

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 674**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/44** (2006.01)

**H05B 6/10** (2006.01)

**B29C 35/08** (2006.01)

**H05B 6/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2021** **E 21187514 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2023** **EP 4122685**

54 Título: **Herramienta de moldeo, método de fabricación de esta y método de producción de una pieza compuesta en dicha herramienta**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.05.2024**

73 Titular/es:  
**COREBON AB (100.0%)**  
**Kantyegatan 5**  
**213 76 Malmö, SE**

72 Inventor/es:  
**FROGNER, KENNETH;**  
**KJELLSTRAND, RASMUS y**  
**SIESING, LEIF**

74 Agente/Representante:  
**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 970 674 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**

Herramienta de moldeo, método de fabricación de esta y método de producción de una pieza compuesta en dicha herramienta

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a una herramienta de moldeo para producir una pieza compuesta usando calentamiento por inducción, un método de fabricación de la herramienta de moldeo y un método de producción de una pieza compuesta con la herramienta.

10

Antecedentes

En los últimos años, ha existido un interés creciente en el uso de materiales ligeros en, por ejemplo, la industria automotriz y aeroespacial, donde el objetivo principal ha sido reducir las emisiones de carbono durante el transporte. Como ejemplo, ha sido cada vez más común que los componentes de vehículos o aeronaves estén hechos de compuestos de fibra.

15

Al producir una pieza, tal como la puerta de un coche o un componente para una aeronave, es importante tener un calentamiento controlado y garantizar una distribución térmica uniforme en todas las áreas pertinentes de la pieza. Existen varios ejemplos de herramientas de moldeo para la fabricación de compuestos en la técnica anterior que presentan diferentes inconvenientes. Como ejemplo, son difíciles de calentar y enfriar debido a su gran masa térmica, lo que se traduce en largos tiempos de ciclo y un alto consumo energético. Otro problema habitual es el calentamiento desigual, que afecta negativamente al rendimiento y la producción de la pieza. La gran demanda de espacio físico y las elevadas inversiones de capital son otros retos habituales que presentan las soluciones existentes, así como las limitaciones de tamaño o temperatura.

20  
25

Las fuentes de calor más comunes son los hornos y los autoclaves calefactados, los cartuchos térmicos, los alambres de resistencia, las lámparas IR, todas con sus ventajas y desventajas. Los aspectos medioambientales son otro tema importante con determinadas fuentes de energía, tales como el aceite caliente y las tecnologías de vapor presurizado.

30

Algunos ejemplos de procesos de producción de compuestos que suelen utilizar las fuentes de calor descritas y que presentan los inconvenientes mencionados son el moldeo por transferencia de resina y el moldeo por compresión, que se suelen utilizar dentro de algún tipo de prensa para mantener unidas dos mitades de molde. Otros ejemplos son la infusión por vacío, embolsado por vacío,

35

y el procesamiento en autoclave, donde una de las mitades del molde suele sustituirse por una membrana flexible o una bolsa, o donde las mitades del molde se empujan entre sí mediante una diferencia de presión entre el interior y el exterior del molde.

40

Las soluciones de la técnica anterior se muestran en los documentos WO2012/13112, EP0743165 y US2009/115104.

Por ende, existe la necesidad de mejorar las herramientas de moldeo para la fabricación de piezas compuestas, que permita tiempos de ciclo cortos, sean eficientes desde el punto de vista energético y den como resultado una calidad y una producción elevadas, a fin de permitir una producción en volumen rentable.

45

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es resolver o al menos mitigar los problemas relacionados con la técnica anterior. Este objeto se logra por medio de la técnica expuesta en las reivindicaciones independientes adjuntas; estando las realizaciones preferentes definidas en las reivindicaciones dependientes pertinentes.

50

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una herramienta de moldeo para producir una pieza compuesta usando calentamiento por inducción. La herramienta de moldeo comprende:

55

un molde con una superficie de contacto adaptada para estar en contacto con un material que se va a transformar en una pieza compuesta, y una superficie exterior;

al menos una bobina principal dispuesta en un patrón similar a un meandro en la superficie exterior del molde, de modo que una corriente eléctrica alterna que fluye a través de la al menos una bobina principal está dirigida, en su mayor medida, hacia, de manera alterna, direcciones opuestas sobre la superficie exterior del molde siguiendo el patrón similar a un meandro, en donde el campo magnético generado por la corriente está configurado para inducir corrientes en al menos partes del molde que se va a calentar; y al menos una bobina perimetral dispuesta en la superficie exterior del molde y configurada para delimitar al menos un área del molde que se va a calentar por inducción. El molde está configurado para calentarse por inducción mediante la al menos una bobina principal y la al menos una bobina perimetral.

60  
65

La al menos una bobina principal y la al menos una bobina perimetral comprenden unos alambres trenzados que están eléctricamente aislados del molde y en comunicación operativa con al menos un medio de procesamiento.

5 El campo magnético se genera, preferentemente, mediante corrientes que fluyen a través tanto de la al menos una bobina principal como de la al menos una bobina perimetral, y está configurado para inducir corrientes en al menos partes del molde que se va a calentar.

10 En una realización, una corriente eléctrica alterna fluye a través de la al menos una bobina principal que está dirigida, al menos en un 85 %, hacia, de manera alterna, direcciones opuestas sobre la superficie exterior del molde. En una realización, una corriente eléctrica alterna que fluye a través de la al menos una bobina principal está dirigida, sustancialmente, hacia, de manera alterna, direcciones opuestas sobre la superficie exterior del molde. En una realización, el término "mayor medida" debe verse como "en gran medida".

15 En una realización, la al menos una bobina principal y la al menos una bobina perimetral pueden fijarse al molde mediante un elemento adhesivo.

20 En una realización, la al menos una bobina principal y la al menos una bobina perimetral pueden fijarse a la superficie exterior del molde mediante una estructura de soporte individual. La estructura de soporte puede estar desplazada del molde.

25 En una realización, cada bobina puede estar conectada a una fuente de corriente eléctrica de alta frecuencia y las bobinas pueden alimentarse mediante la misma o diferentes fuentes. Preferentemente, la fuente de corriente eléctrica de alta frecuencia es un convertidor de frecuencia.

30 En una realización, el molde puede ser una herramienta de carcasa o una herramienta sólida; ambos tipos se usan comúnmente en el procesamiento de compuestos de fibra. Un molde puede tener prácticamente cualquier forma y contener cualquier número de cavidades. Una herramienta de carcasa es preferentemente adecuada para su uso en la producción de piezas grandes o cuando se requieren cavidades profundas, debido a su bajo peso.

35 Al menos partes de la herramienta de moldeo pueden ser eléctricamente conductoras para poder calentarse por inducción. El molde está hecho, al menos parcialmente, de un material elegido de un grupo que consiste en materiales compuestos de fibra de carbono o metales.

40 Una ventaja de tener una herramienta de moldeo hecha de invar es que presenta un bajo coeficiente de expansión térmica y una larga vida útil de la herramienta.

45 Además, una ventaja de tener una herramienta de moldeo hecha de níquel es que puede fabricarse en una herramienta de carcasa ligera con buena calidad superficial en la superficie de contacto usando métodos aditivos y con una larga vida útil.

50 Además, una ventaja de tener una herramienta de moldeo hecha de aluminio y acero es que existen muchos proveedores, y tiene un coste relativamente bajo y una larga vida útil.

55 Además, una ventaja de tener una herramienta de moldeo hecha de material compuesto de fibra de carbono es que puede fabricarse en una herramienta de carcasa ligera, que incluya geometrías grandes y complejas, con métodos aditivos, ser relativamente rentable y tener un bajo coeficiente de expansión térmica.

60 En una realización, la herramienta de moldeo comprende al menos un elemento magnético blando y/o al menos un elemento eléctricamente conductor dispuesto en regiones predeterminadas a lo largo de la al menos una bobina principal y/o la al menos una bobina perimetral. Una ventaja de disponer elementos magnéticos blandos y elementos eléctricamente conductores a lo largo de las bobinas es que se puede lograr una distribución térmica más uniforme o deseada, y se pueden proteger los componentes o las áreas sensibles a altas temperaturas, a fin de evitar o reducir un calentamiento no deseado.

65 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método de fabricación de una herramienta de moldeo. El método comprende una etapa de proporcionar un molde configurado para calentarse por inducción, que tiene una superficie de contacto y una superficie exterior. Del mismo modo, el método comprende proporcionar al menos una bobina principal y al menos una bobina perimetral. El método comprende, además, disponer la al menos una bobina principal en un patrón similar a un meandro en la superficie exterior del molde, de modo que una corriente eléctrica alterna que fluye a través de la al menos una bobina principal está dirigida, en su mayor medida, hacia, de manera alterna, direcciones opuestas sobre la superficie exterior del molde, siguiendo el patrón similar a un meandro, en donde el campo magnético generado por la corriente está configurado para inducir corrientes en al menos partes del molde que se va a calentar. Además, el método comprende disponer la al menos una bobina perimetral en la superficie exterior del molde, de modo que delimite al menos un área del molde que se va a calentar por inducción. La al menos una bobina principal y la al menos una bobina perimetral comprenden unos alambres trenzados que están

eléctricamente aislados del molde y en comunicación operativa con al menos un medio de procesamiento.

5 En una realización, el método de fabricación de una herramienta de moldeo puede comprender, además, fijar la al menos una bobina principal y la al menos una bobina perimetral a la superficie exterior del molde a través de un elemento adhesivo o a través de una estructura de soporte.

10 Todavía en una realización, el método de fabricación de una herramienta de moldeo puede comprender, además, disponer al menos un elemento magnético blando y/o al menos un elemento eléctricamente conductor en regiones predeterminadas a lo largo de la al menos una bobina principal y/o la al menos una bobina perimetral.

15 De acuerdo con aún otro aspecto de la invención, se proporciona un método de producción de una pieza compuesta. El método comprende una etapa de proporcionar una herramienta de moldeo de acuerdo con lo que se ha descrito anteriormente. Asimismo, el método comprende colocar un material de fibra y plástico en la superficie de contacto del molde, cerrar el molde y aplicar una presión de consolidación sobre el material que se va a procesar. El método también comprende una etapa de calentamiento por inducción del molde que contiene el material de acuerdo con un perfil de tiempo-temperatura predeterminado para consolidar y/o curar el material a fin de producir la pieza compuesta.

20 En una realización, antes de la etapa de aplicar una presión de consolidación sobre el material que se va a procesar, el método puede comprender, además, una etapa de aplicar presión de vacío sobre el material.

En una realización, el método puede comprender, además, una etapa de enfriar al menos una parte de la herramienta de moldeo y/o la pieza producida, así como desmoldar la pieza de la herramienta de moldeo.

25 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método de producción de una pieza compuesta. El método comprende una etapa de proporcionar una herramienta de moldeo de acuerdo con lo que se ha descrito anteriormente. Asimismo, el método comprende colocar un material de fibra que se va a procesar en la superficie de contacto del molde, cerrar el molde, aplicar una presión de vacío e infundir un material plástico en el material de fibra, formando así el material plástico parte del material que se va a procesar. El método también comprende una etapa de calentamiento por inducción del molde que contiene el material de fibra y plástico de acuerdo con un perfil de tiempo-temperatura predeterminado para producir la pieza compuesta.

30 En una realización, las etapas de calentar por inducción y aplicar presión o infundir el material plástico, o una resina, en el molde se producen simultáneamente.

35 Todavía en una realización, el método puede comprender, además, una etapa de enfriar al menos una parte de la herramienta de moldeo y/o la pieza producida, así como desmoldar la pieza de la herramienta de moldeo.

Breve descripción de los dibujos

40 A modo de ejemplo, a continuación, se describirán las realizaciones de la presente invención en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

45 la figura 1a es un diagrama de bloques esquemático de una herramienta de moldeo en relación con un medio de procesamiento de acuerdo con una realización,

la figura 1b es una vista esquemática de una herramienta de moldeo y un material de acuerdo con una realización,

la figura 2 es una vista en sección transversal de un conjunto de bobinas fijado a un molde de una herramienta de moldeo de acuerdo con una realización,

50 la figura 3 es una vista en sección transversal de un conjunto de bobinas fijado a una estructura de soporte que, a su vez, está fijada a un molde de una herramienta de moldeo de acuerdo con una realización,

la figura 4 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un método de fabricación de una herramienta de moldeo de acuerdo con una realización,

55 la figura 5a es un diagrama de bloques esquemático que muestra un método de producción de una pieza compuesta de acuerdo con una realización,

la figura 5b es un diagrama de bloques esquemático que muestra un método de producción de una pieza compuesta de acuerdo con otra realización,

la figura 5c es una vista esquemática de parte de un método de producción de una pieza compuesta en una herramienta de moldeo de acuerdo con una realización,

60 la figura 6 es una vista en perspectiva de una superficie exterior de una herramienta de moldeo que tiene una bobina principal y una bobina perimetral de acuerdo con una realización,

la figura 7 es una vista en perspectiva de una superficie exterior de una herramienta de moldeo que tiene una bobina principal y una bobina perimetral de acuerdo con otra realización,

la figura 8 es una vista en perspectiva de una superficie exterior de una herramienta de moldeo que tiene dos bobinas principales y una bobina perimetral de acuerdo con una realización,

65 la figura 9 es una vista en perspectiva de una superficie exterior de una herramienta de moldeo que tiene dos bobinas principales y una bobina perimetral de acuerdo con otra realización,

la figura 10 es una vista en perspectiva de una superficie exterior de una herramienta de moldeo que tiene dos

bobinas principales y dos bobinas perimetrales de acuerdo con una realización, y la figura 11 es una vista en perspectiva de una superficie exterior de una herramienta de moldeo que tiene dos bobinas principales y dos bobinas perimetrales de acuerdo con otra realización.

5 Descripción detallada de las realizaciones

10 Las herramientas de moldeo se suelen utilizar para producir piezas compuestas de diferentes formas. Las piezas habituales que se producen son piezas de vehículos automóviles, drones o piezas para aeronaves, así como componentes para energía eólica, tales como, por ejemplo, paneles de carrocería y componentes estructurales (p. ej., puertas para coches, alas para aeronaves, aspas para molinos de viento, etc.). Las herramientas aplicables dentro del concepto inventivo divulgado en el presente documento son herramientas de carcasa y herramientas sólidas, con cavidades únicas o múltiples. El concepto inventivo se refiere, principalmente, a herramientas calentadas por inducción para la fabricación de artículos compuestos.

15 Las realizaciones de la invención se describirán a continuación haciendo referencia a los dibujos adjuntos. La invención puede, sin embargo, realizarse de muchas formas diferentes y no debería interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en el presente documento; más bien, estas realizaciones se proporcionan para que la presente divulgación sea minuciosa y completa, y transmita completamente el alcance de la invención a los expertos en la materia. La terminología usada en la descripción detallada de las realizaciones particulares ilustradas en los dibujos adjuntos no pretende ser limitante de la invención. En los dibujos, los números similares hacen referencia a elementos similares.

20 Haciendo referencia a las figuras 1a-b, la herramienta de moldeo 1 incluye un molde 10 y un conjunto de bobinas 20. La herramienta de moldeo 1 está en comunicación operativa con al menos un medio de procesamiento 30 que controla y activa el funcionamiento del conjunto de bobinas 20 y, por lo tanto, también el proceso de calentamiento por inducción que calienta la herramienta de moldeo 1 y da como resultado la producción de una pieza compuesta A.

30 Como se ilustra en la figura 1b, el molde 10, visto desde una vista en sección transversal, tiene un cuerpo que tiene una superficie de contacto 11 y una superficie exterior 12. La superficie de contacto 11 es una región interior del molde 10 configurada para estar orientada hacia un material 110 que se va a transformar en una pieza compuesta A durante un proceso de moldeo. El molde 10 también puede verse como un cuerpo que tiene una cavidad que está dimensionada y conformada con la forma deseada de la pieza A que se va a producir. La superficie de contacto 11 del molde 10 está configurada para recibir el material 110. Como ejemplo, una pieza A que se va a producir en el molde 10 de la herramienta de moldeo 1 es una puerta para un coche o cualquier otra pieza compuesta. El molde 10 puede contener más de una cavidad y, por lo tanto, puede producir varios componentes en un único ciclo de producción, a los que aún se hace referencia como material 110 que se transforma en una pieza compuesta A.

40 En lo sucesivo en el presente documento, la superficie de contacto 11 se denominará el lado frontal del molde y la superficie exterior 12 se denominará el lado posterior del molde 10. El lado posterior 12 es la parte del molde a la que se va a fijar el conjunto de bobinas 20. Por ende, el calentamiento de la herramienta de moldeo 1 lo induce el conjunto de bobinas 20 dispuesto en el lado posterior 12 del molde 10. Opcionalmente, el conjunto de bobinas 20 está fijado al lado posterior a través de una estructura de soporte 13 situada en las proximidades del lado posterior 12. Esto se desarrollará más a fondo en relación con la figura 3.

45 Habitualmente, el molde 10 y, por lo tanto, también la herramienta de moldeo 1, están hechos al menos parcialmente de un material elegido de un grupo que consiste en materiales compuestos de fibra de carbono o metales. El material es, preferentemente, un material con una conductividad eléctrica significativa para poder calentarse por inducción, por ejemplo, más de 1 Siemens/metro.

50 Si el molde 10 está hecho de un material compuesto de fibra de carbono, el molde 10 puede ser un plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP, por sus siglas en inglés). El refuerzo de fibra también puede ser un híbrido de carbono y otro tipo de fibra técnica, tal como fibra de vidrio, fibra de basalto, etc. Las fibras pueden ser continuas o cortadas, láminas unidireccionales o disposiciones de capas multiaxiales o fibras orientadas aleatoriamente. En una realización preferente, las fibras son tejidas. Los diferentes tipos de fibras y disposiciones de capas tienen sus ventajas particulares, como la rigidez, el coeficiente de expansión térmica (CTE, por sus siglas en inglés), las propiedades eléctricas y térmicas, y, preferentemente, se usa una fibra de carbono con alta conductividad térmica, tal como fibra de carbono de brea o fibras de carbono de nitrilo poliacrílico de alta conductividad térmica, para simplificar la generación de una temperatura uniforme. Se aplica una elección similar al material de matriz, donde resulta ventajoso un procesamiento fácil y a baja temperatura, así como resistencia a altas temperaturas y alta temperatura de transición vítrea. También un CTE bajo y una larga durabilidad o vida útil son propiedades importantes. Algunos ejemplos de matrices pueden ser resinas epoxi, bismaleimidas, poliimidas, benzoxazinas, fenólicos y también siliconas, así como termoplásticos o semicristalinos, tales como polietereotercotona (PEEK), sulfuro de polifenileno (PPS), etc.

65 Si el molde 10 está hecho, al menos parcialmente, de metal, puede ser, habitualmente, de acero, aluminio o una aleación, tal como invar. También es común el níquel o el acero revestido, pero cualquier metal funciona y podría ser beneficioso en función de la aplicación en particular. La finalidad de usar un metal o un material compuesto de fibra

de carbono es que la herramienta de moldeo 1 y, lo que es más importante, su molde 10, deben poder calentarse por inducción. Básicamente, la herramienta de moldeo 1 es un susceptor, lo que significa que tiene la capacidad de absorber energía electromagnética y convertirla en calor. En este caso, la herramienta de moldeo 1 se calienta por inducción a través del conjunto de bobinas 20. Durante el proceso de moldeo, el material 110 que se va a procesar, que suele ser una mezcla de una fibra y material polimérico, está configurada para calentarse mediante la herramienta de moldeo 1 calentada por inducción. El material 110 que se va a procesar también puede ser un material de fibra al que se infunde una resina más adelante en el proceso de moldeo. En conjunto, la resina, o material plástico, que se va a infundir durante el proceso de moldeo se considera parte del material 110 que se va a procesar.

En algunos casos, el molde 10 y el material 110 que se va a procesar pueden ser de un material similar y también pueden absorber calor directamente de la inducción. El material 110 que se va a procesar se analizará con más detalle a continuación. El molde 10 puede ser de una única cara para reducir los costes cuando los requisitos en uno de los lados de la pieza son más bajos que en el otro y proporcionar una herramienta de moldeo 1 más sencilla. Como alternativa, puede ser de doble cara, en función del proceso y los requisitos, ya sea como dos herramientas de moldeo 1 independientes, mitades de herramienta o como una herramienta de moldeo 1 donde al menos una de las bobinas 21-24 está conectada entre sí, a pesar de que, desde el punto de vista mecánico, podrían ser dos moldes 10 individuales.

El material 110, que se va a procesar en el molde 10, se calentará principalmente debido a su contacto con la superficie de contacto 11, pero también podría absorber una cantidad determinada de energía directamente del calentamiento por inducción si contiene fibra de carbono. El material 110 suele ser un material compuesto a base de una mezcla de material de fibra y material polimérico. Como ejemplo no limitante, el material puede contener múltiples capas de fibra, p. ej., 10 capas de fibra de vidrio o carbono, incrustadas en una matriz termoestable o termoplástica. El material puede estar hecho de una tela tejida de fibras o, por ejemplo, fibras cortadas, organizados u orientados aleatoriamente. Opcionalmente, la tela es no tejida. La matriz puede ser, por ejemplo, epoxi, poliéster (PET), polipropileno (PP), poliamida (PA), policarbonato (PC) o puede ser un material termoplástico semicristalino, tal como polisulfuro de fenileno (PPS) o polietereftercetona (PEEK), etc. Las fibras también pueden ser de cualquier otro textil técnico, tales como fibras de lino, aramida, polietileno de ultra alto peso molecular, etc. Como ejemplo no limitante, las fibras de vidrio se pueden usar como refuerzo en una matriz a base de policarbonato. Los materiales compuestos también pueden construirse mediante refuerzo de fibra híbrida, por ejemplo, fibra de vidrio y fibra de carbono.

La pieza A se produce en la herramienta de moldeo 1 al calentar el material 110 que se va a procesar bajo presión. Expresado de forma diferente, cuando el material 110 se calienta mediante la herramienta de moldeo 1 calentada por inducción, se está produciendo la pieza A, ya sea porque ya hay un material de matriz listo ahí cuando comienza el proceso o porque se agrega durante el proceso usando un proceso de infusión. Preferentemente, el material 110 se procesa bajo presión de vacío para reducir el riesgo de huecos, orificios diminutos o impregnación insuficiente.

Como se ilustra en la figura 1a, la herramienta de moldeo 1 comprende un conjunto de bobinas 20. El conjunto de bobinas 20 comprende, preferentemente, al menos una bobina principal 21, 22 y al menos una bobina perimetral 23, 24. En lo sucesivo, las bobinas principales y las bobinas perimetrales se describirán por separado.

En una realización, la herramienta de moldeo 1 está dispuesta con una o más bobinas principales 21, 22 dispuestas en el lado posterior 12 del molde 10. Las bobinas principales 21, 22 están aisladas eléctricamente del molde 10 y están configuradas para calentar por inducción el molde 10 cuando una corriente fluye a través de ellas. Preferentemente, las bobinas principales están hechas de alambres trenzados debido a su flexibilidad y sus bajas pérdidas a altas frecuencias. Puede haber uno o varios alambres en paralelo, en función de las dimensiones y la aplicación, a fin de garantizar una buena eficiencia del sistema.

Además, la(s) bobina(s) principal(es) 21, 22 se define(n), además, como la(s) al menos una(s) bobina(s) que calienta(n) el área de mayor tamaño, al menos el 50 %, de la región calentada deseada del molde 10, es decir, el área de mayor tamaño de donde se coloca el material 110. También se puede(n) describir como la(s) bobina(s) que cubre(n) la porción más grande del molde. Dependiendo de la geometría del molde 10, la distribución del área cubierta por la(s) bobina(s) principal(es) 21, 22 y la(s) bobina(s) perimetral(es) 23, 24 cambiará. Habitualmente, cuanto más grande sea el molde, mayor será el área fraccional cubierta por la(s) bobina(s) principal(es).

Para lograr una distribución térmica uniforme durante el proceso de moldeo, las bobinas principales 21, 22 están dispuestas, en gran medida, en un patrón similar a un meandro en el lado posterior 12 del molde 10. El patrón similar a un meandro puede verse como un patrón de rejilla de cocción o parrilla, un patrón serpenteante o un patrón de onda sinusoidal. De cualquier forma, el objetivo principal del patrón similar a un meandro es que una corriente que fluye a través de cada bobina principal 21, 22 esté dirigida, de manera alterna, en direcciones opuestas a nivel local a lo largo de su longitud y en todo el lado posterior 12 del molde 10. Esto queda claro a partir de las flechas pequeñas mostradas en las figuras 6-11. La finalidad de las direcciones opuestas de la corriente es compensar, o extender, los campos magnéticos locales generados alrededor de la bobina para lograr un calentamiento uniforme del molde 10.

Otra forma de describir el patrón similar a un meandro es a través del hecho de que el molde 10 está configurado para calentarse por inducción mediante la al menos una bobina principal. Cada bobina principal 21, 22 está dispuesta en

un patrón similar a un meandro en el lado posterior 12 del molde 10, de tal manera que una corriente eléctrica alterna que fluye a través de cada bobina principal 21, 22 está dirigida hacia, de manera alterna, direcciones opuestas sobre el lado posterior 12 del molde 10, siguiendo el patrón similar a un meandro. El campo magnético generado por la corriente se configura, entonces, para inducir corrientes en al menos partes del molde 10 que se va a calentar.

Expresado de forma diferente, cada bobina principal 21, 22 dispuesta en el lado posterior 12 del molde está plegada, o doblada, al menos una vez a lo largo de su longitud. Cada bobina principal 21, 22 puede estar doblada varias veces a lo largo de su longitud. Así mismo, cada bobina puede ser recta, curva o estar conformada entre los dobleces. Aguas abajo de cada doblez, la corriente cambia de dirección con respecto a la dirección que tenía aguas arriba de la misma doblez.

Otra forma de describir el patrón similar a un meandro puede ser a través de líneas paralelas, donde cada línea se une con una línea adyacente en un extremo de esta. De esta manera, una corriente que fluye en una dirección a lo largo de una línea de una bobina principal 21, 22 está dirigida hacia una dirección opuesta con respecto a la misma corriente que fluye en una línea adyacente de la misma bobina principal 21, 22.

Independientemente de cómo se describa el patrón similar a un meandro de las bobinas principales 21, 22, su finalidad sigue siendo garantizar que el campo magnético generado a lo largo de una porción determinada de cada bobina principal 21, 22, durante el uso, se contrarreste mediante el campo magnético generado a lo largo de una porción paralela de la misma bobina principal 21, 22 para proporcionar un calentamiento uniforme en todo el molde 10.

La forma del molde 10 representa la geometría de la pieza A que se va a producir, que puede variar mucho y tener formas complejas. Dado que la forma del molde 10 puede depender de la geometría de la pieza que se está moldeando, pueden existir algunas dificultades para dar forma a las bobinas principales 21, 22, a fin de lograr un calentamiento uniforme. Sin embargo, resulta beneficioso que el lado posterior 12 del molde 10 esté cubierto por una(s) bobina(s) principal(es) dispuesta(s), en gran medida, en un patrón similar a un meandro. La palabra "cubierto" no debe interpretarse de manera que la(s) bobina(s) principal(es) cubra(n) explícitamente todo el lado posterior 12 del molde 10. De hecho, en la mayoría de los casos, una parte de mayor tamaño del lado posterior 12 del molde 10 no está cubierta explícitamente por bobinas. En su lugar, hay espacio entre las vueltas o los alambres adyacentes. Este concepto también puede entenderse a partir de las figuras 6-11, donde hay espacio entre las vueltas o los alambres de la(s) bobina(s). Por tanto, por "cubierto", se entiende que el lado posterior 12 del molde 10 tiene un área que se calienta sustancialmente por inducción mediante la(s) bobina(s). Del mismo modo, "en gran medida" puede entenderse como "al menos el 85 %". Por razones prácticas o debido a variaciones locales de espesor del molde 10, podría resultar beneficioso, a nivel local, en una pequeña porción o parte del molde (<15 %), conformar las bobinas principales de manera que los campos magnéticos de dos vueltas adyacentes colaboren y amplifiquen la generación térmica. Este concepto se ejemplifica y describe en relación con la figura 7 a continuación.

Aparte de las bobinas principales 21, 22, el conjunto de bobinas 20 puede tener una o más bobinas perimetrales 23, 24. La al menos una bobina perimetral 23, 24 también está aislada eléctricamente del molde 10. Al igual que las bobinas principales 21, 22, cada bobina perimetral 23, 24 está dispuesta en el lado posterior 12 del molde 10. Una finalidad de cada bobina perimetral 23, 24 es delimitar al menos un área del molde 10 que se va a calentar por inducción. Expresado de forma diferente, la bobina perimetral 23, 24 puede estar dispuesta de modo que marque un perímetro o un contorno del molde 10 que se va a calentar. Cada bobina perimetral 23, 24 también puede contornea un área, tal como una isla, del molde 10 que no se somete a calentamiento por inducción. Como ejemplo, algunas herramientas de moldeo 1 pueden tener áreas que no deben calentarse. En el caso de material de moldeo en para la puerta de un coche, es posible que no se desee que el molde 10 caliente una pieza correspondiente a la de una ventana. Lo mismo podría aplicarse, por ejemplo, en moldes de múltiples cavidades. En ese caso particular, una primera bobina perimetral 23 puede estar dispuesta para rodear las bobinas principales 21, 22 en el lado posterior 12 del molde 10 y una segunda bobina perimetral 24 puede estar dispuesta en otra ubicación en el lado posterior 12 del molde 10 que corresponde a la ventanilla de la puerta del coche. Esto se ejemplifica en la realización mostrada en las figuras 10-11, que se analizarán más adelante.

Otra finalidad de cada bobina perimetral 23, 24 es controlar los gradientes de temperatura provocados por propiedades dependientes del tiempo o la temperatura en el molde, tales como las pérdidas térmicas, la conductividad térmica, la convección o radiación, o la variación del espesor del molde o del material que se va a procesar. Estos gradientes pueden aparecer en las porciones de borde, donde las bobinas principales 21, 22 terminan en el lado posterior 12 del molde 10.

Tal y como se describirá más adelante con mayor detalle, dos o más bobinas perimetrales pueden estar dispuestas adyacentes entre sí. Esto resulta beneficioso, pues proporciona una manera de controlar los gradientes de temperatura y/o permitir que se aplique suficiente potencia en el área perimetral. Dos o más bobinas principales también pueden estar dispuestas adyacentes entre sí.

Como se ha mencionado, el conjunto de bobinas 20 está fijado al lado posterior 12 del molde 10 (mostrado en la figura 2). Para esto, pueden ser necesarios medios de sujeción (no mostrados). Los medios de sujeción pueden ser, por ejemplo, en forma de pernos, ganchos o grapas. El conjunto de bobinas 20 también puede fijarse al lado posterior 12

del molde 10 mediante un adhesivo. En una realización, el conjunto de bobinas 20, por ejemplo, que consiste, principalmente, en alambres trenzados, puede encolarse directamente sobre el lado posterior 12 del molde 10. En otra realización, el conjunto de bobinas 20 puede encolarse o ajustarse mecánicamente, en primer lugar, a una estructura de soporte 13 (mostrada en la figura 3) que, a su vez, está fijada al molde 10 en cualquiera de las maneras que se acaban de describir o mediante un afianzamiento mecánico, incluidos una prensa, vacío, etc. La estructura de soporte 13 puede estar desplazada del molde 10. Del mismo modo, la estructura de soporte 13 puede ser una estructura externa que está aislada eléctricamente del molde 10. El ensamblaje de la estructura de soporte depende de la aplicación.

Para mejorar aún más el calentamiento por inducción de la herramienta de moldeo 1, los elementos magnéticos blandos y los elementos eléctricamente conductores (no mostrados) pueden colocarse en áreas predeterminadas a lo largo del conjunto de bobinas 20. Los elementos magnéticos blandos suelen estar hechos de un material magnético con pequeñas pérdidas por histéresis. Los elementos magnéticos blandos se producen de manera que se eviten corrientes inducidas en el material. Algunos ejemplos habituales de materiales magnéticos blandos son compuestos magnéticos blandos, a veces denominados núcleos de polvo, o ferritas blandas. Los elementos eléctricamente conductores suelen estar hechos de material altamente conductor de electricidad, tal como cobre o aluminio. Los elementos magnéticos blandos y eléctricamente conductores se utilizan para lograr el patrón de calentamiento deseado, para concentrar la densidad de flujo magnético, para mejorar la eficiencia del sistema de calentamiento por inducción, para reducir los campos magnéticos dispersos y para proteger el campo electromagnético de alta frecuencia a fin de evitar que áreas o materiales no deseados se calienten por inducción.

Se proporciona al menos un medio de procesamiento 30 que está en comunicación operativa con la al menos una bobina principal 21, 22 y la al menos una bobina perimetral 23, 24. Las bobinas 21, 22, 23, 24 del conjunto de bobinas 20 pueden acoplarse a un mismo medio de procesamiento o a diferentes medios de procesamiento. El medio de procesamiento 30 está configurado para generar una corriente de alta frecuencia en el conjunto de bobinas 20. Preferentemente, el medio de procesamiento 30 es, o comprende, un convertidor de frecuencia. El al menos un medio de procesamiento 30 está configurado para generar una tensión y corriente alternas a las bobinas 21, 22, 23, 24 para calentar por inducción el molde 10 de la herramienta de moldeo 1, de modo que se pueda producir una pieza A. En algunas realizaciones, un único medio de procesamiento 30 puede controlar múltiples bobinas. En otras realizaciones, se pueden usar varios medios de procesamiento 30 para controlar el calentamiento de la herramienta de moldeo 1.

Preferentemente, el medio de procesamiento 30 comprende una inteligencia determinada en términos de algún tipo de microcontrolador o procesador central, memoria, etc. y al menos un tipo de interfaz (no mostrada) para hacer funcionar el sistema, ya sea una interfaz hombre-máquina en términos de una pantalla gráfica, botones, manijas o similares, o una interfaz de comunicación controlada desde un sistema de vigilancia, tal como un PC o PLC.

La figura 2 muestra una realización donde un conjunto de bobinas 20 está fijado a un molde 10 de la herramienta de moldeo 1. La fijación del conjunto de bobinas 20 que incluye la al menos una bobina principal 21, 22 y la al menos una bobina perimetral 23, 24 se ilustra mediante las líneas discontinuas en la figura 2. Las bobinas 21, 22, 23, 24 pueden estar fijadas a través de medios de sujeción o a través de un adhesivo, como se ha mencionado anteriormente. Los medios de sujeción pueden ser, por ejemplo, en forma de pernos, ganchos, grapas o bloqueo mecánico, tal como ajuste a presión. El conjunto de bobinas 20, por ejemplo, que consiste, principalmente, en alambres trenzados, puede encolarse directamente sobre el lado posterior 12 del molde 10.

La figura 3 muestra otra realización donde las bobinas 21, 22, 23, 24 del conjunto de bobinas 20 están fijadas, en primer lugar, a una estructura de soporte 13 que, a su vez, está fijada al lado posterior 12 del molde 10. Como se ha mencionado anteriormente, la estructura de soporte 13 puede estar desplazada del molde 10. Del mismo modo, la estructura de soporte 13 puede ser una estructura externa que está aislada eléctricamente del molde 10. En la figura 3, la estructura de soporte 13 está fijada al molde 10 en sus porciones de extremo.

A continuación, se describirá un método de fabricación de una herramienta de moldeo 1 haciendo referencia a la figura 4.

En una primera etapa, se proporciona 205 un molde 10 que está configurado para calentarse por inducción y que tiene una superficie de contacto 11 y una superficie exterior, o lado posterior, 12. En una siguiente etapa, se proporcionan 210, 215 al menos una bobina principal 21, 22 y al menos una bobina perimetral 23, 24 en el molde 10. La al menos una bobina principal 21, 22 está dispuesta 220 en un patrón similar a un meandro en la superficie exterior 12 del molde 10 de acuerdo con cualquiera de las realizaciones mostradas en las figuras 6-11, de tal manera que una corriente eléctrica alterna que fluye a través de cada una de la al menos una bobina principal 21, 22 está dirigida hacia, de manera alterna, direcciones opuestas sobre la superficie exterior 12 del molde 10 siguiendo el patrón similar a un meandro. Un campo magnético generado por esta corriente está configurado para inducir corrientes en al menos una porción de, o partes de, el molde 10 que se va a calentar. Opcionalmente, se disponen varias bobinas principales, adyacentes entre sí y sustancialmente en paralelo, siguiendo el mismo patrón similar a un meandro sobre la superficie exterior del molde.

El método comprende, además, disponer 225 la al menos una bobina perimetral 23, 24 en la superficie exterior 12 del

molde 10, de modo que delimite al menos un área del molde 10 que se va a calentar por inducción. Opcionalmente, varias bobinas perimetrales están dispuestas adyacentes entre sí y sustancialmente en paralelo, siguiendo el mismo patrón sobre la superficie exterior del molde. Por "al menos un área" del molde se entiende "al menos una porción" del molde. Esto también puede formularse como "al menos partes del molde" que se van a calentar. En algunos casos, es deseable no calentar la totalidad del molde. Así pues, algunas áreas/porciones/partes del molde están delimitadas por una bobina perimetral. El mismo concepto se aplica en áreas/porciones/partes del molde que se van a calentar. La disposición de la al menos una bobina perimetral 23, 24 puede definir estas áreas. Cuando el molde se está calentando, el borde del molde o las zonas calentadas suelen verse afectadas de manera diferente por el enfriamiento convectivo, conductivo y radiativo en comparación con el resto del molde, por lo que resulta beneficioso poder compensar esta situación controlando la temperatura de forma independiente en esta área.

En concreto, la al menos una bobina principal 21, 22 y la al menos una bobina perimetral 21, 22 comprenden unos alambres trenzados. Del mismo modo, la al menos una bobina principal 21, 22 y la al menos una bobina perimetral 21, 22 están eléctricamente aisladas del molde 10, y están en comunicación operativa con al menos un medio de procesamiento 30. La al menos una bobina principal 21, 22 y la al menos una bobina perimetral 23, 24 están fijadas 230, 235 a la superficie exterior, o lado posterior, 12 del molde 10 a través de un elemento adhesivo o a través de una estructura de soporte 13.

El método puede comprender, además, la etapa de disponer 240 al menos un elemento magnético blando en regiones predeterminadas a lo largo de la al menos una bobina principal 21, 22 y/o la al menos una bobina perimetral 23, 24.

El método puede comprender, además, la etapa de disponer 245 al menos un elemento eléctricamente conductor en regiones predeterminadas a lo largo de la al menos una bobina principal 21, 22 y/o la al menos una bobina perimetral 23, 24.

Un método de producción de un artículo compuesto, o pieza A, usando la herramienta de moldeo 1, se muestra en la figura 5a. En el método descrito en relación con la figura 5a, el material que se va a procesar, que se coloca en el molde, es una mezcla de material de plástico y fibra. Otro método se muestra en la figura 5b, donde el material colocado en el molde es un material de fibra al que, durante el proceso de moldeo, se infunde un material plástico, de modo que el material plástico forma parte del material 110 que se va a procesar. La figura 5c ofrece una vista esquemática de partes de estos métodos.

En los métodos ilustrados en las figuras 5a-c, el material 110 que se va a procesar puede consistir en fibras técnicas, tales como carbono, vidrio, aramida, polietileno de ultra alto peso molecular, fibras de lino o basalto, o ser una mezcla de material de plástico y fibra. El material 110 puede ser un compuesto de moldeo preimpregnado, en lámina o a granel (SMC/BMC, por sus siglas en inglés), madejas enredadas, un material intermedio o una fibra y un plástico individuales, donde el plástico puede estar, por ejemplo, en forma de láminas o polvo. El componente plástico puede ser un termoplástico o un termoestable, y el componente de fibra puede ser estopas de fibra, un material multiaxial, un tejido o fibras orientadas aleatoriamente. La disposición de capas, el número de capas, direcciones, el tamaño y la forma del material 110 pueden variar mucho en función del proceso y la aplicación, bien conocidos en el campo. El material 110 se puede colocar en el molde en una secuencia, por ejemplo, capa por capa, o puede preformarse antes de colocarse en el molde. El material 110 puede, además de las fibras, contener también material de núcleo/distancia/intercalado, tal como núcleos de espuma, estructuras de panel, etc., comunes en muchos componentes compuestos, o accesorios metálicos, habituales para fines de ensamblaje en la aplicación final de la pieza A. El material 110 puede, incluso, transformarse en una pieza A de múltiples materiales, que contiene tanto compuestos de fibra como metal.

El método mostrado en la figura 5a comprende la etapa de proporcionar 305 una herramienta de moldeo 1 que tiene un molde 10 configurado para calentarse por inducción mediante un conjunto de bobinas 20 de acuerdo con las enseñanzas del presente documento. Opcionalmente, se agrega un agente de liberación a la herramienta de moldeo 1 en esta etapa para facilitar la separación de la pieza A producida del molde 10. El método comprende, además, colocar 310 un material 110 que se va a procesar en la superficie de contacto 11 del molde 10. Preferentemente, el material 110 es un material de fibra y plástico en forma de preforma con una forma similar a la superficie de contacto 11, fácil de colocar en el molde.

En este caso, donde el plástico ya está en el molde, es decir, como un material de matriz incorporado en el material de fibra colocado en el molde, el método comprende, además, cerrar 312 el molde 10 y aplicar 315 presión de consolidación sobre el material 110 que se va a procesar. El molde 10 puede cerrarse, por ejemplo, mediante otra mitad de la herramienta de moldeo 1 o mediante una membrana o bolsa flexible.

Antes de aplicar la presión de consolidación 315 sobre el material 110 que se va a procesar, el método puede comprender, además, una etapa de aplicar 314 un vacío, o una presión casi de vacío, sobre el material 110. Determinados procesos se benefician de la presión reducida, es decir, la presión de vacío, sobre el material para eliminar el aire atrapado y, de este modo, mejorar la impregnación de la matriz sobre las fibras durante el proceso de fabricación y, de este modo, reducir el riesgo de puntos secos o huecos en la pieza A producida.

5 La presión de consolidación puede aplicarse, por ejemplo, al disponer una unidad de embolsado por vacío encima del material 110 y llevando a cabo el embolsado por vacío. La presión de consolidación también puede aplicarse mediante una prensa, un autoclave o, simplemente, a través de la presión atmosférica si existe una presión casi de vacío dentro del molde. En el último caso, la etapa de aplicar 315 presión de consolidación sobre el material 110 a menudo significa generar vacío en la herramienta de moldeo 1. En algunos casos, la presión de vacío es la misma que la presión de consolidación.

10 El método que se describe en relación con la figura 5a comprende, además, calentar por inducción 320 el molde 10 que contiene el material 110. El calentamiento se puede realizar de acuerdo con un perfil de tiempo-temperatura predeterminado para consolidar y/o curar el material 110 a fin de producir la pieza compuesta A. El molde 10 se calienta mediante el conjunto de bobinas 20 que está en comunicación operativa con los medios de procesamiento 30, como se ha expuesto anteriormente. La herramienta de moldeo 1, o su molde 10, puede calentarse antes de, durante y/o después de la etapa 315 de aplicar presión.

15 El molde 10 y el material 110 que se va a procesar se mantienen en esta posición en la herramienta de moldeo 1 durante un período de tiempo predeterminado, normalmente para garantizar una temperatura suficiente en todo el material y una consolidación/impregnación adecuada del material compuesto de fibra. En el caso de un termoestable, la resina, o material plástico, debe estar suficientemente curado antes del desmoldeo, mientras que, en el caso de un termoplástico, la pieza se vuelve sólida después de enfriarse. Por tanto, finalmente, se proporciona un material 110  
20 curado o consolidado y forma la pieza compuesta A. Esto se muestra esquemáticamente en la figura 5c. Hay unos pocos procesos aplicables para el método, por ejemplo, a menudo denominado moldeo por compresión, formación por estampado, procesamiento en autoclave, procesamiento fuera de autoclave, embolsado por vacío, etc.

25 Volviendo ahora a la figura 5b, un caso donde no se coloca material de matriz en el molde, es decir, en el caso donde el material 110 consiste, inicialmente, solo en fibras, posiblemente en combinación con material de núcleo/distancia/intercalado, o accesorios metálicos, etc., como se describe anteriormente. El método, después de proporcionar 305 una herramienta de moldeo 1, incluye una etapa de colocación del material de fibra 110 en el molde. A continuación, el molde se cierra 312, habitualmente con otra mitad de molde, una membrana flexible o una bolsa. El molde cerrado puede, como en el caso descrito anteriormente, consistir en una pluralidad de mitades de molde, bolsas o membranas, o una combinación, que, juntos, proporcionan un conjunto de molde sellado o semisellado. En este caso, el material 110 colocado sobre la superficie de contacto 11 del molde 10 también puede denominarse una  
30 disposición de capas o preforma de material de fibra.

35 El método relacionado con la figura 5b comprende, además, la etapa de aplicar 314 una presión reducida sobre el material 110, preferentemente vacío o presión casi de vacío. La evacuación de gas puede aplicarse en una única o una pluralidad de aberturas y puede realizarse solo en esta etapa o durante la totalidad del proceso de producción.

40 El método comprende, además, la etapa de infundir 316 un material de matriz al material 110 en el molde 10, preferentemente una resina de baja viscosidad de cualquier tipo. La resina, en este caso, también puede denominarse material plástico. Esto se puede hacer usando la denominada infusión por vacío, donde la fuerza motriz es la diferencia de presión entre la presión de vacío en el molde y la presión circundante. La infusión también se puede hacer usando una presión más alta, hasta varios cientos de bares, a menudo denominado moldeo por transferencia de resina (RTM, por sus siglas en inglés), moldeo por transferencia de resina de alta presión (HPRTM, por sus siglas en inglés), moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM, por sus siglas en inglés), etc. De manera similar a lo que se ha expuesto en relación con la figura 5a anterior, el método comprende, además, calentar por inducción 320 el molde  
45 10 que contiene el material 110.

50 En ambos métodos descritos anteriormente para producir una pieza compuesta A, la etapa de calentar 320 y aplicar presión, o infundir resina, es decir, el material plástico en el material 110 en el molde 10, se pueden producir simultáneamente. El calentamiento puede realizarse de acuerdo con un perfil de tiempo-temperatura predeterminado para producir la pieza compuesta A. El molde 10 se calienta mediante el conjunto de bobinas 20 que está en comunicación operativa con los medios de procesamiento 30, como se ha expuesto anteriormente. La herramienta de moldeo 1, o su molde 10, puede calentarse antes de, durante y/o después de la etapa de infusión del material de matriz, en el caso del método descrito en relación con la figura 5b.

55 Una herramienta caliente suele resultar beneficiosa para reducir la viscosidad de la resina, pero, habitualmente, también inicia una reacción química para curar la resina, por lo que se aplican diferentes aspectos, en función de la aplicación y la elección del material. En un caso preferente, se obtiene una impregnación adecuada de las fibras mediante la resina, sin puntos secos ni huecos. En este método, la matriz habitual es una resina termoestable y requiere que la matriz se cure. Se están desarrollando continuamente nuevos plásticos y el método también se puede usar con matrices híbridas termoestables/termoplásticas, así como con termoplásticos de baja viscosidad.  
60

65 Ambos métodos descritos en relación con las figuras 5a y 5b, así como 5c anteriormente, puede comprender, además, un enfriamiento activo o pasivo 325 de al menos una parte de la herramienta de moldeo 1 y/o la pieza A producida formada en esta. Por último, los métodos descritos comprenden, además, desmoldar 330 la pieza A de la herramienta de moldeo 1. En determinadas aplicaciones, la pieza A se puede desmoldar a la temperatura de procesamiento, lo

que resulta beneficioso desde una perspectiva de tiempo del ciclo. En contraposición, una temperatura de desmoldeo reducida suele resultar beneficiosa desde una perspectiva de calidad de la pieza.

Parte de los métodos descritos anteriormente en relación con las figuras 5a y 5b se ilustra en la figura 5c. El material 110 que se va a procesar, es decir, una mezcla de un material de fibra y un material polimérico, o un material de fibra al que se va a infundir una resina, o un material plástico, durante el proceso de moldeo como se ha descrito anteriormente, está dispuesto 310 en la herramienta de moldeo 1. El material de fibra puede ser, por ejemplo, una fibra de carbono o un material de fibra de lino. Preferentemente, la mezcla tiene la forma de una preforma o una pieza de una tela. Alternativamente, la herramienta de moldeo 1 está dispuesta en un sistema aerodinámico donde las telas de material se alimentan hacia la herramienta de moldeo 1 en etapas. Antes del calentamiento, el material 110 se muestra en líneas discontinuas. El material podría extenderse más allá de la bobina perimetral de la herramienta de moldeo 1, detenerse justo en la al menos una bobina perimetral o únicamente colocarse dentro de la zona calentada, en función de la aplicación. Cuando la herramienta de moldeo 1 se calienta por inducción 320 mediante el conjunto de bobinas accionado por los medios de procesamiento, la mezcla de fibra y material polimérico, es decir, el material 110 que se va a procesar, se consolida, o se cura, para formar una pieza A que tenga una forma correspondiente a la de la herramienta de moldeo 1. Después de curarse o consolidarse, el material que se va a procesar se muestra como una línea continua. Una vez que se ha completado el perfil de temperatura del proceso, la herramienta de moldeo se enfría 325 y la pieza A se retira, o se desmoldea, 330 de la herramienta de moldeo. La forma de la pieza A corresponde a la superficie de contacto del molde.

Se describirán un par de realizaciones a modo de ejemplo en relación con las figuras 6-11. En estos dibujos, la al menos una bobina principal 21, 22 y la al menos una bobina perimetral 23, 24 están dispuestas de diferentes maneras en el lado posterior 12 del molde 10. La al menos una bobina principal 21, 22 se pliega de una manera que se asemeja a una carretera serpenteante que se curva hacia delante y hacia atrás sobre sí misma.

En la figura 6, se muestra un lado posterior 12 del molde 10 de la herramienta de moldeo 1. Una bobina perimetral 23 está fijada al lado posterior 12 y rodea una bobina principal 21 que está dispuesta en un patrón de meandro con el significado descrito a través de las diferentes perspectivas anteriores. Las flechas distribuidas a lo largo de las bobinas 21, 23 indican la dirección de la corriente cuando la herramienta de moldeo 1 se somete a calentamiento por inducción. Las bobinas 21, 23 son, habitualmente, alambres trenzados.

En la figura 7, se muestra una realización alternativa. En este punto, de manera similar a lo que se muestra en la figura 6, se muestra un lado posterior 12 del molde 10 de la herramienta de moldeo 1. Una bobina perimetral 23 está fijada al lado posterior 12 y rodea una bobina principal 21 que está dispuesta en un patrón de meandro. En una parte central de la figura 7, se muestra un área del molde 10, que corresponde, por ejemplo, a una depresión local, una ranura o una cresta del molde que se va a calentar. Como se puede observar, la bobina principal 21 es discontinua alrededor de esta área del dibujo. Esto se ilustra mediante una línea discontinua entre una "x" y una "o" a lo largo de la bobina principal 21. La "x" indica una dirección de flujo de corriente en el dibujo y la "o" indica una dirección de flujo de corriente fuera del dibujo. Por ende, en la figura 7, la bobina principal 21 "salta dentro y fuera" del dibujo dos veces.

En el área del molde 10 correspondiente a una depresión local en la figura 7, la bobina principal 21 es continua hasta una primera "o", en la que la bobina principal 21 sobresale hacia fuera desde el lado posterior 12 del molde 10. Así pues, la bobina principal 21 está dispuesta, de nuevo, sobre el lado posterior 12 del molde 10 en la depresión local en una primera "x". La bobina principal 21 está fijada al lado posterior 12 de la depresión en la primera "x" y se extiende a lo largo de la depresión, ranura o cresta hasta una segunda "o", lo que indica que la bobina principal 21 sobresale, de nuevo, hacia fuera desde el lado posterior 12 del molde 10. Una segunda "x" situada en el lado del molde 10 fuera de la depresión local indica que la bobina principal 21 es devuelta al lado posterior 12 del molde 10.

En una realización, la corriente en la bobina principal fluye en la misma dirección que una vuelta colindante, o adyacente, de la bobina. Esto se indica en la figura 7 mediante las flechas, alrededor de la depresión local, en la que fluye la corriente, a nivel local, en la misma dirección, a pesar de la disposición similar a un meandro de la bobina, debido a la discontinuidad de la disposición de la bobina principal 21. Cuando la corriente fluye en la misma dirección que una vuelta colindante, o adyacente, de la bobina, la corriente eléctrica y los campos electromagnéticos se amplifican.

Haciendo referencia a la figura 8, se muestra un lado posterior 12 del molde 10 de la herramienta de moldeo 1. Una bobina perimetral 23 está fijada al lado posterior 12 y rodea dos bobinas principales 21, 22 que están dispuestas en un patrón de meandro en el significado descrito a través de las diferentes perspectivas anteriores. Las flechas distribuidas a lo largo de las diferentes bobinas 21, 22, 23 indican la dirección de la corriente cuando la herramienta de moldeo 1 se somete a calentamiento por inducción. Las bobinas 21, 22, 23 son, habitualmente, alambres trenzados.

La figura 9 ilustra otra realización. En este ejemplo, están presentes las mismas características que en la realización de la figura 8, excepto por el hecho de que la segunda bobina principal 22 es discontinua en la parte inferior del dibujo. Esto se ilustra mediante una línea discontinua entre una "x" y una "o", que, en la figura 8, es continua en el mismo paso. La "x" indica una dirección de flujo de corriente en el dibujo y la "o" indica una dirección de flujo de corriente fuera del dibujo. Por ende, en la figura 9, la segunda bobina principal 22 "salta fuera" del dibujo en un punto. Esto

puede resultar ventajoso en los casos donde la forma del molde restringe la posibilidad de usar una distancia predeterminada entre las vueltas de la bobina al mismo tiempo que se cubre la superficie.

5 La figura 10 ilustra una realización de un molde 10 similar al de la figura 8, pero que tiene una segunda bobina perimetral 24 adicional y una parte situada en el centro de la herramienta de moldeo 1 que no debe calentarse por inducción. La parte situada en el centro también puede denominarse "isla".

10 Todavía otra realización se muestra en la figura 11, que muestra las mismas características que en la figura 10, con la excepción de que la primera bobina perimetral 23 se enrolla dos veces alrededor de las bobinas principales 21, 22. Opcionalmente, en lugar de que la primera bobina perimetral 23 se enrolle dos veces alrededor de las bobinas principales, puede haber dos bobinas perimetrales independientes enrolladas alrededor de las bobinas principales (no mostradas), independientemente y sustancialmente en paralelo entre sí, siguiendo la misma trayectoria de la bobina perimetral 23 a lo largo del lado posterior 12 del molde 10. También puede haber más de una bobina perimetral adicional enrollada alrededor de las bobinas principales, dispuesta en paralelo con una bobina perimetral colindante.

15 Expresado de forma diferente, la segunda bobina perimetral 24 mostrada en la figura 11 también puede enrollarse más de una vez alrededor de la denominada "isla" en la parte situada en el centro del dibujo, ya sea como una bobina perimetral enrollada varias veces a lo largo de su longitud o como dos o más bobinas perimetrales dispuestas en paralelo con una bobina perimetral colindante.

20 Por ende, cada bobina perimetral que delimita una parte del molde que se va a calentar puede estar enrollada más de dos veces alrededor del área que se va a calentar o aislar, o puede estar dispuesta más de una bobina perimetral en paralelo con una bobina colindante. En concreto, un área que se va a aislar puede considerarse un área que está configurada para no someterse a calentamiento por inducción.

25 Opcionalmente, para todas las realizaciones divulgadas en el presente documento, se pueden enrollar una o más bobinas principales y/o bobinas perimetrales adicionales (no mostradas), sustancialmente en paralelo con una bobina adyacente del mismo tipo, respectivamente, a lo largo de su trayectoria. A veces, una o más bobinas adyacentes y sustancialmente en paralelo con su bobina colindante resultan beneficiosas para controlar los gradientes de temperatura y/o para permitir que se aplique suficiente potencia en el área pertinente del molde que se va a calentar o que no se va a calentar. El principio de contar con dos o más bobinas dispuestas en paralelo entre sí a lo largo de su trayectoria puede sustituirse por una bobina enrollada varias veces a lo largo de su trayectoria o longitud. Esto se ejemplifica en la figura 11, en la que la bobina perimetral 23 enrollada dos veces a lo largo de su trayectoria y rodea las bobinas principales.

30

REIVINDICACIONES

1. Una herramienta de moldeo para producir una pieza compuesta usando calentamiento por inducción, que comprende:

5 un molde (10), que tiene una superficie de contacto (11) adaptada para estar en contacto con un material (110) que se va a transformar en una pieza compuesta (A), y una superficie exterior (12);  
 al menos una bobina principal (21, 22) dispuesta en un patrón similar a un meandro en la superficie exterior (12) del molde (10), de modo que una corriente eléctrica alterna que fluye a través de la al menos una bobina principal  
 10 (21, 22) está dirigida, en su mayor medida, hacia, de manera alterna, direcciones opuestas sobre la superficie exterior (12) del molde (10), siguiendo el patrón similar a un meandro, en donde el campo magnético generado por dicha corriente está configurado para inducir corrientes en al menos partes del molde (10) que se va a calentar; y  
 al menos una bobina perimetral (23, 24) dispuesta en la superficie exterior (12) del molde (10) y configurada para delimitar al menos un área del molde que se va a calentar por inducción;  
 15 en donde el molde (10) está configurado para calentarse por inducción mediante la al menos una bobina principal (21, 22) y la al menos una bobina perimetral (23, 24); y  
 en donde la al menos una bobina principal (21, 22) y la al menos una bobina perimetral (23, 24) comprenden unos alambres que están eléctricamente aislados del molde (10) y en comunicación operativa con al menos un medio de procesamiento (30),  
 20 caracterizado por que los alambres son alambres trenzados.

2. La herramienta de moldeo de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la al menos una bobina principal (21, 22) y la al menos una bobina perimetral (23, 24) están fijadas a la superficie exterior (12) del molde a través de un elemento adhesivo.

3. La herramienta de moldeo de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la al menos una bobina principal (21, 22) y la al menos una bobina perimetral (23, 24) están fijadas a la superficie exterior (12) del molde (10) a través de una estructura de soporte (13).

4. La herramienta de moldeo de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la estructura de soporte (13) está desplazada del molde.

5. La herramienta de moldeo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la herramienta de moldeo (1) es una herramienta de carcasa o una herramienta sólida.

6. La herramienta de moldeo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el molde (10) está hecho, al menos parcialmente, de un material elegido de un grupo que consiste en: materiales compuestos de fibra de carbono o metales.

7. La herramienta de moldeo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, al menos un elemento magnético blando y/o al menos un elemento eléctricamente conductor dispuesto en regiones predeterminadas a lo largo de la al menos una bobina principal (21, 22) y/o la al menos una bobina perimetral (23, 24).

8. Un método de fabricación de una herramienta de moldeo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende:

proporcionar (205) un molde (10) configurado para calentarse por inducción, que tiene una superficie de contacto (11) y una superficie exterior (12);  
 proporcionar (210, 215) al menos una bobina principal (21, 22) y al menos una bobina perimetral (23, 24);  
 50 disponer (220) la al menos una bobina principal (21, 22) en un patrón similar a un meandro en la superficie exterior (12) del molde (10), de modo que una corriente eléctrica alterna que fluye a través de la al menos una bobina principal (21, 22) está dirigida, en su mayor medida, hacia, de manera alterna, direcciones opuestas sobre la superficie exterior (12) del molde (10), siguiendo el patrón similar a un meandro, en donde el campo magnético generado por dicha corriente está configurado para inducir corrientes en al menos partes del molde (10) que se va a calentar;  
 55 disponer (225) la al menos una bobina perimetral (23, 24) en la superficie exterior (12) del molde (10), de modo que delimite al menos un área del molde (10) que se va a calentar por inducción;  
 en donde la al menos una bobina principal (21, 22) y la al menos una bobina perimetral (21, 22) comprenden unos alambres trenzados que están eléctricamente aislados del molde (10) y en comunicación operativa con al menos un medio de procesamiento (30).  
 60

9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende, además: fijar (230, 235) la al menos una bobina principal (21, 22) y la al menos una bobina perimetral (23, 24) a la superficie exterior (12) del molde (10) a través de un elemento adhesivo o a través de una estructura de soporte (13).

10. El método de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, que comprende, además:

disponer (240, 245) al menos un elemento magnético blando y/o al menos un elemento eléctricamente conductor en regiones predeterminadas a lo largo de la al menos una bobina principal (21, 22) y/o la al menos una bobina perimetral (23, 24).

5 11. Un método de producción de una pieza compuesta, que comprende:

proporcionar (305) una herramienta de moldeo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7;  
colocar (310) un material de fibra y plástico (110) en la superficie de contacto (11) del molde (10);  
cerrar (312) el molde (10);

10 aplicar (315) una presión de consolidación sobre el material (110) que se va a procesar; y  
calentar por inducción (320) el molde (10) que contiene el material (110) de acuerdo con un perfil de tiempo-temperatura predeterminado para consolidar y/o curar el material (110) para producir la pieza compuesta (A).

15 12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde, antes de aplicar (315) una presión de consolidación sobre el material (110) que se va a procesar, el método comprende, además, una etapa de aplicar (314) presión de vacío sobre el material (110).

13. El método de acuerdo con las reivindicaciones 11 o 12, en donde el método comprende, además:

20 enfriar (325) al menos una parte de la herramienta de moldeo (1) y/o la pieza producida (A); y  
desmoldar (330) la pieza (A) de la herramienta de moldeo (1).

14. Un método de producción de una pieza compuesta, que comprende:

25 proporcionar (305) una herramienta de moldeo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7;  
colocar (310) un material de fibra (110) que se va a procesar en la superficie de contacto (11) del molde (10);  
cerrar (312) el molde (10);

30 aplicar (314) presión de vacío e infundir (316) un material plástico en el material de fibra, formando así el material plástico parte del material (110) que se va a procesar;

calentar por inducción (320) el molde (10) que contiene el material de fibra y plástico (110) de acuerdo con un perfil de tiempo-temperatura predeterminado para producir una pieza compuesta (A).

15. El método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el método comprende, además:

35 enfriar (325) al menos una parte de la herramienta de moldeo (1) y/o la pieza producida (A); y  
desmoldar (330) la pieza (A) de la herramienta de moldeo (1).

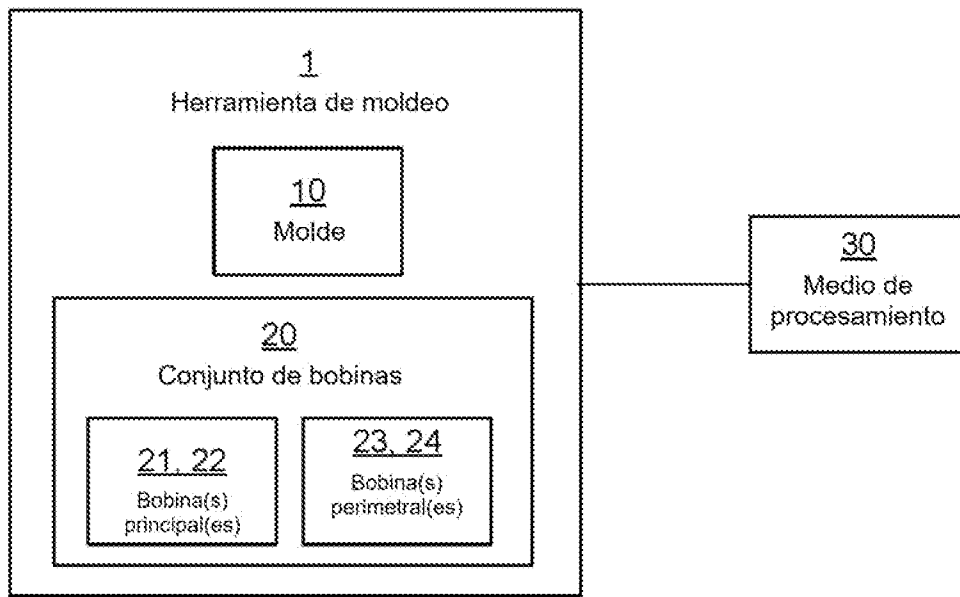


Fig. 1a

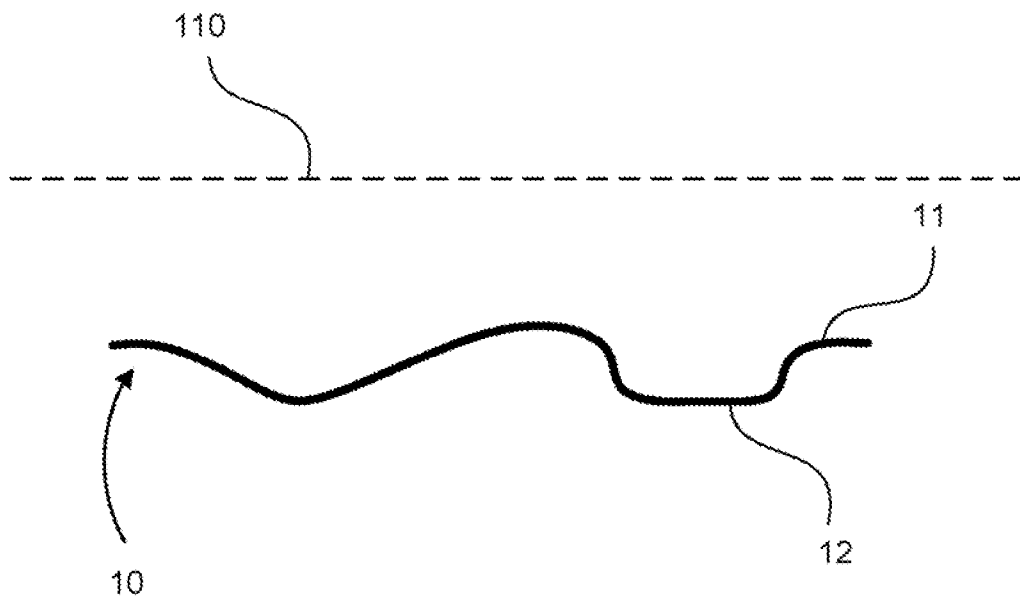
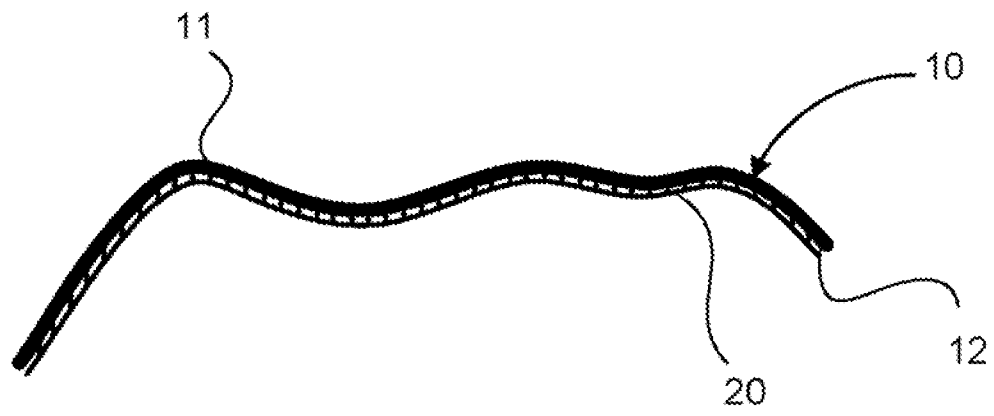
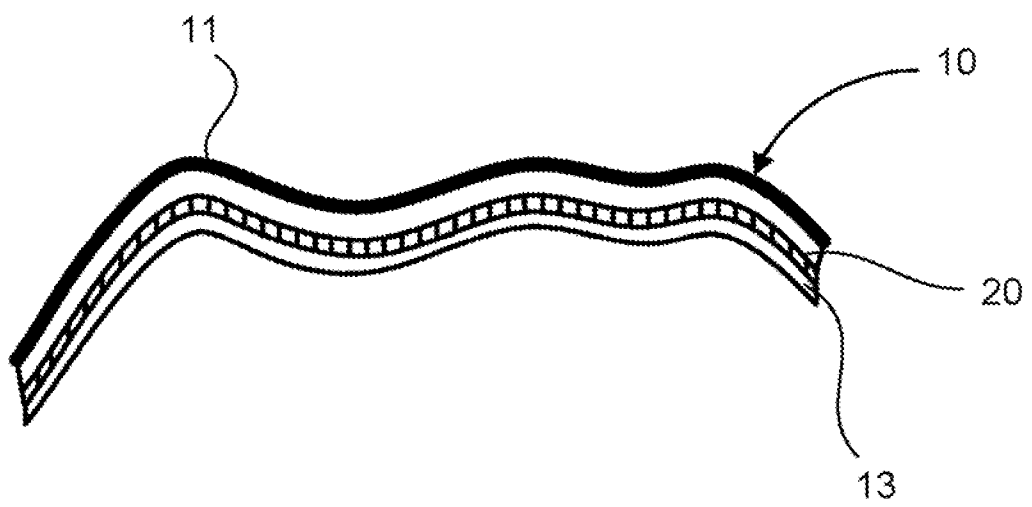


Fig. 1b



**Fig. 2**



**Fig. 3**

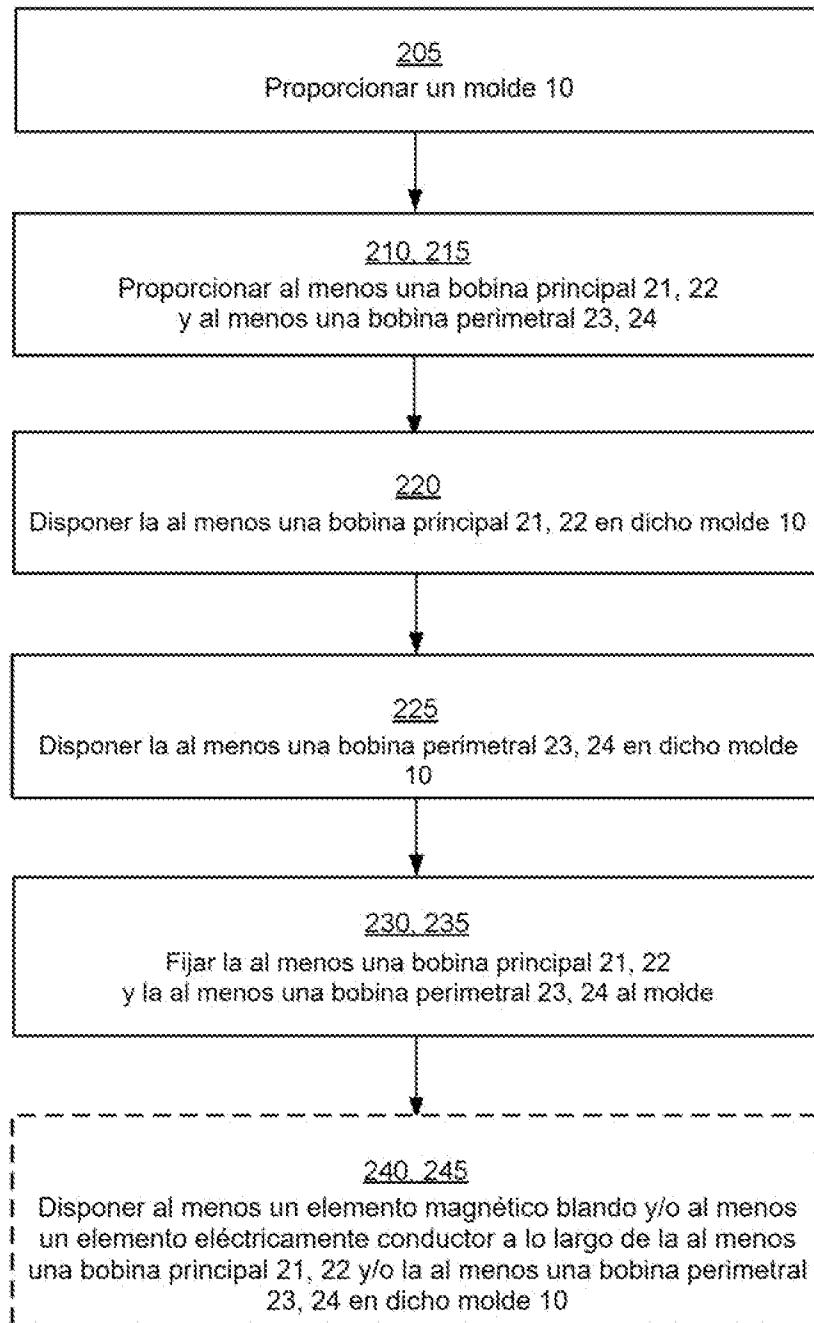


Fig. 4

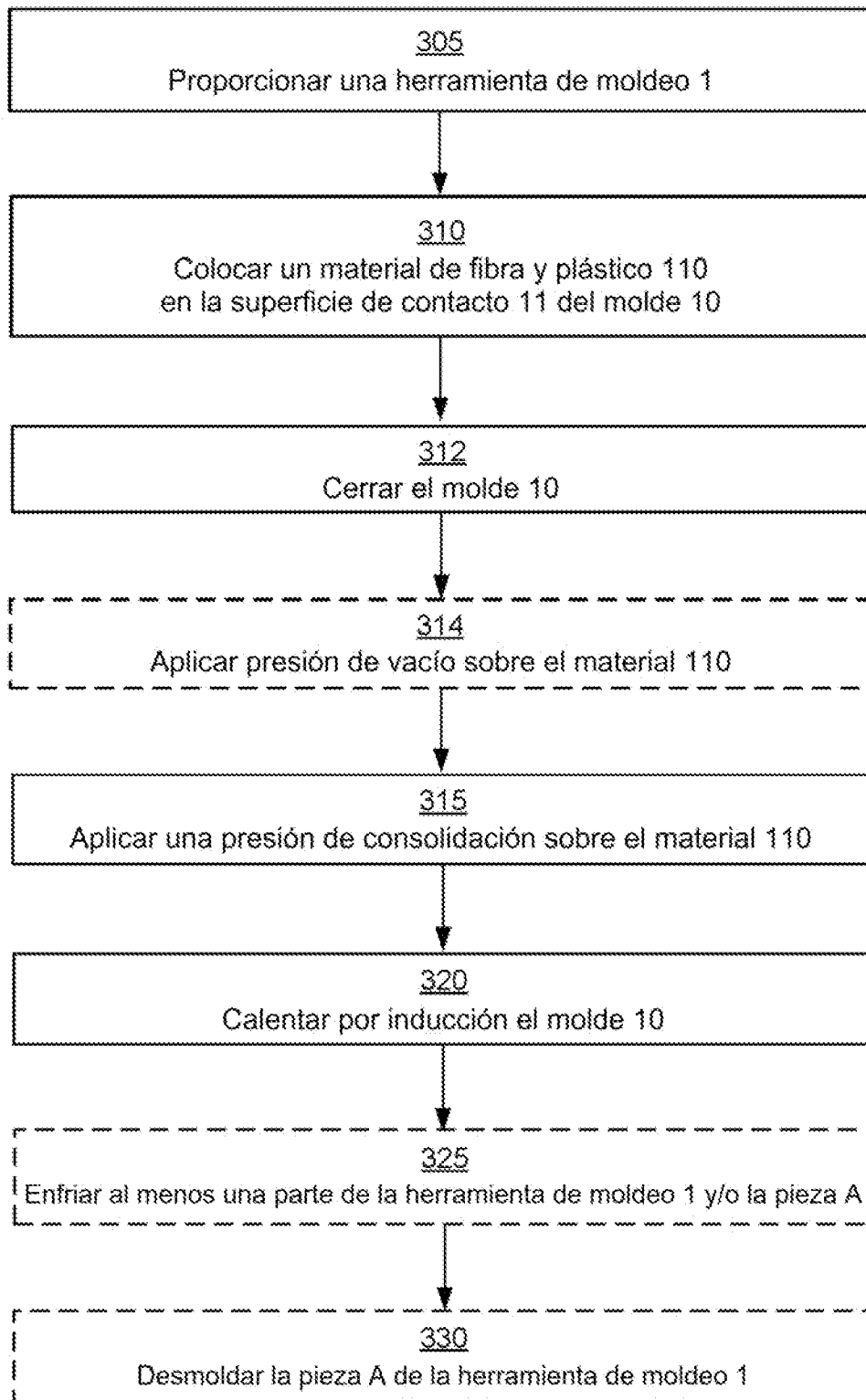


Fig. 5a

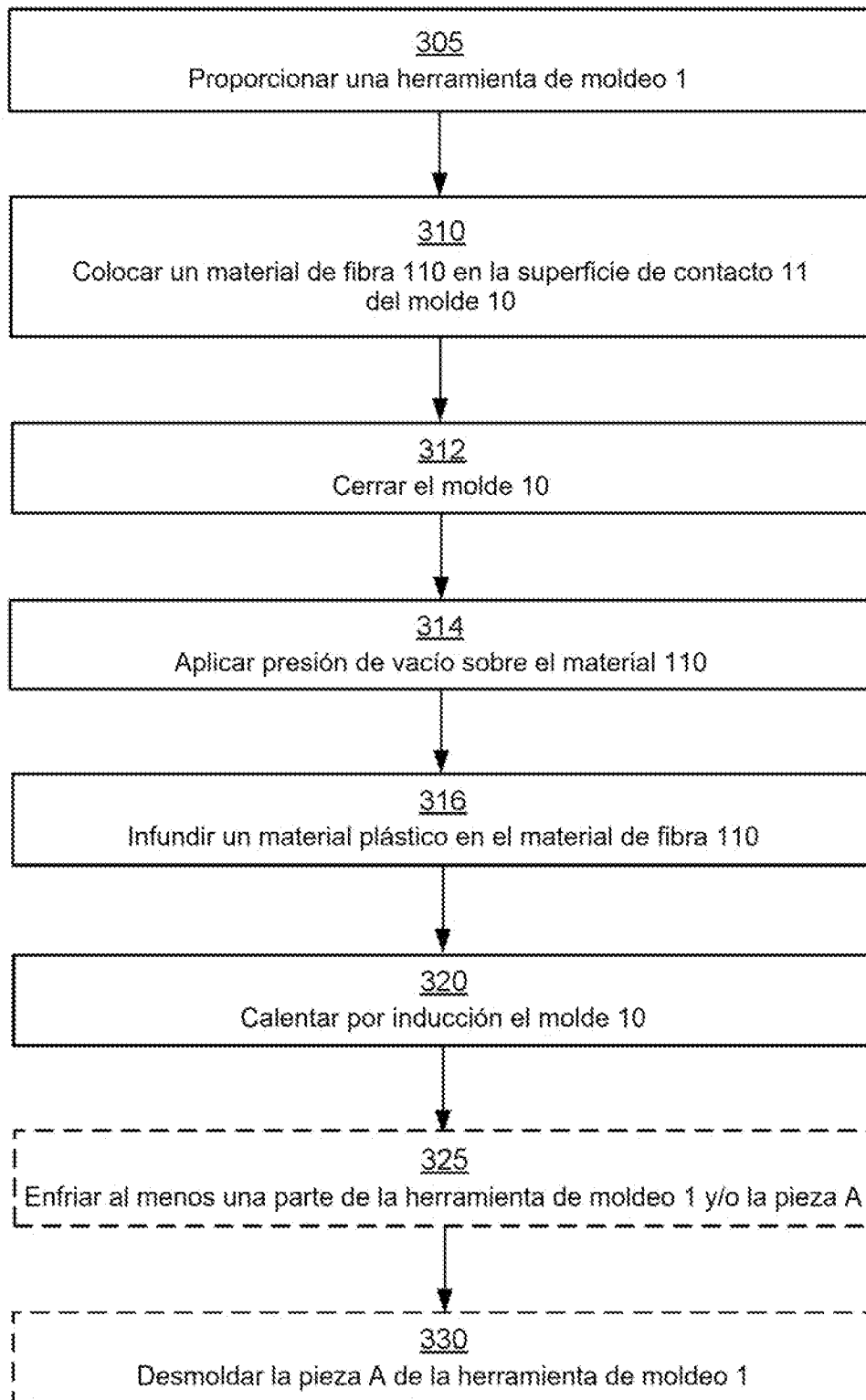


Fig. 5b

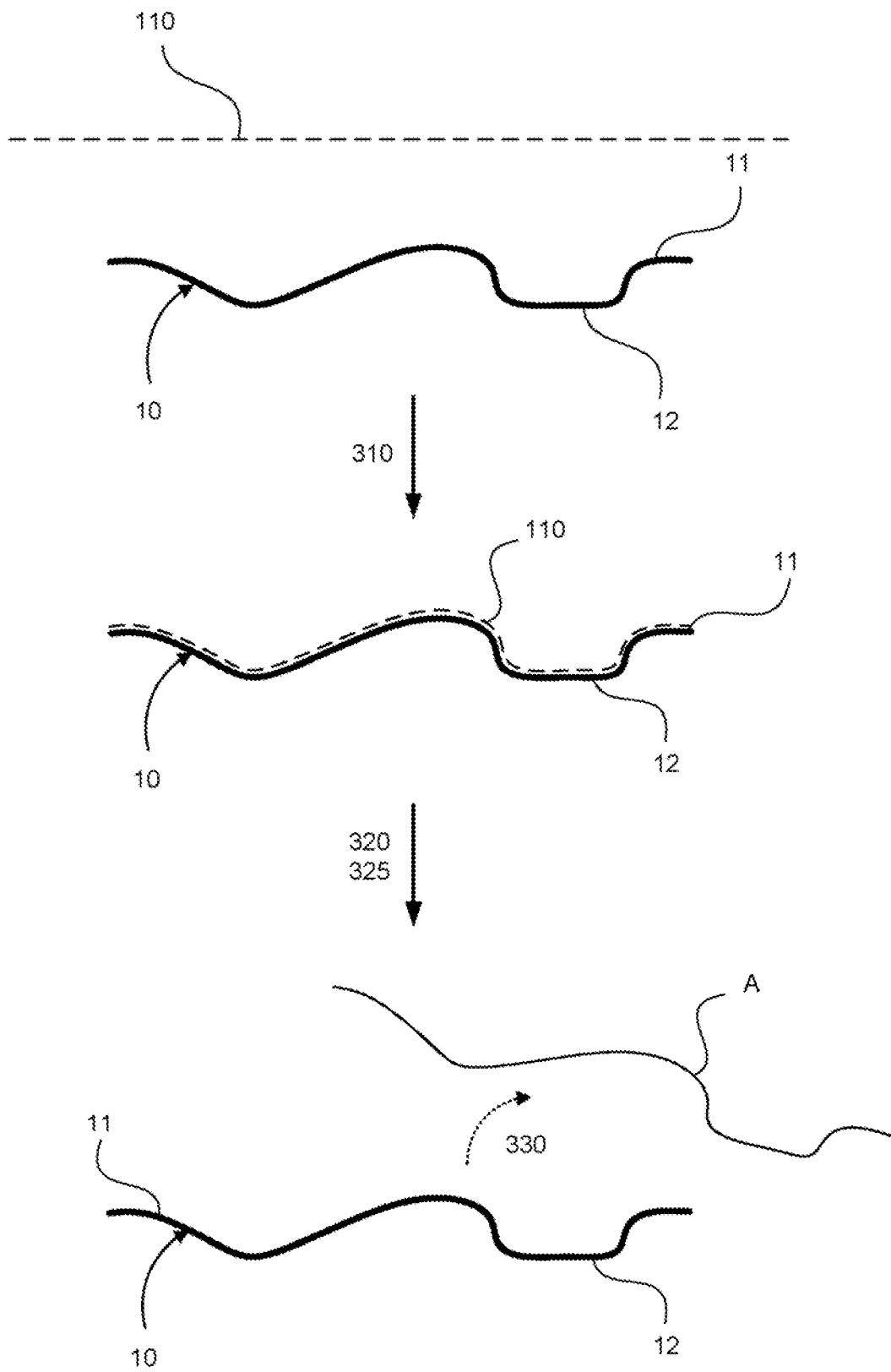


Fig. 5c



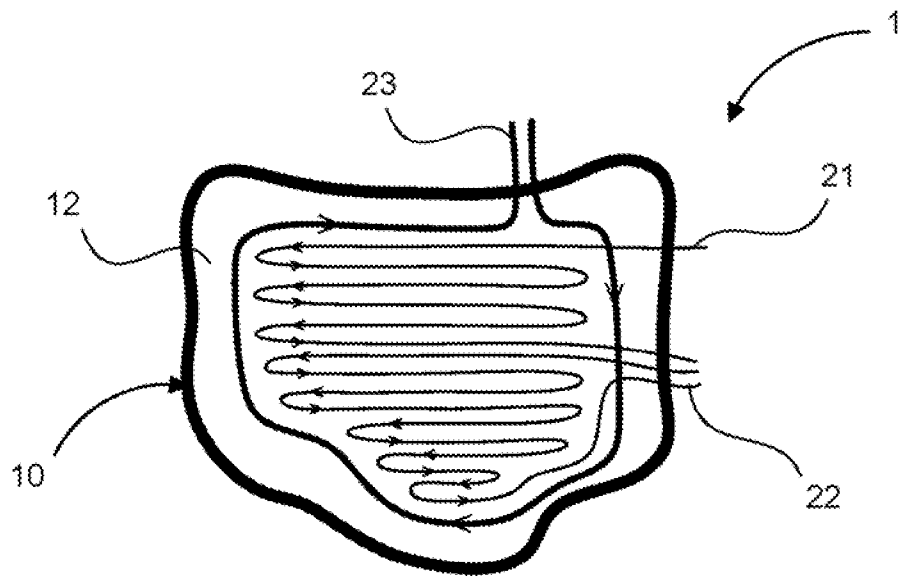


Fig. 8

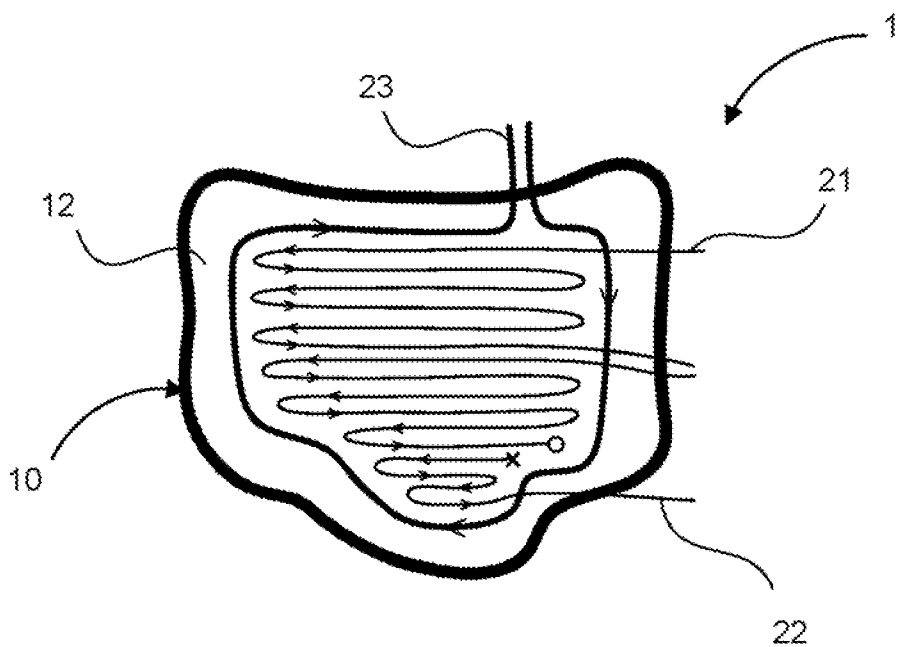


Fig. 9

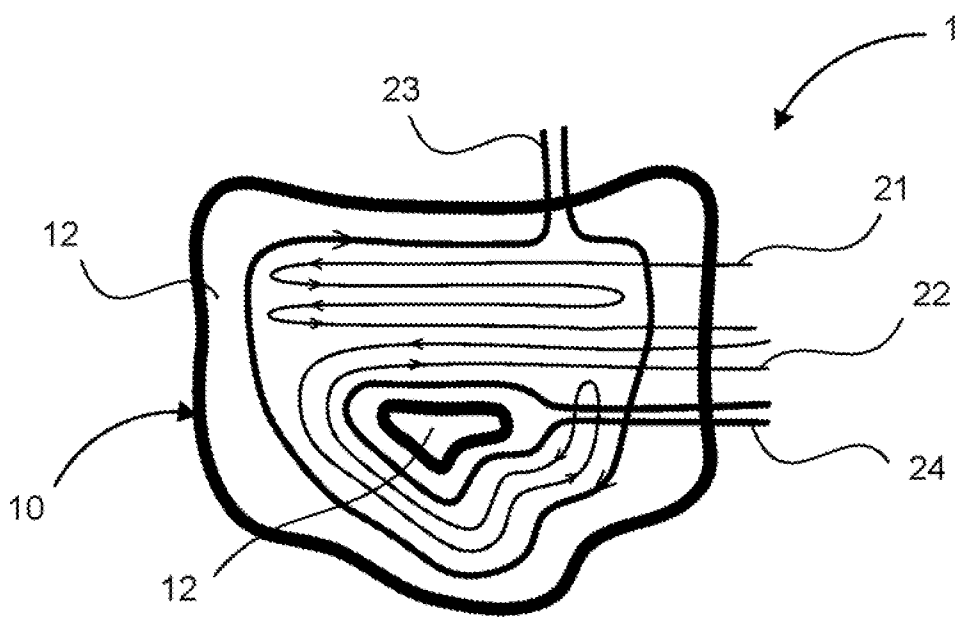


Fig. 10

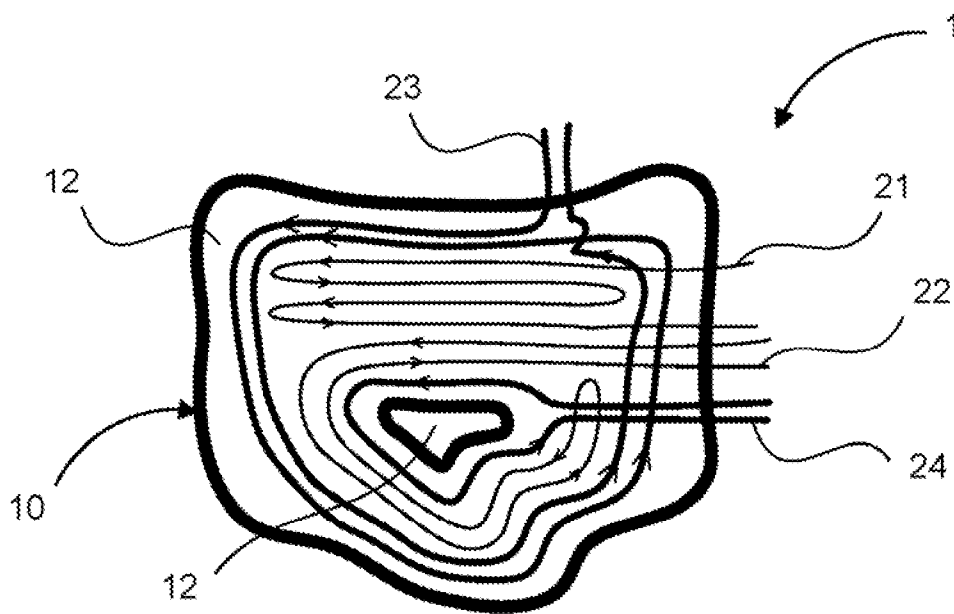


Fig. 11