación de hilos.

35 Un paso 17 de alimentación de polímero está ubicado en una pared lateral de la cámara 20 de extrusión. Dicho paso 17 de alimentación de polímero está conectado a una salida de una tolva 23 con calentamiento controlado, que contiene medio 3 polimérico no curado en estado fundido y un tornillo 24 sin fin está dispuesto en la tolva 23 para empujar el medio 3 polimérico fundido no curado al interior de la cámara 20 de extrusión (aislada térmicamente) a través del paso 17 de alimentación de polímero.

40 Al comienzo de una operación de extrusión, los extremos anteriores de los hilos 4 ferromagnéticos continuos se conectan a un émbolo 18 dispuesto de manera deslizante dentro de la cámara 20 de extrusión y ubicado aguas abajo de dicho paso 17 de alimentación de polímero. Los extremos anteriores de los hilos 4 ferromagnéticos continuos se conectan al émbolo 18 en ubicaciones del mismo dispuestas según el mismo patrón predeterminado que los orificios 9 en la placa 8 de alimentación de hilos.

45 Por tanto, la placa 8 de alimentación de hilos y el émbolo 18 mantienen los hilos 4 ferromagnéticos continuos alineados con la cámara 20 de extrusión y dispuestos según el patrón predeterminado, mientras que el émbolo 8 tira de los hilos 4 ferromagnéticos continuos a lo largo de la cámara 20 de extrusión bajo la presión ejercida por el medio 3 polimérico no curado, que se inyecta en forma viscosa a través del paso 17 de alimentación de polímero en la cámara 20 de extrusión entre la placa 8 de alimentación y el émbolo 18, incorporándose el medio 3 polimérico no curado en los hilos 4 ferromagnéticos continuos.

50 Mediante la alimentación continua del medio 3 polimérico no curado en la cámara de extrusión, el émbolo 18 se mueve hacia el extremo 16 de salida tirando de los hilos 4 ferromagnéticos continuos de modo que comienza a formarse un precursor 10 de núcleo continuo. Los orificios 9 de la placa 8 de alimentación de hilos están configurados y dispuestos para ajustarse a los hilos 4 ferromagnéticos continuos y para evitar que el medio 3 polimérico pase de vuelta a través de ellos.

55 La figura 4 ilustra una segunda fase del método en la que el extremo anterior del precursor 10 de núcleo continuo con el émbolo 18 unido al mismo ha salido de la cámara 20 de extrusión a través del extremo 16 de salida y el precursor 10 de núcleo continuo se enfría 1 por medio de un dispositivo 13 de enfriamiento ubicado fuera de la cámara de extrusión adyacente al extremo 16 de salida. En la realización ilustrada, el dispositivo 13 de enfriamiento

comprende un conducto en espiral a lo largo del cual fluye un fluido de transferencia de calor enfriado. Sin embargo, el dispositivo 13 de enfriamiento puede comprender alternativamente otros medios de enfriamiento.

5 El precursor 10 de núcleo continuo se agrupa adicionalmente mediante un dispositivo 15 de agrupamiento ubicado fuera de la cámara 20 de extrusión aguas abajo del dispositivo 13 de enfriamiento y adyacente al mismo. En las figuras 3, 4, 5 y 6, el medio 3 polimérico se muestra sombreado por líneas de sombreado paralelas que representan el nivel de curado, siendo las distancias entre las líneas de sombreado paralelas más estrechas a medida que el medio 3 polimérico se enfría y se solidifica cada vez más.

10 La figura 5 ilustra una tercera fase del método en el que el extremo anterior del precursor 10 de núcleo continuo con el émbolo 18 unido al mismo se ha hecho pasar a través de un dispositivo 24 de corte. En la realización ilustrada, el dispositivo 24 de corte comprende un yunque 25 que tiene una abertura a través de la cual pasa el precursor 10 de núcleo continuo, y una cuchilla 26 de corte accionada para cortar el precursor 10 de núcleo continuo adyacente al yunque 25. Sin embargo, el dispositivo 24 de corte puede comprender alternativamente otros medios de corte tales como un láser o un corte por chorro de agua.

15 La figura 6 ilustra una cuarta y última fase del método en el que el extremo anterior del precursor 10 de núcleo continuo con el émbolo 18 unido al mismo se ha cortado del precursor 10 de núcleo continuo por medio del dispositivo 24 de corte y entonces se forman núcleos 1 magnéticos blandos flexibles sucesivos cortando repetidamente el precursor 10 de núcleo continuo con el dispositivo 24 de corte a medida que el precursor 10 de núcleo continuo sale de la cámara 20 de extrusión. Se rechaza el extremo anterior del precursor 10 de núcleo continuo con el émbolo 18 unido al mismo. Los núcleos 1 magnéticos blandos flexibles posteriores obtenidos son tal como se describió anteriormente con referencia a la figura 1.

20 Por tanto, el método de la presente invención comprende incorporar hilos 4 ferromagnéticos continuos en un medio 3 polimérico no curado y fluido (fundido) por medio de un procedimiento de extrusión continuo, curar el medio 3 polimérico con los hilos 4 ferromagnéticos continuos incorporados en el mismo para formar un precursor 10 de núcleo continuo, y cortar dicho precursor 10 de núcleo continuo para dar núcleos 1 magnéticos blandos diferenciados. Los hilos 4 ferromagnéticos continuos pasan a través de una cámara de extrusión mientras que el medio 3 polimérico se extruye a través de dicha cámara 20 de extrusión.

25 La presente invención propone un núcleo que tiene el mismo área de sección transversal efectiva que la pila de laminaciones que, tal como se reivindica en las patentes US2006022886A1 y US2009265916A1, puede ser hasta un 80% más pequeño debido a la mayor densidad de flujo B que pueden soportar estas aleaciones. Normalmente, el Bsat de la ferrita es de 0,3 T mientras que las aleaciones basadas en Ni pueden soportar un Bsat de 5 veces de hasta 1,5 T y otros materiales como Permalloy 79Ni4MoFe pueden ser de 2xBsat según la tabla a continuación:

Tabla 1

Compuesto químico	Calidad	Inducción de saturación Bs/T	Rs Br/Bm	Temperatura de Curie Tc/°C	Fuerza coercitiva Hc/A•m ⁻¹	Permeabilidad inicial mH•m ⁻¹	Permeabilidad máxima µm/mH•m ⁻¹	Resistividad µΩ•cm
46NiFe		≥ 1,50	0,75	400	≤ 12	2,5-4,5	22,5-45	45
50NiFe		≥ 1,50	0,72	500	≤ 8,8	2,8-5,9	31-65	45
65Ni2,5MoFe		≥ 1,20	≥ 0,9	530	≤ 6,4	-	200-438	45
76Ni5Cu2CrFe		≥ 0,75	-	400	≤ 4,8	18,8-31,3	75-225	55
77Ni4Mo5CuFe		≥ 0,60	-	350	≤ 2,0	37,5-75,0	175-312	55
79Ni4MoFe	79 Permalloy	≥ 0,75	-	450	≤ 4,8	15-32	87,5-275	55
80Ni3CrFe		≥ 0,65	-	330	≤ 4,8	17,5-44	75-200	62
80Ni5MoFe		≥ 0,70	-	400	≤ 4,8	20-75	87,5-325	56
81Ni6MoFe		≥ 0,60	-	-	≤ 4,0	12,5-62,5	100-250	60

40 Para una corriente I dada, la intensidad de campo magnético H es proporcional al área de sección transversal S del núcleo y al número de vueltas. La H máxima está limitada por la saturación Bsat. Como Bsat es de 2 veces a 5 veces más grande para la misma H, el área de la sección transversal S del núcleo puede reducirse proporcionalmente o, si se mantiene igual, se necesitan menos vueltas de bobinado para la misma inducción magnética, ayudando por tanto a tener antenas o bien más pequeñas o bien con menos bobinado.

45 Según una realización adicional mostrada en las figuras 1a y 7, el núcleo magnético blando flexible de la presente invención incluye nanopartículas incorporadas en el núcleo ferromagnético con el fin de aumentar las propiedades magnéticas del núcleo magnético blando. Las características, la composición y las capacidades de dichas nanopartículas se han expuesto anteriormente, por ejemplo, en relación con el tamaño de las nanopartículas, la permeabilidad, la composición de la aleación, etc.

Según una realización preferida, el medio 3 polimérico curado incluye además microfibras, micropartículas o nanopartículas de un material ferromagnético blando que están presentes solas o en cualquier combinación entre ellas dentro de la matriz polimérica de dicho medio 3 polimérico.

5 Las microfibras, micropartículas o nanopartículas de un material ferromagnético blando usadas representan un contenido en peso de hasta el 85 % del peso total del núcleo.

10 Las microfibras, micropartículas o nanopartículas de material magnético blando están distribuidas homogéneamente y aisladas eléctricamente dentro de la matriz polimérica de dicho medio (3) polimérico por medio de uno o más agentes dispersantes incorporados al medio polimérico líquido no curado junto con dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas.

15 En una realización, el citado dispersante está presente en una cantidad de aproximadamente el 4-5% del polímero líquido que proporciona dicho cuerpo de núcleo.

Además dicho uno o más agentes dispersantes comprenden Solsperse de Lubrizol.

20 Según una realización, uno o más agentes dispersantes comprenden un monómero líquido o un hiperdispersante que proporciona a dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas un tratamiento de superficie que implica un aislamiento eléctrico además de la acción dispersante.

25 Las microfibras, micropartículas o nanopartículas son de una aleación metálica de una permeabilidad relativa muy alta, preferiblemente de menos de 600.000, y se basan en una composición seleccionada de entre FeNi o Mo-FeNi, o Co-Si, o Fe-NiZn con un contenido en peso del Ni de desde el 30 hasta el 80% e incluyendo los componentes adicionales Mo, Co o Si con un contenido en peso de menos del 10%.

Las microfibras, micropartículas o nanopartículas se seleccionan de Fe puro, Fe³⁺ puro o carbonilo de Fe o carbonilo de Ni o ferrita de Mn Zn o ferrita de Mn Ni o de un polvo de Molypermalloy.

30 Además, las micropartículas o nanopartículas de material ferromagnético blando son de una estructura cristalina seleccionada entre una amorfa, nanocristalina o macrocristalina con granos agrandados en un procedimiento de recocido.

35 Y las microfibras, micropartículas o nanopartículas citadas tienen una coercitividad magnética baja, preferiblemente de menos de 0,1 A/m, y están aisladas eléctricamente dentro de la matriz polimérica con una resistividad (ρ) preferiblemente de menos de $10^6 \Omega$. En la realización de la figura 1a, una pluralidad de hilos ferromagnéticos continuos paralelos compuestos por un material ferromagnético de valor de permeabilidad muy alto están incorporados en dicho núcleo ferromagnético, en cambio, en la realización de la figura 7, el núcleo ferromagnético carece de dichos hilos ferromagnéticos continuos, proporcionándose su funcionalidad por nanopartículas
40 incorporadas en el núcleo ferromagnético.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Núcleo (1) magnético blando flexible, que incluye un material ferromagnético dispuesto para formar líneas de fuerza magnéticas paralelas dentro de un cuerpo (2) de núcleo que está compuesto por un medio (3) polimérico curado, estando dichas líneas de fuerza magnéticas paralelas aisladas eléctricamente entre sí por dicho medio (3) polimérico, en el que dicho material ferromagnético comprende una pluralidad de elementos ferromagnéticos, continuos, paralelos, incorporados en dicho cuerpo (2) de núcleo compuesto por dicho medio (3) polimérico, en el que dichos elementos ferromagnéticos continuos están separados entre sí y se extienden desde un extremo hasta otro extremo de dicho cuerpo (2) de núcleo, caracterizado porque:
- 10 - dicho núcleo es alargado a lo largo de un eje longitudinal y flexible en al menos dos direcciones ortogonales; y
- dichos elementos ferromagnéticos continuos son hilos flexibles;
- 15 por lo que dicho núcleo permite una flexión con respecto a dicho eje longitudinal paralelo a dichos hilos y también con respecto a un eje transversal perpendicular a dichos hilos.
- 20 2. Núcleo (1) magnético blando flexible según la reivindicación 1, en el que dicho medio (3) polimérico curado que incluye la pluralidad de hilos ferromagnéticos es una parte extruida, alargada a lo largo de un eje, que puede retorcerse y es flexible a lo largo de dos planos ortogonales que se cortan definiendo dicho eje.
- 25 3. Núcleo (1) magnético blando flexible según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho cuerpo (2) de núcleo tiene una longitud mayor de 15 cm y preferiblemente mayor de 25 cm, y en el que el cuerpo (2) de núcleo es de forma prismática o cilíndrica.
- 30 4. Núcleo (1) magnético blando flexible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho medio (3) polimérico curado es un material magnético blando unido a un polímero PBSM.
- 35 5. Núcleo (1) magnético blando flexible según la reivindicación 1, en el que dicho medio (3) polimérico curado incluye además microfibras, micropartículas o nanopartículas de un material ferromagnético blando que están presentes solas o en cualquier combinación entre ellas dentro de una matriz polimérica de dicho medio (3) polimérico, y en el que dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas tienen una coercitividad magnética baja, preferiblemente de menos de 0,1 A/m, y están aisladas eléctricamente dentro de la matriz polimérica con una resistividad (ρ) preferiblemente de menos de $10^6 \Omega \cdot m$.
- 40 6. Núcleo (1) magnético blando flexible según la reivindicación 5, en el que dicho medio polimérico curado es una matriz polimérica obtenida a partir de resina epoxídica o uretano o poliuretanos o derivados de poliamida y en el que dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas de un material ferromagnético blando representan un contenido en peso de hasta el 85% del peso total del núcleo y en el que dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas de material magnético blando están distribuidas homogéneamente y aisladas eléctricamente dentro de la matriz polimérica de dicho medio (3) polimérico por medio de uno o más agentes dispersantes incorporados al medio polimérico líquido no curado junto con dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas.
- 45 7. Núcleo (1) magnético blando flexible según la reivindicación 6, en el que dicho uno o más agentes dispersantes están presentes en una cantidad de aproximadamente el 4-5% del polímero líquido que proporciona dicho cuerpo de núcleo y en el que dichos agentes dispersantes comprenden Solsperse de Lubrizol o un monómero líquido o un hiperdispersante que proporciona a dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas un tratamiento de superficie que implica un aislamiento eléctrico además de la acción dispersante.
- 50 8. Núcleo (1) magnético blando flexible según cualquiera de las reivindicaciones 5 ó 6, en el que dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas son de una aleación metálica de una permeabilidad relativa muy alta, preferiblemente de menos de 600.000, y están basadas en una composición seleccionada entre FeNi o Mo-FeNi, o Co-Si, o Fe-NiZn con un contenido en peso de Ni de desde el 30 hasta el 80% e incluyendo los componentes adicionales Mo, Co o Si con un contenido en peso de menos del 10%.
- 55 9. Núcleo (1) magnético blando flexible según cualquiera de las reivindicaciones 5 ó 6, en el que dichas microfibras, micropartículas o nanopartículas se seleccionan de Fe^{3+} puro o carbonilo de Fe o carbonilo de Ni o ferrita de Mn Zn o ferrita de Mn Ni o de un polvo de Mollypermalloy.
- 60 10. Núcleo (1) magnético blando flexible según cualquiera de las reivindicaciones 5 ó 6, en el que dichas micropartículas o nanopartículas de material ferromagnético blando son de una estructura cristalina seleccionada entre una amorfa, nanocristalina o macrocristalina con granos agrandados en un procedimiento de recocido.
- 65 11. Núcleo (1) magnético blando flexible según la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos hilos (4) flexibles ferromagnéticos continuos tiene una sección (5) transversal constante a lo largo de toda su longitud, siendo dicha

sección transversal constante circular, teniendo un área en el intervalo de 0,002 a 0,8 milímetros cuadrados y en el que los hilos (4) ferromagnéticos continuos están compuestos por un material ferromagnético que tiene una permeabilidad muy alta en el intervalo de 22,5 a 438 $\mu\text{mH}\cdot\text{m}^{-1}$, y en el que dicho material ferromagnético de permeabilidad muy alta es una aleación de hierro y uno o más de níquel, cobalto, molibdeno y manganeso.

5 12. Núcleo (1) magnético blando flexible según la reivindicación 11, en el que dichos hilos (4) ferromagnéticos continuos están dispuestos en varios planos geométricos paralelos equidistantes, en el que los hilos (4) ferromagnéticos continuos dispuestos en un plano geométrico están escalonados con respecto a los hilos (4) ferromagnéticos dispuestos en otro plano geométrico paralelo adyacente.

10 13. Antena (7), que comprende un núcleo (1) magnético blando flexible según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 y al menos un devanado (21) enrollado alrededor del núcleo (1) magnético blando flexible.

15 14. Método para producir un núcleo (1) magnético blando flexible, comprendiendo el método incorporar hilos (4) ferromagnéticos continuos en un medio (3) polimérico no curado por medio de un procedimiento de extrusión continuo, curar el medio (3) polimérico con los hilos (4) ferromagnéticos continuos incorporados en el mismo para formar un precursor (10) de núcleo continuo, y cortar dicho precursor (10) de núcleo continuo para dar núcleos (1) blandos magnéticos diferenciados, en el que dicho procedimiento de extrusión continuo comprende hacer pasar los hilos (4) ferromagnéticos continuos a través de una cámara de extrusión mientras que el medio (3) polimérico se extruye a través de dicha cámara (20) de extrusión.

20 15. Método según la reivindicación 14, en el que los hilos (4) ferromagnéticos continuos se mantienen alineados con la cámara (20) de extrusión y dispuestos según un patrón predeterminado mientras pasan a través de dicha cámara (20) de extrusión haciendo que los hilos (4) ferromagnéticos continuos pasen a través de varios orificios (9) y/o incluyendo una inducción magnética axial en el polímero curado, estando dispuestos dichos varios orificios (9) según dicho patrón predeterminado en una placa (8) de alimentación de hilos ubicada en un extremo de la cámara (20) de extrusión opuesto a un extremo (16) de salida del mismo, y en el que los hilos (4) ferromagnéticos continuos se hacen pasar a través de dichos orificios (9) de la placa (8) de alimentación de hilos y a través de la cámara (20) de extrusión hacia dicho extremo (16) de salida tirando de los hilos (4) ferromagnéticos continuos con el medio (3) polimérico no curado, cargado con microfibras, micropartículas o nanopartículas ferromagnéticas dispersas, que se inyecta en forma viscosa en la cámara (20) de extrusión desde un paso (17) de alimentación de polímero ubicado en una pared lateral de la cámara (20) de extrusión y en el que cada uno de los hilos (4) ferromagnéticos continuos se empuja mediante un dispositivo (19) de empuje ubicado aguas arriba de la placa (8) de alimentación de hilos.

35 16. Método según la reivindicación 14 ó 15, en el que los extremos anteriores de los hilos (4) ferromagnéticos continuos se conectan a un émbolo (18) dispuesto de manera deslizante dentro de la cámara (20) de extrusión y ubicado aguas abajo de dicho paso (17) de alimentación de polímero, manteniendo dicho émbolo (18) los hilos (4) ferromagnéticos continuos alineados con la cámara (20) de extrusión y dispuestos según dicho patrón predeterminado mientras se tira de los hilos (4) ferromagnéticos continuos a lo largo de la cámara (20) de extrusión al comienzo de una operación de extrusión, eliminándose entonces dicho émbolo mediante el corte de un extremo anterior del precursor (10) de núcleo continuo y en el que el precursor (10) de núcleo continuo se enfría por medio de un dispositivo (13) de enfriamiento fuera de la cámara (20) de extrusión antes de cortar y en el que el precursor (10) de núcleo continuo se agrupa mediante un dispositivo (15) de agrupamiento ubicado aguas abajo del dispositivo (13) de enfriamiento antes de cortar.

45

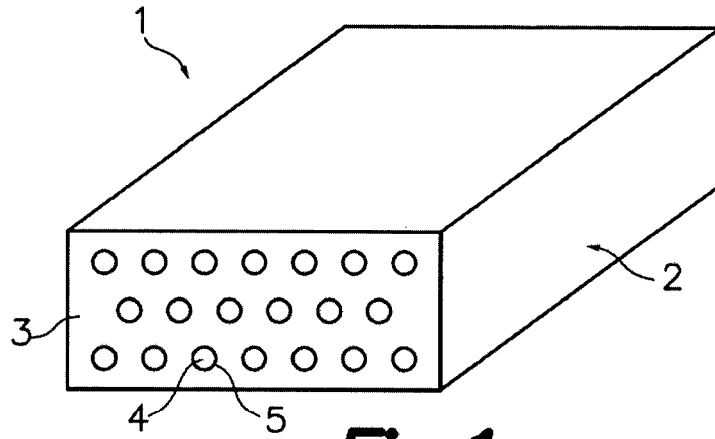


Fig. 1

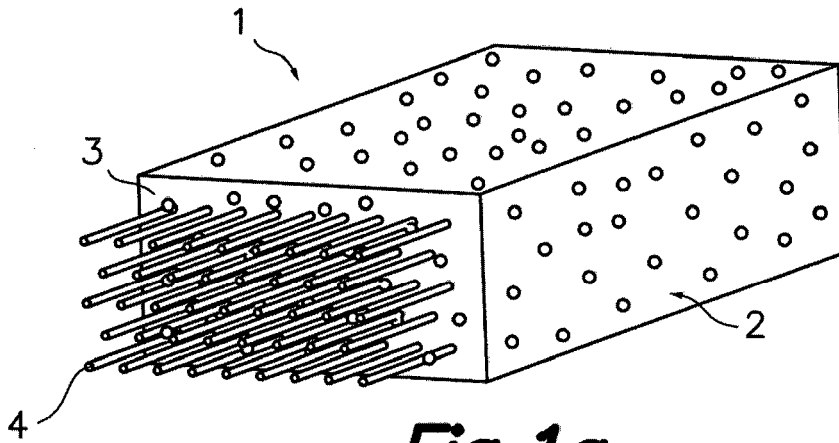


Fig. 1a

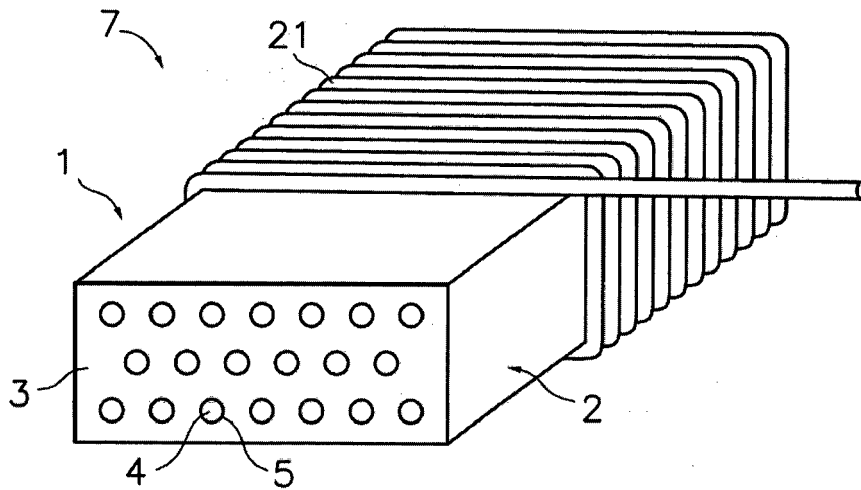


Fig. 2

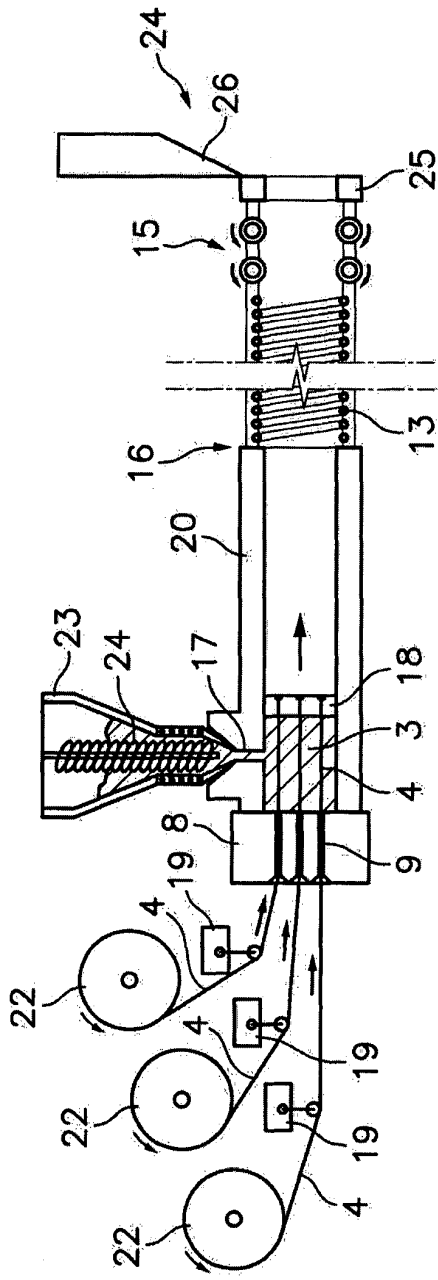


Fig. 3

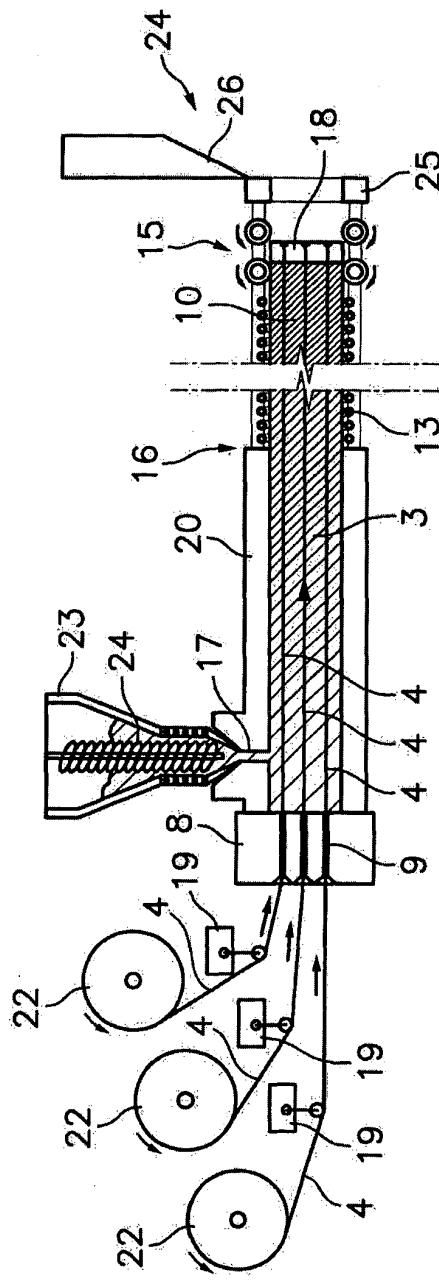


Fig. 4

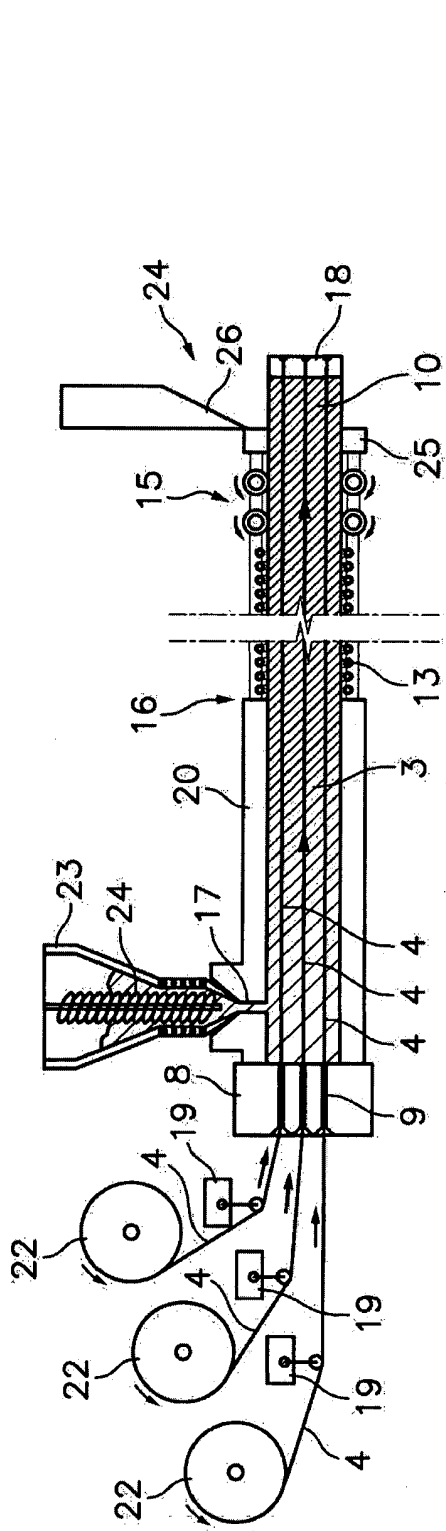


Fig. 5

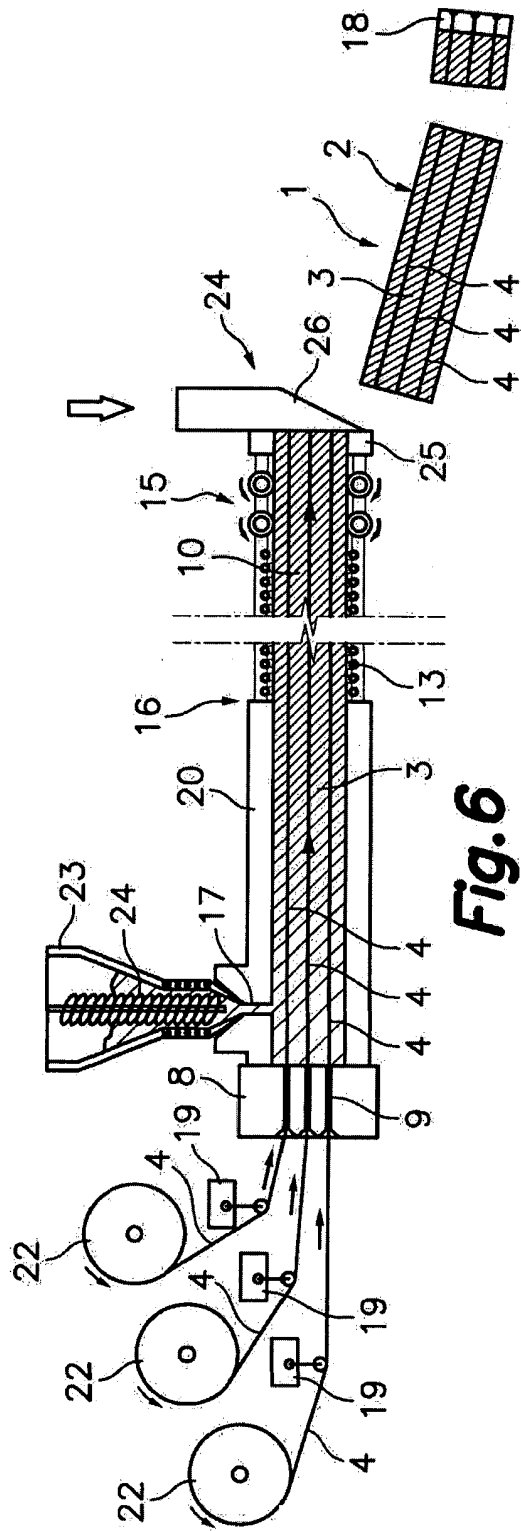


Fig. 6

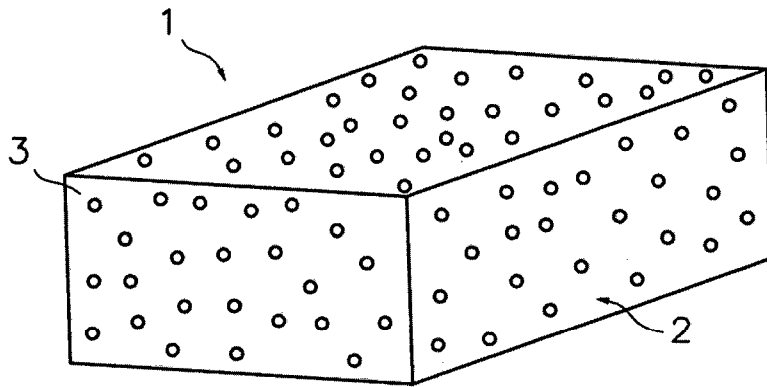


Fig. 7

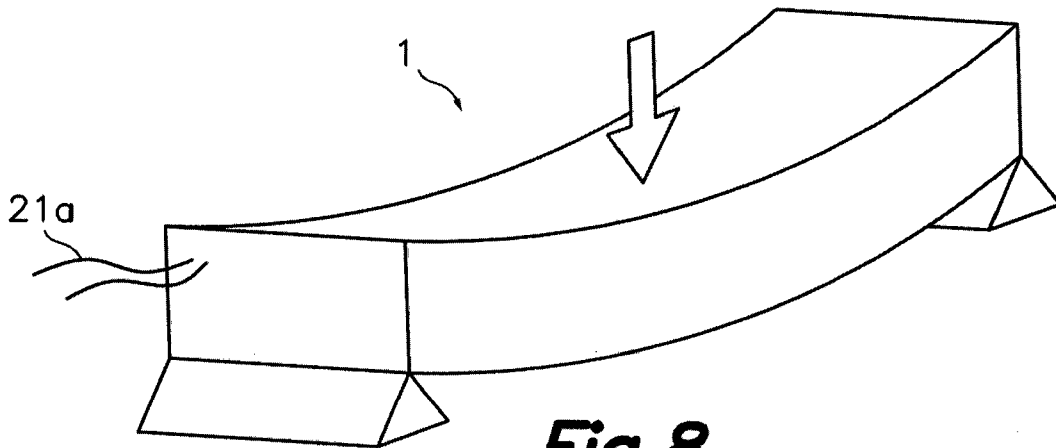


Fig. 8

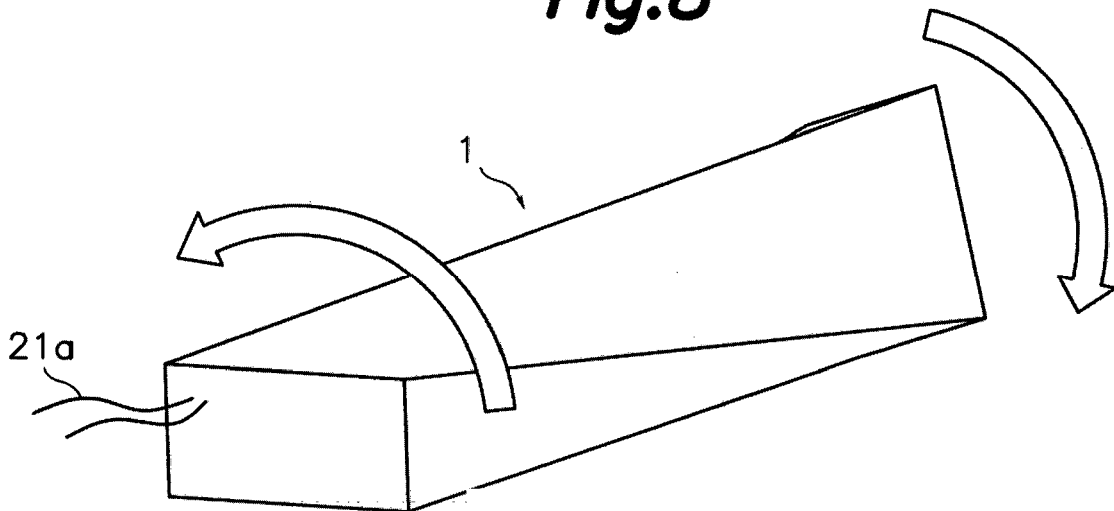


Fig. 9