

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 835 792**

51 Int. Cl.:

B29C 65/08 (2006.01)

B29C 65/02 (2006.01)

B29C 63/00 (2006.01)

B29C 63/34 (2006.01)

B29L 7/00 (2006.01)

B29K 101/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.06.2013** **PCT/CH2013/000102**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.12.2013** **WO13185251**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2013** **E 13731264 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2020** **EP 2861407**

54 Título: **Método para reforzar y/o revestir material**

30 Prioridad:

14.06.2012 US 201261659547 P

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

23.06.2021

73 Titular/es:

WOODWELDING AG (100.0%)
Mühlebach 2
6362 Stansstad, CH

72 Inventor/es:

MAYER, JÖRG y
AESCHLIMANN, MARCEL

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 835 792 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para reforzar y/o revestir material

5 Campo de la invención

La invención pertenece al campo de la ingeniería mecánica, la ciencia de materiales y la construcción, especialmente la ingeniería de materiales, la industria de la construcción, la construcción en madera, la industria del mobiliario y construcción mecánica. En particular, se refiere a métodos y aparatos para revestir y/o reforzar material.

10 Antecedentes de la invención

Si tornillos u otros elementos de unión se anclan a un material, especialmente material poroso, por ejemplo, material compuesto de madera (tal como tablero virutas, tablero de partículas, tableros de fibras orientadas etc.), cartulina, 15 hormigón armado, ladrillo, escayola, piedra (tal como arenisca), estructuras tipo sándwich que comprenden capas de cubierta dura y un relleno comparativamente más blando comprendido entre las capas de cubierta, y espuma industrial, frecuentemente aparece el problema de insuficiente estabilidad del material o insuficiente estabilidad del anclaje en el material poroso. Especialmente, en los materiales compuestos, cualquier carga que actúe sobre el elemento de unión se pasa a solamente unas pocas virutas o partículas o filamentos o paredes porosas, con consecuencias negativas 20 tanto para la capacidad de soporte de carga de la conexión entre el elemento de unión y el material y para su estabilidad a largo plazo. Se producen problemas similares cuando un material poroso se va a revestir con otros fines que para unir una conexión que soporta carga a un elemento de unión, por ejemplo, para realizar una conexión conductora eléctrica y/o conductora térmica a dicho material.

El documento WO 2008/080238 divulga un método para anclar un elemento de unión en un objeto con la ayuda de un material termoplástico, en donde el elemento de unión comprende el material termoplástico en una superficie 25 perimetral con directores de energía y está anclado en el objeto por vibraciones mecánicas que licuan el material termoplástico.

El documento WO 2009/052644 divulga un método para anclar una espiga usando vibraciones mecánicas, en donde la espiga comprende material termoplástico y las vibraciones mecánicas licuan este material termoplástico. 30

Sumario de la invención

Es un objetivo de la presente invención proporcionar métodos para proporcionar transiciones en sólidos porosos. 35

Especialmente, es un objetivo proporcionar estabilidad de anclaje mejorada para tornillos u otros elementos de unión en material poroso. Es un objetivo particular proporciona un método para reforzar un material para la posterior inserción de un elemento de unión, tal como un tornillo o un pasador con material termoplástico. 40

Es un objetivo de la presente divulgación proporcionar revestimiento mejorados de material poroso para una conexión que soporta carga o que no soporta carga del material a una pieza adicional, tal como un elemento de unión para anclar mecánicamente un elemento y/o para servir como conductor de electricidad y/o calor.

Es por tanto un objetivo adicional de la presente divulgación proporcionar dispositivos en concordancia. 45

En este texto, el material "denominado poroso" se puede referir de forma general a materiales que tienen poros o cavidades definidas artificiales/mecanizadas que están vacías (rellenas de gas o de líquido solamente), tales como espumas. El término "poroso" se refiere además a materiales que tienen un primer, componente duro y un segundo, 50 componente más blando en los poros del primer componente, de forma que el segundo componente se puede desplazar al menos en parte de los poros y/o es compresible en los poros si una presión localizada incide sobre el material poroso.

En este texto, "elemento de unión" se refiere generalmente a elementos que están anclados en un objeto y/o que están conectados a una porción de la superficie del objeto. Puede servir para unir otro elemento al objeto para realizar un contacto mecánica, térmica y/o eléctricamente. Puede servir adicional o alternativamente a otros fines funcionales, tales como marcado, decoración, montaje, etc. 55

De acuerdo con un primer grupo de realizaciones de la invención, se proporciona un método para proporcionar una conexión en sólidos porosos. 60

De acuerdo con el método del primer grupo, el método de refuerzo y/o revestimiento comprende las etapas de:

- proporcionar una abertura inicial en un material poroso;
- proporcionar un elemento de refuerzo y/o revestimiento termoplástico y una herramienta;

- colocar el refuerzo y/o el elemento de revestimiento en la abertura inicial, colocando la herramienta en contacto con una cara final del elemento de refuerzo y/o revestimiento y presionar la herramienta contra la cara final mientras se acopla energía en la herramienta y mientras una periferia de una interfase de licuefacción de la herramienta y el elemento de refuerzo y/o revestimiento está dentro de la abertura;
- licuando de esta forma el material termoplástico del elemento de refuerzo y/o revestimiento en la una o más interfases de licuefacción para obtener material licuado;
- hacer que porciones del material termoplástico licuado penetren en las estructuras del material poroso;
- dejar que el material termoplástico licuado se endurezca y de esta manera se convierta en material de refuerzo y/o revestimiento; y
- retirar la herramienta;
- en donde se cumple al menos una de las siguientes condiciones:
 - a. en al menos una profundidad axial, el elemento de refuerzo y/o revestimiento se segmenta en función del ángulo perimetral de forma que, a esta profundidad axial, la pared perimetral de la abertura inicial en las primeras regiones esté en contacto con el elemento de refuerzo y/o revestimiento y en segundas regiones no está en contacto con el elemento de refuerzo y/o revestimiento;
 - b. en al menos una profundidad axial de una abertura revestida resultante, el material de refuerzo y/o revestimiento queda segmentado en función del ángulo perimetral;
 - c. en una abertura revestida resultante, el material de refuerzo y/o revestimiento se proporciona en al menos dos regiones reforzadas axialmente separadas entre sí, en donde entre las dos regiones reforzadas hay una región no reforzada;
 - d. el elemento de refuerzo y/o revestimiento no tiene la simetría de un cilindro en rotación sino que es asimétrico con respecto a la rotación alrededor de cualquier eje;
 - e. la herramienta comprende al menos una hoja que sobresale radialmente, sobresaliendo más allá de una extensión exterior del elemento de refuerzo y/o revestimiento (y posiblemente sobresaliendo más allá de la pared perimetral de la abertura inicial practicada en el material poroso) y que confina el flujo del material termoplástico licuado a ciertos ángulos azimutales.

También con el primer grupo de realizaciones de la invención, se proporciona una unidad que comprende el elemento de refuerzo y/o revestimiento y la herramienta, pudiendo la herramienta llevar a cabo el método definido anteriormente.

En el presente texto, las realizaciones del primer grupo así como las del segundo grupo descrito a partir de ahora en el presente documento se denominan algunas veces como realizaciones del de refuerzo y/o revestimiento segmentados.

La abertura inicial puede ser un orificio perforado o punzado en el material poroso o puede haberse realizado en el material poroso en cualquier otra etapa de retirada de material. Como alternativa, la abertura inicial puede haber sido provista en una etapa de conformación del material, por ejemplo, durante la conformación del objeto que comprende el material poroso, por ejemplo, mediante colada, moldeo o cualquier otro proceso de conformación del material. De acuerdo con una posibilidad adicional, la abertura inicial puede realizarse mediante la herramienta energizada por vibraciones mecánicas, como se explica más detalladamente a continuación.

Después de retirar la herramienta, habrá una abertura revestida en el material poroso, en dicha abertura, un elemento de unión mecánico (como un tornillo) u otro elemento de unión, por ejemplo un contacto térmico y/o eléctrico, se puede anclar en una etapa posterior. La abertura revestida puede corresponder a la abertura inicial, con una posible ligera reducción en la sección transversal debido al material de refuerzo y/o revestimiento anclado a las paredes laterales de la abertura inicial. En realizaciones alternativas, etapas adicionales para modificar la abertura inicial pueden formar parte del método, de forma que la abertura revestida, al menos en ciertas profundidades axiales (especialmente en posiciones más proximales) tiene una sección transversal más grande que la abertura inicial. En muchas realizaciones, sin embargo, la abertura revestida no será sustancialmente más grande que la abertura inicial.

En los ejemplos, la herramienta comprende un eje de la herramienta y un ensanchamiento distal (pie) que forma un hombro orientado hacia la cara proximal. Una superficie orientada proximalmente del hombro se puede presionar contra una cara final distal del elemento de refuerzo y/o revestimiento extrayendo la herramienta en una dirección proximal y/o empujando el elemento de refuerzo contra una dirección distal mientras la energía se acopla hacia la herramienta. La interfase de licuefacción es entonces la interfase entre la cara final distal del elemento y la superficie

orientada proximalmente del ensanchamiento. En esta, el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede disponerse en la periferia del eje de la herramienta, y puede encajar en el eje de la herramienta al menos en parte. A continuación se puede utilizar contraelemento para ejercer una fuerza contraria mientras la herramienta se estira y/o se empuja el elemento de refuerzo y/o revestimiento hacia delante. Dicho contraelemento puede estar formado, por ejemplo, como un casquillo que también está encajado en el eje de la herramienta al menos en parte, o también puede tener otras formas, por ejemplo, la forma de una placa con un orificio pasante por el que pasa el eje de la herramienta.

En otros ejemplos del primer grupo, un elemento auxiliar que también sirve como contraelemento se utiliza para guiar el elemento de refuerzo y/o revestimiento y/o para ejercer una fuerza contraria. El elemento auxiliar puede comprender, por ejemplo, un eje de guiado y un ensanchamiento distal (pie) que forma un hombro orientado hacia la cara proximal de forma que una cara final distal del elemento de refuerzo y/o revestimiento se puede presionar contra el hombro cuando la herramienta se presiona contra la dirección distal.

En lo sucesivo, las realizaciones de la invención en las que, durante la licuefacción, una fuerza de tracción se acopla hacia la herramienta y una fuerza contraria dirigida hacia una dirección distal se acopla -por ejemplo, mediante un contraelemento- hacia el elemento de refuerzo y/o revestimiento a veces se denominan como configuraciones 'inversas', mientras que las configuraciones en las que la herramienta se empuja son configuraciones 'directas'.

En las configuraciones inversas (esto se refiere a todas las realizaciones), especialmente si la energía acoplada hacia la herramienta es energía mecánica de vibración, la herramienta puede comprender un cable y un elemento distal conectado al cable, formando el elemento distal una cara no de acoplamiento orientada proximalmente que puede interactuar con una cara de acoplamiento distal orientada distalmente del elemento de refuerzo y/o revestimiento. Dicha configuración posibilita reforzar y/o revestir un objeto también en situaciones donde sería difícil el acceso con herramientas rígidas, y son posibles desviaciones de energía mecánica. Análogamente, la energía de radiación también se puede desviar de esta manera, si el cable comprende o forma al menos un conductor de radiación flexible.

En la condición a., las segundas regiones son fundamentales. Por ejemplo, al menos 60°, o al menos 100° o incluso al menos 180° del perímetro global están constituidos por las segundas regiones. La condición a. implica que la superficie comprende, además de primeras regiones con material de refuerzo y/o revestimiento, también segundas regiones extendidas sin material de refuerzo y/o revestimiento.

En la condición a., de acuerdo con una opcional, la segmentación es tal que va esencialmente a lo largo de toda la longitud axial del elemento de refuerzo y/o revestimiento, es decir, hay ángulos perimetrales que no tienen material de refuerzo y/o revestimiento (o, donde no hay contacto entre la pared perimetral y el elemento de refuerzo y/o revestimiento) a lo largo de toda la longitud axial. Especialmente, el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede comprender segmentos que estén totalmente separados entre sí. Como alternativa, dichos segmentos pueden estar conectados mediante porciones de puente que los conectan por ejemplo en el extremo proximal y/o en el extremo distal. Se puede elegir que dichas porciones de puente no sean importantes, es decir, la cantidad de material en las porciones de puentes se puede seleccionar para que sean mucho menores que las del material entre las porciones de puente (por ejemplo menos del 5 % o menos del 3 % o 2 % de la cantidad total).

En la condición b. la distribución entre las regiones reforzadas y no reforzadas a lo largo del perímetro se determina según el método y los dispositivos utilizados, es decir, es sistemático. Esto significa que los dispositivos utilizados y/o el método utilizado se escoge de forma que la segmentación se logra de manera intencionada; en la mayoría de los casos (si las restricciones geométricas lo impidan) el operador puede alterar donde estarán las regiones reforzadas y no reforzadas seleccionando una orientación adecuada alrededor de un eje de inserción.

Un método que satisface la condición b. puede conseguirse, de acuerdo con una primera posibilidad, usando un elemento de refuerzo y/o revestimiento segmentado de acuerdo con la condición a. De acuerdo con una segunda posibilidad, la abertura inicial que se realiza antes de la etapa de hacer que el material de refuerzo y/o revestimiento licuado penetre en el material poroso, puede tener una geometría diferente de la geometría de la abertura revestida. La abertura inicial puede tener, por ejemplo una simetría diferente a la de la abertura revestida. La etapa de hacer que el material de refuerzo y/o revestimiento licuado penetre en el material poroso puede comprender a continuación hacer que el material licuado penetre dentro de las paredes laterales de la abertura inicial, de una manera segmentada o no segmentada. Posteriormente a esta etapa, se lleva a cabo una etapa adicional de eliminación de material (además de realizar la abertura inicial), por ejemplo, mediante perforación, en la que se retira material poroso con material de refuerzo y/o revestimiento, de forma que la abertura revestida satisface la condición b. Por ejemplo, el elemento de refuerzo y/o revestimiento y las herramientas utilizadas (tales como un sonotrodo y posiblemente un elemento de guiado para el elemento de refuerzo y/o revestimiento) pueden tener una simetría no circular concordante.

La abertura revestida resultante después del refuerzo puede por tanto, según una primera posibilidad, ser la abertura inicial del material poroso con el material de refuerzo y/o revestimiento adicionales en las regiones reforzadas. De acuerdo con una segunda posibilidad, que puede combinarse con la primera posibilidad, la abertura resultante se puede producir perforando dentro de la abertura inicial que tiene el material poroso provisto de material de refuerzo y/o revestimiento. Por ejemplo, la abertura inicial puede ser una que no tenga simetría rotacional con respecto a un eje de la abertura, y después del proceso de presionar el material de refuerzo y/o revestimiento al interior del material poroso,

se puede realizar una etapa de formación de una abertura adicional (por ejemplo, una etapa de perforación) de forma que el material poroso con el material de refuerzo y/o revestimiento se retire de ciertas regiones. La etapa de formación de una abertura adicional se puede llevar a cabo mediante una herramienta que haga orificios cilíndricos circulares, como un taladro.

5 La condición b. se puede conseguir, por ejemplo, bien mediante un sonotrodo segmentado, bien por eliminación de material de acuerdo con la segunda posibilidad anterior, o bien por otros medios tales como el uso de una pluralidad de elementos de refuerzo y/o revestimiento y antes de o después de conformar la abertura.

10 Para la condición c., el proceso de refuerzo y/o revestimiento, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente en el presente documento (con o sin segmentación) o a partir de ahora en el presente documento, se puede llevar a cabo a diferentes profundidades axiales. Como alternativa, se puede usar un elemento auxiliar que tenga una abertura accesible desde la cara proximal y con orificios de salida del material, en donde los orificios de salida del material definen las ubicaciones donde el material poroso se refuerza. Son posibles otras variantes.

15 La segmentación axial de acuerdo con la condición c. tiene la ventaja de que el proceso de refuerzo y/o revestimiento se puede adaptar a una carga específica o a condiciones de transferencia de carga específicas en el material y las propiedades locales específicas del material poroso.

20 De acuerdo con otra aplicación de la segmentación axial, se pueden usar dos regiones segmentadas axialmente separadas entre sí para acomodar un elemento de sellado, tal como una junta tórica entre las mismas. La separación axial de las regiones segmentadas se adapta a continuación a las dimensiones de la junta tórica; especialmente si es más pequeña que el diámetro de la junta tórica. De acuerdo con esta aplicación, especialmente, el diámetro de las secciones reforzadas y/o revestidas de la abertura es menor que el diámetro de la abertura inicial (y de las secciones no reforzadas y/o revestidas), es decir, una cantidad sustancial de material de refuerzo y/o revestimiento reviste el interior de la abertura después del proceso.

25 De acuerdo con otra aplicación adicional de la segmentación axial (o también de la segmentación perimetral) el material de refuerzo y/o revestimiento se selecciona para que sea eléctricamente conductor, por ejemplo, mediante el polímero al que se proporciona una carga adecuada. En esta, entonces, se pueden usar diferentes segmentos como diferentes contactos eléctricos eléctricamente aislados entre sí mediante secciones no reforzadas/revestidas o mediante secciones que están reforzadas/revestidas con un material eléctricamente aislante.

30 De acuerdo con la condición d., el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede tener especialmente una forma de contorno exterior (en una sección transversal perpendicular al eje) esencialmente triangular, rectangular, en forma de estrella, etc. (todo con esquinas redondeadas) etc. La segmentación perimetral (para satisfacer la condición b.) se puede conseguir mediante perforación posterior, de acuerdo con las realizaciones del segundo grupo descritas a partir de ahora en el presente documento, un orificio cilíndrico, teniendo el taladro un diámetro mayor que un diámetro exterior mínimo del elemento de refuerzo y/o revestimiento pero menor que un diámetro exterior mínimo del material reforzado.

35 En la condición e., el material de refuerzo y/o revestimiento obtiene una estructura cortada después del proceso debido a las hojas. La condición e. es especialmente favorable en las configuraciones inversas donde se estira de la herramienta durante el proceso de refuerzo y/o revestimiento.

40 Todas las condiciones a.-d. se pueden combinar entre sí, es decir ab, ac, ad, bc, bd, cd, abc, abd, acd, bcd y abcd. Además, son posibles las combinaciones de todas estas condiciones y sus combinaciones con la condición e, es decir ae, be, ce, de, abe, ace, ade, bce, bde, cde, abce, abde, acde, bcde y abcde.

45 De acuerdo con un segundo grupo, el método de refuerzo y/o revestimiento para reforzar el material poroso comprende las etapas de:

proporcionar al menos un elemento de refuerzo y/o revestimiento termoplástico;

50 Colocar el elemento de refuerzo y/o revestimiento en contacto con el material poroso y hacer que incida energía mecánica sobre el elemento de refuerzo y/o revestimiento para licuar al menos partes del elemento de refuerzo y/o revestimiento y hacer que porciones del material de refuerzo y/o revestimiento licuado del elemento de refuerzo y/o revestimiento penetren en el material poroso;

55 Dejar que las porciones del material de refuerzo y/o revestimiento licuado vuelvan a solidificarse;

60 Retirar una porción del material poroso y del material de refuerzo y/o revestimiento licuado solidificado de nuevo, de forma que se obtenga una abertura revestida, teniendo la abertura revestida porciones superficiales del material poroso con el material de refuerzo y/o revestimiento licuado solidificado de nuevo y teniendo porciones superficiales del material poroso sin el material de refuerzo y/o revestimiento licuado solidificado de nuevo.

La etapa de retirada se puede llevar a cabo mediante una herramienta que haga orificios cilíndricos circulares, como un taladro. También son posibles geometrías no cilíndricas con una herramienta de molturación o similar.

En un primer subgrupo de realizaciones, antes de la etapa de hacer que el material de refuerzo y/o revestimiento licuado penetre en el material poroso, se proporciona una abertura inicial de una geometría diferente de la geometría de la abertura revestida, teniendo por ejemplo la abertura inicial una simetría diferente a la de la abertura revestida. La etapa de hacer que el material de refuerzo y/o revestimiento licuado penetre en el material poroso puede comprender a continuación hacer que el material licuado penetre dentro de las paredes laterales de la abertura inicial. Por ejemplo, el elemento de refuerzo y/o revestimiento y las herramientas utilizadas (tales como un sonotrodo y posiblemente un elemento de guiado para el elemento de refuerzo y/o revestimiento) pueden tener una simetría no circular concordante.

La etapa siguiente de retirar una porción del material poroso y del material de refuerzo y/o revestimiento licuado solidificado de nuevo siguiente puede dividir el material de refuerzo y/o revestimiento en segmentos, quedando las porciones superficiales del material poroso sin el material de refuerzo y/o revestimiento licuado solidificado de nuevo entre los segmentos.

En un segundo subgrupo de realizaciones, puede hacerse que el elemento de refuerzo y/o revestimiento o una pluralidad de elementos de refuerzo y/o revestimiento quede anclado en el material poroso según un método descrito en el documento US 6.913.666 o el documento US 7.160.405. Por ejemplo, se puede usar una pluralidad de elementos de refuerzo y/o revestimiento esencialmente de tipo pasador. Los elementos de refuerzo y/o revestimiento se anclan en posiciones que son periféricas con respecto a la abertura revestida añadida en último lugar. Después de eso, se realiza la abertura revestida, siendo por ejemplo la abertura revestida de forma cilíndrica o cónica o teniendo una forma elíptica o cualquier otra forma.

En realizaciones del primer aspecto y/o segundo aspecto, la abertura inicial y/o la abertura final revestida pueden estar escalonadas, es decir su sección transversal puede variar en función de la profundidad, con una dependencia escalonada de la sección transversal respecto de la posición axial.

Las realizaciones del primer y/o segundo grupo pueden proporcionar, de forma alternativa o adicional a ser adecuadas para las aplicaciones anteriormente explicadas, la siguiente ventaja: Un refuerzo y/o revestimiento no segmentado con un elemento de refuerzo y/o revestimiento contiguo en forma de tubo produciría una distribución del material de refuerzo y/o revestimiento de tipo toroidal en el material poroso. Si posteriormente se atornilla un tornillo en la abertura inicial reforzada, el material soportará una resistencia sustancial, y esto puede producir un movimiento de torsión de la totalidad del anillo de material de refuerzo y/o revestimiento toroidal dentro del material poroso, produciendo daños en un material poroso quebradizo. A diferencia de esto, el material de refuerzo y/o revestimiento segmentado puede ceder en cierto grado debido a la elasticidad residual del material poroso, y esto facilitará el atornillado del tornillo, con la estabilidad adicional proporcionada de la que se puede beneficiar el material de refuerzo y/o revestimiento.

De acuerdo con un tercer grupo de realizaciones, se proporciona un método para reforzar un material poroso, comprendiendo dicho método reformar el material poroso después de insertar el tornillo u otro elemento de unión. Con este fin, tras la inserción del elemento de unión (por ejemplo convencionalmente, taladrando un orificio y posteriormente presionando o atornillando el elemento de unión dentro del orificio), al menos un elemento de refuerzo y/o revestimiento se ancla, con el impacto de energía, en el material poroso que está en contacto con el elemento de unión. El elemento de unión y el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede, de acuerdo con una primera posibilidad, comprender estructuras que se enclaven después del proceso -por ejemplo, uno del elemento de unión y el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede comprender material licuable y el otro puede comprender estructuras en las que puede penetrar el material licuado para crear una conexión de ajuste positivo. De acuerdo con una segunda posibilidad, el elemento de unión y el elemento de refuerzo y/o revestimiento comprenden, ambos, material termoplástico de manera que el elemento de refuerzo y/o revestimiento se puede soldar al elemento de unión.

En realizaciones de un cuarto grupo, el método de refuerzo y/o revestimiento comprende las etapas de:

- proporcionar una abertura inicial en el material poroso;
- proporcionar un elemento de refuerzo y/o revestimiento termoplástico (por ejemplo, que es una funda con una pared enfundada), y proporcionar además una herramienta (por ejemplo, un sonotrodo) y un elemento auxiliar;
- colocar el refuerzo y/o el elemento de revestimiento en la abertura inicial, el elemento de refuerzo y/o revestimiento que abarca al menos parcialmente una porción de guiado de la herramienta o del elemento auxiliar,
- acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta y desde la herramienta hacia el elemento de refuerzo y/o revestimiento mientras que una porción del elemento de refuerzo y/o revestimiento está dentro de la abertura y en contacto con el material poroso;

- licuar de esta forma el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento para obtener material licuado;
- hacer que porciones del material licuado penetren en estructuras del material poroso y/o en estructuras de un elemento conectado al material poroso;
- dejar que el material licuado se endurezca y de esta manera se convierta en material de refuerzo y/o revestimiento; y
- retirar la herramienta;
- en donde se cumple al menos una de las siguientes condiciones:

A. durante la etapa de acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta, un elemento de protección exterior abarca al menos parcialmente la herramienta y evita localmente que la herramienta entre en contacto con el material poroso;

B. el elemento de refuerzo y/o revestimiento tiene generalmente forma de funda y comprende al menos una indentación u orificio en una pared de la funda;

C. durante la etapa de acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta, en una región que sobresale telescópicamente, una porción de la herramienta abarca una porción del elemento auxiliar o una porción del elemento auxiliar abarca la herramienta, en donde la herramienta y/o el elemento auxiliar comprende/comprenden al menos una protuberancia orientada hacia el elemento auxiliar/herramienta, respectivamente, de forma que, en la región que sobresale telescópicamente, se evita el contacto entre la herramienta y el elemento auxiliar, salvo en la protuberancia/protuberancias;

D. durante la etapa de acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta, la herramienta se presiona hacia la dirección distal, y en donde la herramienta comprende un ensanchamiento distal formando una característica de saliente que impide un contacto entre la herramienta y el material poroso en ubicaciones próximas a la característica de saliente (es decir, el diámetro de la herramienta es, salvo por la característica de saliente, reducido en comparación con el diámetro de la abertura inicial);

E. antes de la etapa de acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta, el elemento de refuerzo y/o revestimiento se conecta a la herramienta mediante una conexión axial de ajuste positivo y, durante la etapa de acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta, el elemento auxiliar se presiona contra una dirección distal para activar la etapa de licuar el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento y para empujar porciones del material licuado lateralmente y al interior de las estructuras del material poroso.

Al menos son posibles las siguientes combinaciones de estas condiciones, y son realizaciones adicionales de la invención: AB, AC, ABC, BC, BD, BCD, CD, CDE, DE. Además, en configuraciones especiales, también son posibles BE, BCE y BCDE.

En estas, así como en el resto de realizaciones de la invención y como se explica adicionalmente a continuación en el siguiente documento, la energía se puede acoplar hacia la herramienta (y desde allí hacia el elemento de refuerzo y/o revestimiento) en la forma de vibraciones mecánicas. Si la energía es energía mecánica de vibración, la herramienta es, por tanto, un sonotrodo para acoplar las vibraciones mecánicas y/o el calor absorbido desde estas vibraciones dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento.

Como alternativa, la energía se puede acoplar hacia la herramienta mediante radiación (especialmente radiación láser) que es absorbida por el elemento de refuerzo y/o revestimiento. Como otra alternativa adicional, la energía puede ser energía mecánica diferente de la vibración mecánica, por ejemplo rotación. Como otra alternativa adicional más, la energía puede ser calor, por ejemplo, dirigido al elemento de refuerzo y/o revestimiento por conducción térmica y/o haciendo que una corriente eléctrica fluya a través del elemento de refuerzo y/o revestimiento si este último comprende material eléctricamente conductor con una resistencia eléctrica relativamente elevada.

En la condición A, el elemento de protección exterior puede ser una funda de un material adecuad y que tienen propiedades de superficie adecuadas para minimizar la fricción entre la herramienta y el elemento de protección. Especialmente, puede ser una funda fina, siendo el espesor del material meramente suficiente para que el elemento de protección sea dimensionalmente rígido. El elemento de protección evita que la herramienta entre en contacto con el material poroso de forma local, en el punto del elemento de protección. En otros lugares, el contacto directo entre la herramienta y el material poroso se puede producir dependiendo de la situación.

En la condición A, opcionalmente, el elemento de protección puede comprender una funcionalidad de roscado fresado.

En la condición B, el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede tener generalmente forma de funda pero con las indentaciones, orificios o similares siendo debilidades sistemáticas. Debido a estas debilidades -que se pueden

disponer como espacios adaptados a la finalidad del elemento de refuerzo y/o revestimiento y/o las propiedades dimensionales/geométricas del material poroso a reforzar- el material de refuerzo y/o revestimiento se puede licuar con menos impacto energético. El inicio de la licuefacción en función de la potencia que incide sobre el elemento de refuerzo y/o revestimiento ya está en su menor potencia, de forma que se necesita menos potencia para licuar. En realizaciones, las debilidades y ranuras que están inclinadas con respecto a una dirección radial. Las ranuras definen cuellos en el elemento material de refuerzo y/o revestimiento en los que la licuefacción se produce cuando incide la energía. Tras la licuefacción en los cuellos (u otros puntos débiles), el resto de las piezas se puede someter a un movimiento de cizallamiento a lo largo de la dirección definida por las ranuras. En realizaciones, las ranuras son tales que las porciones más proximales se presionan hacia afuera hacia la dirección distal.

En realizaciones, la superficie de la herramienta (por ejemplo el sonotrodo si la energía incide a través de vibraciones mecánicas) que está en contacto con el elemento de refuerzo y/o revestimiento y mediante el cual la energía mecánica se acopla dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento puede ser generalmente plana (radial, es decir perpendicular al eje proximodistal) o puede ser cónica o tener cualquier otra forma. Una combinación especialmente ventajosa es la combinación de un elemento de refuerzo y/o revestimiento que cumple la condición B. con una cara de contacto de la herramienta plana. Un motivo para esto es que el diseño y la manipulación de la herramienta es más sencilla cuando la superficie es plana, aunque las ventajas de las caras de contacto no planas (concretamente, directa, inicio dirigido de la licuefacción, desplazamiento del material licuado al interior del material poroso) se puede lograr también si se cumple la condición B.

En la condición C, en la región que sobresale telescópicamente (donde la herramienta y el elemento auxiliar están en contacto deslizante), la herramienta puede comprender proyecciones internas, tales como (aristas axiales y/o perimetrales), esferas, etc. De forma adicional o alternativa, el elemento auxiliar puede comprender los correspondientes salientes hacia afuera. Debido a estos salientes, permanece un volumen (volumen tampón) entre la herramienta y el elemento auxiliar de forma que, con la excepción de los salientes, no se toquen entre sí. Esto reduce la pérdida de energía, ruido (si la energía es energía mecánica, por ejemplo, energía de vibración) y calor, especialmente generado por fricción, y aumenta por tanto la eficacia del proceso. Los salientes pueden ser tales que el material licuado no penetre en el volumen tampón. Esto puede garantizar por ejemplo que cualquier hueco remanente entre la herramienta y el elemento auxiliar en la interfase con el elemento de refuerzo y/o revestimiento es lo suficientemente pequeño para que la tensión superficial y el flujo de calor inducido por la inactivación del polímero impida que el material licuado entre en dicho hueco. De forma típica, el límite superior para el tamaño del hueco es de 0,05 a 0,1 mm para un polímero de baja viscosidad en estado fundido (por ejemplo, poliéster alifático amorfo, polímero de cristal líquido) o de hasta 0,2 mm para un polímero con una viscosidad en estado fundido más alta (por ejemplo, polipropileno de peso molecular superior). La anchura de hueco óptima se puede determinar en experimentos sencillos de variación de tamaños.

A partir de lo anterior, resulta que frecuentemente es ventajoso si el hueco es menor de 0,2 mm para que la tensión superficial impida que el material licuado entre en dicho hueco.

Especialmente, en una realización, la herramienta comprende una arista perimetral distal que sobresale hacia dentro. En otra realización, la herramienta y/o el elemento auxiliar comprenden una pluralidad de aristas axiales o una pluralidad de microsaliientes que pueden tener forma de calota, cónica, o tener otras formas, incluidas formas idénticas y diferentes.

En la condición D, la herramienta comprende, de forma adicional o alternativa a los salientes definidos mediante la condición C, al menos un saliente hacia fuera que evita que el cuerpo de la herramienta entren en contacto directo con el material poroso. Especialmente, dicho saliente hacia fuera puede estar situado esencialmente en el extremo distal de la herramienta y en la interfase con el elemento auxiliar para evitar, de esta forma, que el material licuado vuelva a fluir a lo largo del material poroso en lugar de presionarse en el interior del material poroso.

Como en otras realizaciones, el rasgo de la condición D se puede combinar con una superficie de herramienta distal inclinada.

En la condición E, la conexión de ajuste positivo puede proporcionarse, por ejemplo, mediante un roscado exterior de la herramienta o mediante indentaciones que discurren perimetralmente sobre las que el material de refuerzo y/o revestimiento se coló durante el proceso de fabricación. Cuando se procede de acuerdo con la condición E., el operador puede avanzar el elemento auxiliar hacia la dirección distal, aunque la herramienta se mantiene quieta, ligeramente retraída hacia la dirección proximal, o se desliza lentamente en la dirección distal también (más lentamente que el elemento auxiliar).

La condición E presenta la primera ventaja de que, debido a la configuración de la herramienta central y del elemento auxiliar perimetral, hay solamente un contacto mínimo entre la herramienta y el material poroso que rodea la abertura inicial. Presenta la ventaja adicional de que el elemento de refuerzo y/o revestimiento está acoplado a la herramienta. Por tanto, si la energía es energía mecánica, el elemento de refuerzo y/o revestimiento está sometido al movimiento completo (vibratorio, rotacional)- a diferencia de configuraciones donde la herramienta por ejemplo 'martillea' sobre el elemento de refuerzo y/o revestimiento. Esto consigue una reducción adicional del ruido causado, así como de la

energía necesaria para la licuefacción. También, en realizaciones donde la energía no es energía mecánica sino, por ejemplo, energía de radiación o calor, este contacto directo puede ser ventajoso, especialmente para optimizar la transferencia de energía deseada hacia el elemento de refuerzo y/o revestimiento.

De forma adicional o alternativa, se pueden tomar otras medidas para reducir el ruido. A modo de ejemplo, el material del sonotrodo y/o el elemento auxiliar se puede seleccionar de manera que puede que no forme un cuerpo resonante sino que -dadas las frecuencias y dimensiones elegidas-, se considere un cuerpo esencialmente rígido. Un ejemplo de dicho material es PEEK en lugar de un metal. Otros ejemplos incluyen polímeros de temperatura de fusión aún mayor tales como politetrafluoroetileno (PTFE), poliimidas, etc.

De acuerdo con un quinto grupo adicional de realizaciones, se proporciona un método para reforzar un material poroso, comprendiendo el método las etapas de:

- proporcionar una herramienta o contraelemento, comprendiendo la herramienta o contraelemento un extremo distal con una punta perforadora y/o un borde cortante;
- proporcionar un elemento de refuerzo y/o revestimiento termoplástico;
- colocar la herramienta o contraelemento con el extremo distal en contacto con el material poroso y presionar el instrumento o el contraelemento contra el material poroso para forzar la herramienta o el contraelemento dentro del material poroso;
- colocar el elemento de refuerzo y/o revestimiento en contacto con una cara de la herramienta o contraelemento, la cara orientada hacia la cara proximal,
- sujetar la herramienta o contraelemento hacia una dirección proximal contra el elemento de refuerzo y/o revestimiento mientras que la energía se acopla dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento;
- licuar de esta forma el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento para obtener material licuado;
- hacer que porciones del material licuado penetren en las estructuras del material poroso;
- dejar que el material licuado se endurezca y de esta manera se convierta en material de refuerzo y/o revestimiento;
- retirar el instrumento.

En estas, durante la etapa de presionar una herramienta o contraelemento contra el material poroso, simultáneamente, la energía mecánica se puede acoplar hacia la herramienta o el contraelemento, respectivamente.

En un primer subgrupo de realizaciones, el instrumento (herramienta o contraelemento) con el extremo distal que tiene una punta perforadora y/o borde cortante es una herramienta que, en la etapa de acoplar energía hacia el elemento de refuerzo y/o revestimiento sirve como herramienta para acoplar la energía dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento (es decir la energía se acopla hacia la herramienta y desde allí al elemento de refuerzo y/o revestimiento). El método puede comprender a continuación las etapas de:

- proporcionar una herramienta, comprendiendo la herramienta un extremo distal con una punta perforadora y/o un borde cortante;
- proporcionar un elemento de refuerzo y/o revestimiento termoplástico;
- colocar la herramienta con el extremo distal en contacto con el material poroso y acoplar energía mecánica hacia la herramienta y presionar la herramienta contra el material poroso para forzar la herramienta dentro del material poroso;
- colocar el elemento de refuerzo y/o revestimiento en contacto con una cara de la herramienta, la cara orientada hacia la cara proximal,
- estirar de la herramienta hacia una dirección proximal contra el elemento de refuerzo y/o revestimiento mientras la energía mecánica se acopla a la herramienta y mientras una periferia de una interfaz de licuefacción de la herramienta y el elemento de refuerzo y/o revestimiento está en contacto con (es decir, adyacente a) el material poroso;
- licuar de esta forma el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento en la una o más interfases de licuefacción para obtener material licuado;

- hacer que porciones del material licuado penetren en las estructuras del material poroso;
- dejar que el material licuado se endurezca y de esta manera se convierta en material de refuerzo y/o revestimiento;
- y
- retirar la herramienta.

Por lo tanto, de acuerdo con estas realizaciones del quinto grupo, la herramienta tiene dos finalidades: se utiliza en primer lugar para practicar o agrandar la abertura inicial. Después, la herramienta también se utiliza como fuente de energía/transmisor de energía.

Para la etapa de forzar y para la etapa de refuerzo y/o revestimiento (la etapa en la que la herramienta se sujeta contra el elemento de refuerzo y/o revestimiento mientras que la energía se acopla en la herramienta para licuar al menos partes del elemento de refuerzo y/o revestimiento), la herramienta de vibración se acopla a una fuente de vibración, en particular a una fuente de vibración ultrasónica (por ejemplo, un generador de vibración piezoeléctrico que posiblemente comprende un reforzador con el que se acopla la herramienta) y la herramienta es adecuada para transmitir la vibración desde el extremo proximal de la herramienta hasta el extremo distal de la herramienta. Esto se puede hacer de manera que una cara de la herramienta -que está orientada hacia la cara proximal y en contacto con el elemento de refuerzo y/o revestimiento forma la interfase de licuefacción- vibra con una amplitud longitudinal máxima. También es posible activar la herramienta para que vibre en una dirección radial o rotacional.

Para la etapa de refuerzo y/o revestimiento, es preferible trabajar con una salida sustancialmente constante de potencia vibratoria, es decir con una vibración (vibración base) de frecuencia y amplitud sustancialmente constantes, en donde la frecuencia está por encima del denominado intervalo de frecuencia (preferentemente entre 2 y 200 kHz, entre 10 y 100 kHz o entre 20 y 40 kHz) y es una frecuencia de resonancia del sistema vibratorio, y en donde la amplitud está en el intervalo de 10 a 50 µm, preferentemente 20-40 µm.

Para la etapa de forzado, en particular cuando el material poroso es duro y proporciona una resistencia relativamente elevada, son preferibles modos de vibración conocidos, por ejemplo, corte o punzonado asistidos por vibración. Dichos modos de vibración habitualmente comprenden pulsos de mayor amplitud y posiblemente perfiles más agudos (por ejemplo, perfil rectangular o impulso de Dirac) y, por ejemplo, se proporcionan modulando la amplitud de la vibración base a, por ejemplo, formando pulsos de mayor amplitud y preferentemente también afilando la forma de onda de entrada en comparación con la vibración base y en coincidencia con la frecuencia de resonancia del sistema. Los pulsos así creados pueden comprender uno o varios ciclos de onda de la vibración base cada uno, y pueden ser periódicos con una frecuencia de modulación preferentemente en el intervalo de 0,5-5 kHz o se pueden generar aleatoriamente (en amplitud y frecuencia de modulación) pero, en cualquier caso, en fase con la frecuencia de resonancia del sistema. Un medio de producir pulsos de aparición aleatoria se describe, por ejemplo, en la publicación US 7.172.420. En ella, la mayor amplitud de los pulsos es preferentemente mayor que la amplitud de la vibración base en un factor comprendido entre 2 y 10.

Como alternativa, dichos pulsos se pueden conseguir solapando la vibración base o sustituyéndola por un pulso de excitación generado mediante un generador de impulsos mecánico (por ejemplo, que comprende una masa o martillo desequilibrada accionada de forma rotatoria). En ella, la mayor amplitud de los pulsos es, preferentemente de nuevo, mayor que la amplitud de la vibración base en un factor comprendido entre 2 y 10 y la frecuencia de los pulsos que puede ser regular en la región de 20 a 200 Hz y en particular menor que la frecuencia de resonancia más baja del sistema vibratorio (por ejemplo, vibración flexural indeseada del sonotrodo). Las frecuencias de pulso bajas son especialmente importantes si la licuefacción del material durante la etapa de forzado es posible pero debe prevenirse lo mejor posible.

Si, como se ha descrito anteriormente, se van a usar dos modos de vibración diferentes usados en la etapa de forzado y de anclado, la fuente de vibración a la que se acopla la herramienta de vibración durante las dos etapas debe estar equipada para producir selectivamente los dos modos de vibración y un medio de cambio para cambiar la fuente de vibración de un modo de vibración al otro. Como alternativa, se pueden usar dos fuentes de vibración diferentes.

En un segundo subgrupo de realizaciones, el instrumento (herramienta o contraelemento) es un contraelemento, y en la etapa de acoplar energía hacia el elemento de refuerzo y/o revestimiento, se utiliza una herramienta independiente que actúa, por ejemplo, desde la cara proximal. Si la energía acoplada hacia el elemento el elemento de refuerzo y/o revestimiento, el sonotrodo puede ser un sonotrodo de anillo.

También en realizaciones del segundo subgrupo de realizaciones, en la etapa de presionar una herramienta o contraelemento contra el material poroso, la energía mecánica se puede acoplar hacia el contraelemento, por ejemplo energía de vibración. La energía acoplada hacia el elemento de refuerzo y/o revestimiento mediante la herramienta en la etapa posterior puede después bien ser energía mecánica, por ejemplo energía de vibración (en cuyo caso, opcionalmente, la fuente de energía se puede reasignar entre las etapas) o como alternativa puede ser otro tipo de energía, por ejemplo, energía de radiación o térmica.

Como alternativa, la etapa de forzar el contraelemento dentro del material poroso se puede llevar a cabo manualmente sin ninguna fuente de energía adicional.

La divulgación también se refiere a un kit de piezas para llevar a cabo el método de acuerdo con las realizaciones del quinto grupo, comprendiendo el kit la herramienta, el elemento de refuerzo y/o revestimiento y posiblemente un contraelemento.

De acuerdo con una realización de la invención, se proporciona un método para reforzar y/o revestir un objeto que comprende material poroso, comprendiendo el método las etapas de:

- proporcionar una abertura inicial en el material poroso;
- proporcionar un elemento de refuerzo y/o revestimiento termoplástico y una herramienta;
- colocar el refuerzo y/o el elemento de revestimiento en la abertura inicial, colocar la herramienta en contacto con una cara del elemento de refuerzo y/o revestimiento y presionar la herramienta contra la cara mientras se acopla energía en la herramienta y mientras una periferia de una interfase de licuefacción de la herramienta y el elemento de refuerzo y/o revestimiento está dentro de la abertura;
- licuar de esta forma el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento en la una o más interfases de licuefacción para obtener material licuado, producir un movimiento relativo de la herramienta con respecto al elemento de refuerzo y/o revestimiento, y hacer que porciones del material licuado penetren en las estructuras del material poroso;
- dejar que el material licuado se endurezca y de esta manera se convierta en material de refuerzo y/o revestimiento; y
- retirar la herramienta,
- en donde, en la interfase de licuefacción, una sección transversal completa del elemento de refuerzo y/o revestimiento se licua.

Con este fin, por ejemplo, un diámetro exterior de la herramienta (al menos en la región de la interfase de licuefacción, así, en las configuraciones inversas, el diámetro exterior del ensanchamiento distal) se puede seleccionar para que se corresponda aproximadamente con el diámetro interno de la abertura inicial (por ejemplo, es igual o menor como máximo en un 10 % o como máximo un 5 % o como máximo un 3 %) y/o ser (aproximadamente) igual o mayor al diámetro exterior del elemento de refuerzo y/o revestimiento (por ejemplo correspondiendo al mismo, o es mayor, o es menor como máximo en un 7 %, como máximo un 4 % o como máximo un 2 %). Especialmente, el método se puede llevar a cabo de forma que ninguna porción del elemento de refuerzo y/o revestimiento que no se haya licuado en la una o más interfases de licuefacción siga en el objeto o conectada al mismo tras retirar la herramienta.

El concepto de que toda la sección transversal del elemento de refuerzo y/o revestimiento quede licuado en la una o más interfases de licuefacción implica que el elemento de refuerzo y/o revestimiento es un elemento consumible -él- o al menos un una sección axial de él - se usa para licuarse y desplazarse completa o al menos parcialmente mediante la herramienta. Cuando se impone un movimiento relativo sobre la herramienta y el elemento de refuerzo y/o revestimiento (estirando de la herramienta hacia atrás y/o empujando el elemento de refuerzo y/o revestimiento hacia delante), las porciones no licuadas del elemento de refuerzo y/o revestimiento se vuelven en consecuencia más cortas hasta que bien la totalidad del elemento de refuerzo y/o revestimiento se consume (y un elemento de refuerzo y/o revestimiento adicional se puede alimentar al conjunto) o bien, se elimina la porción remanente no licuada del elemento de refuerzo y/o revestimiento consumible.

En otras palabras, al menos una porción (distal o proximal) del elemento de refuerzo y/o revestimiento continuamente, en la totalidad de su sección transversal (sección transversal en un ángulo, en la mayoría de los casos, perpendicular al eje del movimiento), se está licuando desde la interfase de licuefacción inicial; correspondiendo la extensión axial de la porción consumida del elemento de refuerzo y/o revestimiento al movimiento relativo entre la herramienta y el elemento tras iniciar la licuefacción.

De acuerdo con realizaciones de la invención, se usa un dispositivo para desviar las oscilaciones mecánicas que hacen que el sonotrodo oscile.

También se proporciona un kit de partes/una unidad para llevar a cabo el método. Los kits de partes comprenden la herramienta, el elemento de refuerzo y/o revestimiento y (si se usa en el método) el elemento auxiliar, teniendo estos artículos propiedades descritas anterior y posteriormente en el presente documento en referencia a las respectivas realizaciones del método.

Es fácilmente posible combinar rasgos y realizaciones de diferentes grupos entre sí. Especialmente, las realizaciones

del cuarto grupo están ventajosamente provistas con rasgos/condiciones que caracterizan el primer, segundo y tercer grupos y viceversa. El primer grupo también combina bien con el segundo grupo, y en realizaciones, el método de acuerdo con el tercer grupo se puede aplicar además de (y posteriormente a) el primer y el segundo grupo.

5 Todos los grupos 1-4 se pueden combinar con el quinto grupo.

Todos los grupos 1, 2, 4 y 5 pueden ser realizaciones de la invención, especialmente al utilizarse en el método de acuerdo con la invención para reforzar y/o revestir.

10 Para todas las realizaciones de la invención, la etapa de refuerzo y/o revestimiento puede ir seguida de una etapa posterior de insertar el elemento de unión.

El elemento de unión puede por ejemplo, de acuerdo con una primera opcional, ser/comprender un tornillo que tiene un roscado exterior. El roscado puede ser autocortante, o previamente, se puede usar una rosca de corte. El roscado encaja con estructuras correspondientes del material poroso reforzado.

De acuerdo con una segunda opción, se puede usar energía mecánica de vibración o calor para anclar el elemento de unión en la abertura reforzada y/o revestida. Con este fin, de acuerdo con una primera posibilidad, el elemento de unión puede comprender material termoplástico soldable al material de refuerzo y/o revestimiento. De acuerdo con una segunda posibilidad, el elemento de unión puede comprender un material que no se licua cuando se lleva a una temperatura a la que el material de refuerzo y/o revestimiento es líquido, y estructura con poros, aberturas o similares que pueden formar una conexión de ajuste positivo con el material de refuerzo y/o revestimiento. La primera y la segunda posibilidad se pueden combinar entre sí. También es posible combinar la primera y la segunda opción, por ejemplo usando un tornillo metálico con una superficie porosa como elemento de unión, por lo cual, el revestimiento termoplástico y/o el elemento de revestimiento pueden penetrar en los poros cuando el tornillo se inserta caliente, de forma que, cuando el tornillo se enfría, queda fijado en una conexión de ajuste positivo.

Además, el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede estar provisto de una estructura de bloqueo para impedir al menos un grado de libertad de movimiento del elemento introducido en relación con el objeto con la abertura reforzada y/o revestida. Por ejemplo, la estructura de bloqueo puede comprender una ranura axial en la que puede encajar un saliente correspondiente del elemento -para fijar rotacionalmente el elemento en relación al objeto (en esto, el elemento puede ser, por ejemplo, un eje montado en el objeto)-. De forma adicional o de acuerdo con una alternativa, la estructura puede comprender una ranura perimetral, en la que puede encajar una arandela de retención para fijar axialmente esta última. Existen otros ejemplos de este tipo de estructuras, incluidas indentaciones sin simetría alguna.

Dichas estructuras de bloqueo puede, de acuerdo con una opción, realizarse durante el proceso de refuerzo y/o revestimiento. Por ejemplo, en realizaciones donde el diámetro de la abertura reforzada y/o revestida es menor que el diámetro de la abertura inicial (es decir, las paredes de la abertura están revestidas con una cantidad sustancial de material de refuerzo y/o revestimiento), se puede realizar una ranura axial mediante un saliente radial de la herramienta de forma que el movimiento axial haga que una ranura axial de una sección transversal definida por la forma del saliente. Las indentaciones que no se extienden a lo largo de toda la longitud axial del refuerzo y/o revestimiento se pueden realizar mediante al menos un saliente extensible. Por ejemplo, se puede realizar una ranura perimetral mediante un refuerzo y/o revestimiento segmentado axialmente.

De acuerdo con otra opción, que se puede combinar con la opción de fabricar dicha estructura de bloqueo durante el proceso, es usar un elemento de refuerzo y/o revestimiento prefabricado correspondiente. Con este fin, es también posible tener un elemento de refuerzo y/o revestimiento híbrido, es decir un elemento de refuerzo y/o revestimiento que no consiste de material termoplástico sino que incluye segmentos en los que el material termoplástico de refuerzo y/o revestimiento se refuerza mediante un material no licuable (es decir no licuable en las condiciones que licuan el material termoplástico de refuerzo y/o revestimiento). La forma de este refuerzo se selecciona a continuación de forma que no impida el movimiento de la herramienta durante y después del proceso de refuerzo y/o revestimiento.

También se pueden usar otros tipos de elementos de unión, por ejemplo, clavijas convencionales, pasadores, etc.

55 La invención de acuerdo con todas sus realizaciones anteriormente mencionadas se puede usar, por ejemplo, para las siguientes aplicaciones o combinaciones de las mismas:

- refuerzo mecánico de material poroso y/o conexiones mecánicas reforzadas entre dicho material poroso y un material y un elemento de unión anclado al anterior.
- Posibilitar el contacto del material poroso (eléctricamente no conductor) para conducir cargas eléctricas hasta y desde el material, por ejemplo, en catalizadores, células de combustible, etc.; esto incluye el contacto selectivo con contactos eléctricos eléctricamente aislados entre sí, como se ha descrito anteriormente en el presente documento;
- Posibilitar el contacto del material poroso para conducir el calor hasta y desde el material, intercambiador de calor,

elemento de enfriamiento, etc.

Una clase especialmente interesante de materiales porosos para los que se aplica el método son las espumas, por ejemplo, espumas cerámicas.

5 Aplicaciones adicionales incluyen el anclaje de un casquillo en un elemento de construcción ligero u otro material compuesto con porciones de diferentes resistencias mecánicas. En este tipo de elementos, en la transición entre los materiales más duros y más blandos, el material de refuerzo y/o revestimiento puede formar, por ejemplo, un bulto bajo el material más duro, lo que proporciona un efecto de anclado adicional, análogamente a un remache. Otras
10 aplicaciones adicionales incluyen llevar casquillos o manguitos, para conectar tubos con un intercambiador de calor que puede comprender, por ejemplo, aletas de aluminio.

Otra aplicación adicional de los métodos de acuerdo con las realizaciones de la invención es la provisión de un alimento mediante el cual se realiza un sellado instantáneo contra el interior del material poroso.

15 En todas las realizaciones, la energía que se utiliza para licuar al menos partes del material termoplástico puede ser energía mecánica. Un ejemplo de una forma de energía especialmente adecuada es la vibración mecánica (o, análogamente, oscilación).

20 La vibración u oscilación mecánica adecuada para los dispositivos y métodos de acuerdo con las realizaciones de la invención que incluyen la licuefacción de un polímero por calor de fricción creado mediante la vibración mecánica tiene preferentemente una frecuencia entre 2 y 200 kHz (incluso más preferentemente entre 10 y 100 kHz o entre 20 y 40 kHz) y una energía de vibración de 0,2 a 20 W por milímetro cuadrado de superficie activa. El elemento de vibración (herramienta, por ejemplo sonotrodo), por ejemplo, está diseñado de tal forma que su cara de contacto oscila
25 predominantemente en la dirección del eje del elemento (vibración longitudinal) y con una amplitud comprendida entre 1 y 100 µm, preferentemente alrededor de 10 a 30 µm. También son posibles oscilaciones rotatorias o radiales.

Para realizaciones específicas de dispositivos, también es posible usar, en lugar de vibración mecánica, un movimiento de rotación para crear el calor de fricción citado necesario para licuar el material de anclaje. Dicho movimiento de
30 rotación tiene preferentemente una velocidad en el intervalo de 10.000 a 100.000 rpm.

Una forma adicional de producir la energía térmica para la licuefacción deseada comprende acoplar radiación electromagnética en el elemento de refuerzo y/o revestimiento y/o en un elemento en una proximidad del mismo en un contacto conductor de calor directa o indirectamente con el elemento de refuerzo y/o revestimiento. Especialmente,
35 se puede usar con este fin un conductor de la luz. El conductor de la luz puede ser, por ejemplo, una herramienta conductora de luz transparente en forma de tubo, por ejemplo, un cilindro hueco de vidrio o de otro material (por ejemplo, plástico) que sea transparente y tenga un índice de refracción suficiente para la radiación utilizada (por ejemplo, radiación láser visible o infrarroja).

40 En estas, la absorción preferentemente se produce dentro del material de refuerzo y/o revestimiento a licuar o en la inmediata proximidad del mismo. Dependiendo de los requisitos y de la configuración, la radiación anterior se puede absorber en diferentes sitios:

a. de acuerdo con una primera variante, el extremo distal de la herramienta puede estar provisto de un
45 revestimiento o superficie absorbente de manera que el extremo distal de la herramienta -que se interrelaciona con el elemento de refuerzo y/o revestimiento- se calienta, de forma que el calor generado hace que el elemento de refuerzo y/o revestimiento se licue en la interfase con la herramienta.

b. de acuerdo con una segunda variante, el elemento de refuerzo y/o revestimiento es tal que absorbe al menos
50 parcialmente la radiación. Si el elemento de refuerzo y/o revestimiento absorbe fuertemente la radiación (por ejemplo, teniendo una elevada concentración de pigmento o de otro absorbente o en el que el propio polímero absorbe la radiación), la absorción se producirá principalmente en la interfase con la herramienta. En el caso de una absorción más débil (si por ejemplo el elemento de refuerzo y/o revestimiento tiene una composición polimérica que es transparente para la radiación y una baja concentración de pigmentos absorbentes), entonces, la absorción
55 se distribuirá a través de al menos una parte de la longitud del elemento de refuerzo y/o revestimiento. Entonces, la tendencia será que, una vez que la radiación se establece, pasa cierto tiempo pasa hasta que comienza la licuefacción, pero después, una parte sustancial del material quedará ablandada. Para aplicaciones especiales, es posible tener una distribución predeterminada del pigmento absorbente en el elemento de refuerzo y/o revestimiento.

60 En lugar de un pigmento o un polímero absorbente o además de los anteriores, la absorción se puede producir por al menos una de rugosidad superficial, cargas de tamaño micrométrico o nanométrico como perlas de vidrio, sílice pirógena, carbonato de calcio, fibras de vidrio, los nanotubos, grafito, etc.)

65 c. De acuerdo con una tercera variante, el elemento de refuerzo y/o revestimiento es también transparente, y el contraelemento comprende una superficie absorbente, de forma que la radiación se absorbe principalmente en la interfase entre el contraelemento y el elemento de refuerzo y/o revestimiento. En esta variante, la etapa de acoplar

energía al elemento de refuerzo y/o revestimiento y aplicar simultáneamente una fuerza frecuentemente comprende hacer avanzar el contraelemento en la dirección proximal mientras que la herramienta puede por ejemplo mantenerse quieta.

- 5 En lugar de proporcionar la herramienta en forma de un conductor de radiación, o además de lo anterior, es también posible incluir un láser en miniatura (tal como un diodo láser una disposición de diodos láser) directamente en la herramienta.

10 Como alternativa adicional para proporcionar la herramienta en forma de un cilindro para guiado de la radiación, la herramienta puede comprender cualquier otra disposición de direccionamiento de la radiación. Esto incluye la posibilidad de dirigir la radiación hacia un pie distal y hacer que este incida sobre el elemento de refuerzo y/o revestimiento desde el lado distal en una configuración "inversa". Para el fin de direccionamiento de la radiación, la herramienta puede comprender un medio adecuado tal como conductores de fibra óptica para radiación integrados, caras de espejo, etc.

15 Preferentemente, se utiliza radiación electromagnética en el intervalo de frecuencias del visible o del infrarrojo, en donde la fuente de radiación preferida es el correspondiente láser.

20 En realizaciones específicas que comprenden la radiación como fuente de energía, los parámetros y combinaciones de materiales pueden ser parámetros y combinaciones de materiales conocidas de la soldadura de materiales termoplásticos con láser. Otras realizaciones pueden utilizar parámetros/materiales conocidos de métodos para unir entre sí o para unir a superficies termoplásticas de madera o materiales compuestos de madera u otros materiales porosos, posiblemente con la ayuda de un material termoplástico. Los ejemplos de enseñanzas incluyen las enseñanzas de los documentos US 2003/0159294 (Whittenbury), US 7.727.658 (Enjoji *et al.*), US 2005/0042456 (Krause *et al.*), US 2002/0056707 (Pinho *et al.*) o US 8.314.359 (Bovatssek *et al.*, que se refieren a pulsos ultracortos). También las siguientes fuentes proporcionan información útil:

- Dirk Herzog, "Laserdurchstrahlschweissen von Holzwerkstoffen und thermoplastischen Polymeren", Dissertation Gottfried Leibnitz Universität Hannover, 2008 (que se refieren a la soldadura mediante haz de láser; especialmente las páginas 7-12, las páginas 14 y siguientes para combinaciones de materiales; el capítulo 2.6.3 página 33 (selección del láser); páginas 50 y siguientes, 65, 75 y siguientes.
- Leo-Alexander von Busse, "Laserdurchstrahlschweissen von Thermoplasten: Werkstoffeinflüsse und Wege zur optimierten Prozessführung" Dissertation Universität Hannover, 2005, publicada con el número ISBN 3-936888-90-6, (especialmente el capítulo 7 para la relevancia de la modificación del polímero)
- Jorn-Eric Schulz, "Werkstoff-, Prozess- und Bauteiluntersuchungen zum Laserdurchstrahlschweissen von Kunststoffen", Dissertation Rheinisch-Westfälische technische Hochschule Aachen, 2002/2003, especialmente el capítulo 4.

40 De acuerdo con una alternativa más adicional, la energía se puede suministrar al sistema mediante el calentamiento eléctrico de una de las partes del dispositivo.

45 A. De acuerdo con una primera posibilidad, la herramienta puede comprender una resistencia de calentamiento en inmediata proximidad al elemento de refuerzo y/o revestimiento, por ejemplo directamente en la interfase. (o bien, la propia resistencia de calentamiento puede estar a cierta distancia de la interfase, y la herramienta comprende un conductor térmico desde la resistencia de calentamiento hasta la interfase.

50 B. De acuerdo con una segunda posibilidad, la herramienta puede comprender un electrodo en la interfase con el elemento de refuerzo y/o revestimiento, el elemento de refuerzo y/o revestimiento es mal conductor eléctrico y algún otro elemento -por ejemplo el contraelemento/elemento auxiliar o, si está disponible, un elemento de funda protectora u otro- comprende un electrodo adicional de manera que la electricidad se conduce a través del elemento de refuerzo y/o revestimiento y por lo tanto calienta este último. La disposición de los electrodos en esto puede afectar a la ubicación del calentamiento primario.

55 En este texto, la expresión "material termoplástico que se licua por ejemplo, por vibración mecánica" o abreviadamente "material termoplástico licuables" o "material licuable" o "material termoplástico" se utiliza para describir un material que comprende al menos un componente termoplástico, donde el material se vuelve líquido o fluido cuando se calienta, en particular, cuando se calienta por fricción, es decir, cuando se dispone en una de un par de superficies (caras de contacto) que están en contacto entre sí y se mueven vibratoria o rotacionalmente una con respecto a otra, en donde la frecuencia de vibración está comprendida entre 2 kHz y 200 kHz, preferentemente de 20 a 40 kHz y la amplitud comprendida entre 1 µm y 100 µm, preferentemente alrededor de 10 a 30 µm. Dichas vibraciones se producen, por ejemplo, mediante dispositivos ultrasónicos como por ejemplo, los conocidos para soldadura ultrasónica. Para poder constituir una conexión portante de carga con el material poroso, el material tiene un coeficiente de elasticidad superior a 0,5 GPa, preferentemente superior a 1 GPa. (Los valores de las propiedades del material mencionados en este texto generalmente se refieren a la temperatura ambiente (23 °C) salvo que se citen las temperaturas o se definan de otro modo en este texto).

Las realizaciones específicas de los materiales son: Polietercetona (PEEK), Polietirimida, una poliamida, por ejemplo Poliamida 12, Poliamida 11, Poliamida 6 o Poliamida 66, Polimetilmetacrilato (PMMA), Polioximetileno o policarbonatouretano, un policarbonato o poliéster carbonato, o también un Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), un Acriléster-Estírol-Acrinitrilo (ASA), Estireno-acrilonitrilo, cloruro de polivinilo, polietileno, polipropileno y poliestireno, o copolímeros o mezclas de los mismos.

Además del polímero termoplástico, el material termoplástico también puede comprender una carga adecuada, por ejemplo, fibras de refuerzo, tales como fibras de vidrio y/o de carbono. Las fibras pueden ser fibras cortas, fibras largas o fibras continuas.

El material de fibra (de haberlo) puede ser cualquier material conocido para refuerzo de fibra, especialmente carbono, vidrio, Kevlar, cerámica, por ejemplo, mulita, carburo de silicio o nitruro de silicio, polietileno de alta resistencia (Dyneema), etc.

Otras cargas, que no tengan forma de fibra, también son posibles, por ejemplo, partículas de polvo.

Sin embargo, en aplicaciones en las que no se requiere capacidad portante (es decir, procesos donde la capacidad exigida de transferencia de tensiones está por debajo de 5 MPa o por debajo de 1 MPa), el material termoplástico también puede ser sustancialmente más blando. Especialmente, debido a la licuefacción que tiene lugar directamente en la interfase entre la herramienta y el elemento de refuerzo y/o revestimiento, no se tiene que transmitir energía mecánica a través del propio elemento. Por lo tanto, durante el proceso y posteriormente (por lo tanto, también generalmente a la temperatura a la que se utiliza, por ejemplo, temperatura ambiente) puede ser comparablemente blando. En otras palabras, las ventajas de un coeficiente de elasticidad de al menos 0,5 GPa no se aplica o al menos no es tan importante en estos sistemas.

En aplicaciones sin carga portante o con requisitos de carga portante reducidos (por ejemplo, por debajo de 5 MPa), incluso se pueden utilizar materiales elastoméricos para el refuerzo y/o el revestimiento, teniendo dichos materiales, para ciertas aplicaciones, ventajas en términos de propiedades de amortiguación -por ejemplo, para conexiones vibratorias o acústicas (aislamiento acústico).

En el caso de un material de matriz termoplástica, los procesos de acuerdo con las realizaciones de la invención se pueden usar incluso si el material de carga constituye incluso hasta el 80 % u 85 % (% en vol.) del material de refuerzo y/o revestimiento, lo que hace que los procesos sean también adecuados para materiales en los que el moldeo por inyección no es posible. A pesar de las altas calidades de llenado, el material sigue siendo perfectamente capaz de fluir.

Si el material licuable se va a licuar no mediante la energía de vibración, sino mediante radiación electromagnética, puede contener localmente compuestos (en forma de partículas o moléculas) que puedan absorber dicha radiación de un intervalo de frecuencias específico (en particular, en el intervalo de frecuencias del visible o el infrarrojo), por ejemplo, fosfatos de calcio, carbonatos de calcio, fosfatos de sodio, óxido de titanio, mica, ácidos grasos saturados, polisacáridos, glucosa o mezclas de los mismos.

El material de la herramienta (por ejemplo, el sonotrodo) y/o el material del elemento auxiliar puede ser cualquier material que no se funda a las temperaturas de fusión de material licuable. Especialmente, la herramienta y/o el elemento auxiliar pueden ser de un metal, por ejemplo, una aleación de titanio. Un material preferido es titanio grado 5. Este material, además de ser generalmente adecuado para dispositivos que se pueden anclar, tiene comparativamente bajo calor de conducción. Debido a esta baja conducción térmica, la zona de fusión que surge en el material licuable y en la interfase con la estructura de direccionamiento se calienta rápidamente, sin que los alrededores se calienten a temperaturas demasiado altas. Los materiales alternativos para la herramienta y/o el elemento auxiliar son otros metales tales como otras aleaciones de titanio, acero inoxidable, Fe resistente a la temperatura y a la abrasión de baja amortiguación, aleaciones de base Ni o Co, materiales cerámicos tales como óxidos de circonio u óxidos de aluminio, nitruros de silicio o carburos de silicio, o plásticos duros tales como PEEK etc. Para optimizar la resistencia a la abrasión frente al comportamiento de amortiguación y la tenacidad, las partes de la herramienta que interactúan directamente con el abrasivo, es decir materiales termoplásticos con elevada carga de materiales cerámicos o polvo de metal, se pueden fabricar de materiales cerámicos. Posiblemente, pero no necesariamente, junto con esto, el eje alargado del sonotrodo se puede fabricar de una aleación metálica con amortiguación mínima o metal amorfo (vidrio metálico).

Breve descripción de los dibujos

En lo sucesivo, las formas de llevar a cabo la invención y las realizaciones se describen en referencia a los dibujos. Los dibujos son principalmente esquemáticos. En los dibujos, los mismos números de referencia se refieren a elementos iguales o similares. Los dibujos muestran:

- Fig. 1 material poroso con una abertura inicial;

- Figs. 1a y 1b porciones distales de los sonotrodos formadores de aberturas;
- Fig. 2a-8 disposiciones que comprenden una herramienta (concretamente un sonotrodo), un elemento de refuerzo y/o revestimiento y/o un elemento auxiliar para el refuerzo y/o revestimiento segmentado;
- Figs. 9a-20 conceptos de refuerzo y/o revestimiento con minimización de impacto/energía;
- Figs. 21-23 conceptos de desviación de vibraciones mecánicas para un proceso de refuerzo y/o revestimiento;
- Figuras 24 y 25 aplicaciones de procesos de refuerzo y/o revestimiento en elementos de construcción; y
- Fig. 26 el concepto de usar radiación para acoplar energía dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento;
- Fig. 27 el concepto de usar electricidad para acoplar energía dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento;
- Fig. 28 una aplicación del refuerzo y/o revestimiento segmentado; y
- Figs. 29a-29c y 30 otras aplicaciones del refuerzo y/o revestimiento segmentado.

Descripción de las realizaciones preferidas

La **Figura 1** muestra una porción del material poroso, por ejemplo de un tablero de material compuesto o de material de tipo sándwich. El material poroso representado gráficamente comprende una capa superior de un material de cobertura 201 comparativamente denso y duro, por ejemplo, estratificado sobre un material poroso 202 compuesto menos denso. Una abertura inicial 203, en la que se va a anclar un elemento de unión -tal como, por ejemplo, un tornillo o un pasador-, se ha realizado por ejemplo mediante taladrado. Como alternativa, la abertura inicial 203 se puede haber preprocesado durante el proceso de fabricación del objeto de construcción. Se muestra un eje 204 de abertura. Si la abertura se realiza mediante perforación, la abertura puede tener simetría rotacional con respecto al eje 204. Debido a la resistencia de carga mecánica relativamente baja del material poroso quebradizo, es deseable mejorar la estabilidad mecánica del material poroso antes de anclar el elemento de unión.

De acuerdo con el quinto grupo de realizaciones de la invención, se realiza una abertura inicial 203 mediante una configuración en la que una herramienta vibratoria (sonotrodo) o un contraelemento también se usa como instrumento de formación de orificios.

Haciendo referencia a las Figuras 1a y 1b, en primer lugar se analiza la opción de utilizar la herramienta (por ejemplo, sonotrodo) como elemento de formación de orificios. Con el fin de conformar la abertura inicial 203, las porciones orientadas hacia delante (distalmente) del sonotrodo están conformadas en consecuencia. Durante la introducción de la herramienta, la herramienta se fuerza en una dirección distal mientras las vibraciones se acoplan dentro de la herramienta, en donde los parámetros de la vibración se eligen se seleccionan para hacer que el extremo distal del sonotrodo se fuerce al interior del material poroso para producir una abertura que es cilíndrica o cuya sección transversal tenga forma de anillo. Esto se puede combinar con una etapa posterior de refuerzo y/o revestimiento en una configuración 'inversa' en la que el sonotrodo comprende una cara de acoplamiento orientada proximalmente, en la que la interfase de licuefacción está en un extremo distal del elemento de refuerzo y/o revestimiento y en la que el sonotrodo se estira durante el proceso, tal como se describe, por ejemplo, en otras realizaciones a continuación en el presente documento. Más específicamente, tras concluir la etapa de forzado, el sonotrodo se somete de nuevo a oscilaciones mecánicas -con la energía y otros parámetros adaptados en consecuencia- mientras se retrae. En este momento, proximal a la porción más distal del sonotrodo, se coloca un elemento de refuerzo y/o revestimiento y se licua al menos en parte mediante el impacto simultáneo de la retracción y la energía de vibración.

Las **Figuras 1a y 1b** muestran un ejemplo de las porciones distales de un sonotrodo 3. Las porciones distales comprenden un ensanchamiento distal que forma un hombro que se presiona contra el elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 en la etapa de refuerzo y/o revestimiento en la que el sonotrodo se somete a una fuerza de estirado, y la interfase entre el sonotrodo (o, más en particular, el hombro) y el elemento de refuerzo y/o revestimiento sirve como la interfase de licuefacción. Las porciones orientadas distalmente del sonotrodo están provistas de un borde cortante 93 (Fig. 1a) y/o con una punta perforante 94 (Fig. 1b). Las configuraciones con una punta perforante 94 son especialmente adecuadas cuando el material poroso es muy débil y/o tiene baja densidad y/o el diámetro de la abertura es comparativamente pequeño.

De acuerdo con una segunda opción, el instrumento mediante el cual la abertura inicial se realiza o extendiendo no es la herramienta que se va a usar posteriormente para acoplar la energía necesaria para la licuefacción del elemento de refuerzo y/o revestimiento, pero es el contraelemento para aplicar la contrafuerza (en una configuración directa donde la herramienta se sujeta contra una dirección distal mientras que la energía se acopla dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento para licuar su material). El contraelemento 2, de esta forma, puede estar conformado, por ejemplo, como se muestra en la Fig. 1a, Fig. 1b y se ha descrito anteriormente en el presente documento en referencia a la

herramienta.

Para la etapa de forzar el contraelemento al interior del material poroso, opcionalmente, vibraciones mecánicas o rotación se pueden acoplar en el contraelemento. Para la etapa posterior de acoplamiento de energía dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento, la fuente de vibración o fuente del movimiento de rotación se puede reasignar a la herramienta, o se puede utilizar otra fuente correspondiente.

Como alternativa, la etapa de forzar el contraelemento dentro del material poroso se puede llevar a cabo manualmente sin ninguna fuente de energía adicional.

En realizaciones de acuerdo con la segunda opción, la energía acoplada dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento puede, como alternativa a la energía mecánica, ser también radiación y/o calor.

Haciendo referencia a las siguientes figuras, se describen métodos para reforzar material poroso de, por ejemplo, una configuración como se muestra en la Fig. 1. Haciendo referencia a las siguientes figuras 2-8, se describen realizaciones del refuerzo y/o revestimiento segmentado.

Un primer ejemplo de una unidad para segmentación perimetral se representa gráficamente, en secciones a lo largo de diferentes planos, en las Figuras 2a y 2b. La Figura 2c muestra una vista del sonotrodo 3 de la unidad, la Figura 2d muestra una vista esquemática de una unidad en sección en la abertura inicial durante el proceso, la Figura 2e muestra una variante de un elemento de refuerzo y/o revestimiento, la Figura 2f muestra el elemento de refuerzo y/o revestimiento de la Fig. 2e junto con un elemento auxiliar especialmente adaptado, y la Figura 2g muestra otro elemento de refuerzo y/o revestimiento más. La Figura 2a muestra una sección transversal en el plano A-A de la Figura 2b.

Las realizaciones con un elemento de refuerzo y/o revestimiento de intervalo amplio, por ejemplo, la realización mostrada en la Fig. 2e, pueden ser especialmente adecuadas para la conexión térmica y/o eléctrica de conductores débiles, por ejemplo, de una espuma cerámica en una célula de combustible.

La unidad comprende un elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 que tiene dos porciones independientes del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1.1, 1.2, una herramienta (sonotrodo) 3, y un elemento auxiliar 2 que sirve como contraelemento. El elemento auxiliar forma un eje 5 de guiado y un ensanchamiento 6 distal que forma un hombro de tal manera que el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede quedar comprimido entre el sonotrodo 3 y el hombro 6 durante el proceso. El eje de guiado en la realización representada gráficamente, en otras palabras, forma parte de un contraelemento que, además del eje elemento de guiado comprende un ensanchamiento 6 distal que tiene caras de contacto con el contraelemento orientadas proximalmente (inversamente) contra las cuales se acopla una contrafuerza dentro de las porciones del elemento de refuerzo y/o revestimiento. La contrafuerza es una fuerza de igual magnitud pero de dirección opuesta a la fuerza con la que se presiona el sonotrodo contra las porciones del elemento de refuerzo y/o revestimiento.

El eje 5 de guiado no tiene la forma de un cilindro de revolución, pero está estructurado perimetralmente para comprender dos ranuras axiales en las que se colocan las dos porciones del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1.1, 1.2. El sonotrodo 3 está correspondientemente segmentado para comprender dos porciones de empuje 3.1, 3.2 con una sección transversal aproximadamente correspondiente a la sección transversal de las porciones del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1.1, 1.2. El sonotrodo también comprende una acanaladura 3.7 central para la porción 5 del eje del elemento auxiliar 2.

En realizaciones alternativas, el elemento auxiliar puede carecer del ensanchamiento distal y ser simplemente un pasador de guiado. En estas realizaciones, la contrafuerza opuesta a la fuerza de presión del sonotrodo se puede ejercer por el material poroso contra el que se presiona el elemento de refuerzo y/o revestimiento, o una fuerza de adhesión y/o fricción mediante la cual las porciones del elemento de refuerzo y/o revestimiento se adhieren al elemento de guiado, o una combinación de los mismos. De forma adicional o alternativa, es también posible proporcionar el eje y el elemento de refuerzo y/o revestimiento con una estructura superficial que se acoplan entre sí, tales como pequeñas indentaciones en el eje en las que encajan los correspondientes salientes internos del elemento de refuerzo y/o revestimiento.

La segmentación del elemento de refuerzo y/o revestimiento como se ilustra con respecto a la Fig. 2a y 2b puede ser para toda la longitud axial de las porciones del elemento de refuerzo y/o revestimiento, o puede ser parcial, es decir, la segmentación puede estar restringida a ciertas posiciones axiales mientras que, en otras posiciones axiales, el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede comprender una porción 1.8 que rodea el eje de guiado, de manera que el elemento de refuerzo y/o revestimiento es de una pieza. Un primer ejemplo correspondiente se muestra en la Figura 2e, donde la porción 1.8 que rodea el eje está en el extremo proximal del elemento de refuerzo y/o revestimiento. Mediante la construcción del elemento de refuerzo y/o revestimiento mostrado en la Fig. 2e, hacia el extremo distal del elemento de refuerzo y/o revestimiento hay huecos abiertos entre las porciones 1.1, 1.2 del elemento. Esto se puede combinar opcionalmente con un elemento auxiliar que tiene un extremo distal que tiene proyecciones 5.2 concordantes como se ilustra en la Figura 2f que evitan que las porciones licuadas del material termoplástico se

diseminan en direcciones perimetrales y, más en particular, las dimensiones de los huecos abiertos y las proyecciones 5.2 se pueden adaptar entre sí de forma que la distancia d_1 sea menor que o aproximadamente igual a la distancia d_2 .

Así, otra realización de un elemento de refuerzo y/o revestimiento con porciones 1.1-1.5 sujetas entre sí mediante una porción 1.8 que rodea un eje se muestra en la **Figura 2g**. En esta realización, la porción que rodea el eje está en una posición axialmente central. También, la realización de la Fig. 2g se puede usar opcionalmente con un elemento auxiliar del tipo representado en la Fig. 2f.

En la Fig. 2b también se representa un eje 4 proximodistal. En la configuración de las Figs. 2a-2g, los elementos 1, 2, 3, de la unidad no tienen simetría circular alrededor de este eje.

Para llevar a cabo el método con un refuerzo y/o revestimiento segmentado, la unidad de las Figs. 2a y 2b se coloca en la abertura inicial con el eje 4 aproximadamente paralelo al eje 204 de la abertura. A continuación, el sonotrodo 3 se presiona contra la cara distal mientras que las oscilaciones mecánicas se acoplan dentro de herramienta y mientras que el elemento auxiliar se sujeta contra la fuerza de presión de manera que el elemento de refuerzo y/o revestimiento queda comprimido entre el sonotrodo vibrante y el elemento auxiliar. La energía de vibración se selecciona para que sea suficiente para que se establezca el proceso de fusión del material termoplástico del elemento auxiliar durante el movimiento de avance del sonotrodo (y/o el movimiento inverso del elemento auxiliar) hace que el material termoplástico fundido se empuje lateralmente y hacia el interior de las estructuras del material poroso circundante. Esto se ilustra en la Fig. 2d. Las porciones 11.1, 11.2 desplazadas del material termoplástico se vuelven a solidificar y refuerzan de esta forma el material poroso. El proceso continúa, por ejemplo, hasta que todo el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento se ha licuado y desplazado y hasta que las caras del extremo distal de las porciones de empuje chocan contra el hombro 6 formado por el ensanchamiento distal.

Puesto que el elemento de refuerzo y/o revestimiento está segmentado, es decir, comprende dos porciones del elemento de refuerzo y/o revestimiento en diferentes posiciones angulares con respecto al eje proximodistal, las porciones 11.1 de material termoplástico permanecen separadas y forman dos regiones de refuerzo y/o revestimiento.

Aunque haciendo referencia a las Figs. 2a-2d, la segmentación perimetral del elemento de refuerzo y/o revestimiento se ha descrito en referencia a una configuración para reforzar un orificio circular y el uso de dos porciones del elemento de segmentación en una disposición simétrica, son posibles varias realizaciones más. Por ejemplo, las dos porciones del elemento de segmentación no tienen que estar dispuestas simétricamente con respecto a un plano de simetría como en la realización ilustrada, sino que son posibles otras disposiciones asimétricas. Además, se pueden usar más de dos porciones del elemento de segmentación (como por ejemplo, en la parte inferior del elemento de refuerzo y/o revestimiento de la Fig. 2g), por ejemplo tres, cuatro, cinco, seis o incluso más -todas en disposición simétrica o asimétrica. Además, la abertura inicial reforzada no tiene que ser circular sino que puede tener cualquier otra forma.

Un ejemplo adicional de refuerzo y/o revestimiento segmentado se describe haciendo referencia a las Figuras 3a-4. Este ejemplo utiliza la idea de que el proceso de refuerzo y/o revestimiento no se basa en la simetría circular de la abertura a reforzar. En su lugar, es posible que la energía mecánica que puede licuar el elemento de refuerzo y/o revestimiento termoplástico actúe también en disposiciones no circulares.

Una disposición comparable a la de las Figuras 2a-2d o una variante como la de la Fig. 2e/2f o 2g puede también servir como realización "inversa". Si el elemento 2 con el eje 5 y el ensanchamiento 6 distal se usa como un sonotrodo acoplado a un generador de vibraciones y el casquillo 3 se utiliza como contraelemento, la interfase de licuefacción es la interfase entre el ensanchamiento 6 distal y el elemento de refuerzo y/o revestimiento/porciones 1; 1.1, 1.2 del elemento de revestimiento.

En esta variante, análogamente a otras variantes que se basan en una configuración "inversa", durante el proceso, el contraelemento se sujeta contra el elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 mientras que una fuerza de tracción y las vibraciones mecánicas se acoplan dentro del sonotrodo. El sonotrodo a continuación puede retirarse mientras que el contraelemento se queda quieto o se avanza hacia delante o posiblemente se retrae lentamente pero más lentamente que el sonotrodo. El material termoplástico que se ha licuado en la interfase de licuefacción se desplaza continuamente al interior de los poros del material a reforzar y/o revestir.

La **Figura 3a** muestra, en sección transversal a lo largo del plano A-A de la **Figura 3d**, un eje 5 de guiado de un elemento auxiliar, y un elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 que rodea el eje 5 de guiado. El eje de guiado y el elemento de refuerzo y/o revestimiento tienen una simetría traslacional a lo largo del eje proximodistal y una sección transversal de forma aproximadamente triangular. El sonotrodo 3 es proximal al elemento de refuerzo y/o revestimiento y tiene una porción con una forma similar.

Para el refuerzo y/o revestimiento, en una primera etapa, la unidad de las Figuras 3a y 3d se coloca en la abertura inicial. A continuación, el sonotrodo 3 se presiona contra la cara distal mientras que las oscilaciones mecánicas se acoplan dentro de herramienta y mientras que el elemento auxiliar se sujeta contra la fuerza de presión de manera que el elemento de refuerzo y/o revestimiento queda comprimido entre el sonotrodo vibrante y el elemento auxiliar y, de esta forma, en la interfase entre el sonotrodo y el elemento de refuerzo y/o revestimiento el material termoplástico

del elemento de refuerzo y/o revestimiento empieza a fundirse y de desplaza al material poroso circundante. El resultado se ilustra, de nuevo en sección, en la **Figura 3b**. La abertura inicial, que tiene una sección transversal triangular, está rodeada por una región reforzada donde el material poroso está interpenetrado por el material de refuerzo y/o revestimiento 11. La línea discontinua 21 de la Fig. 3b muestra donde se añade un orificio en una etapa posterior. El orificio 23 tiene una sección transversal circular y, por tanto, es adecuado para anclar, en una etapa posterior (no se muestra) un tornillo. Cuando el orificio está hecho, se retira más cantidad de material poroso, así como regiones del material de refuerzo y/o revestimiento. Lo que queda (**Figura 3c**) es material poroso que está reforzado en las regiones donde el material de refuerzo y/o revestimiento no se ha retirado. La Fig. 3c ilustró tres porciones separadas 11.1, 11.2, 11.3 de material de refuerzo y/o revestimiento. Los lóbulos 25 que pueden permanecer opcionalmente en los bordes de la abertura inicial pueden añadir flexibilidad adicional y poco después de anclar el tornillo (u otro elemento de unión) se pueden rellenar con material poroso.

También, para la realización de la Fig. 3, existe una variante de configuración "inversa" si el elemento con el ensanchamiento 6 distal se usa como un sonotrodo acoplado a una fuente de vibración y el elemento 3 de tipo casquillo se usa como contraelemento; siendo entonces la interfase de licuefacción la interfase entre el ensanchamiento distal y el elemento de refuerzo y/o revestimiento.

Como alternativa a ser triangular, la abertura inicial y el elemento de refuerzo y/o revestimiento en variantes de este subgrupo de realizaciones puede tener otras secciones transversales no circulares. Un ejemplo de dicha alternativa se ilustra en la **Figura 4**, esquemáticamente, en sección perpendicular al eje proximodistal. La abertura inicial y el elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 tiene una sección transversal generalmente alargada, de manera que tras el refuerzo y/o revestimiento y adición del orificio (línea discontinua 21) quedarán dos regiones reforzadas. Son posibles otras formas no circulares, tanto simétricas como asimétricas. En particular, es posible adaptar la forma a la anatomía del lugar donde se va a anclar el elemento de unión.

El enfoque de la Figura 4 puede implementar ambos, en configuraciones directas, con un sonotrodo 3 que se empuja durante el proceso de refuerzo y/o revestimiento (como se ilustra en la Fig. 3d) y en configuraciones "inversas" del tipo mencionado en las que se estira del sonotrodo. En configuraciones "inversas", el sonotrodo puede tener opcionalmente un borde distal cortante que permite fabricar la abertura inicial mediante la introducción del sonotrodo mientras que la energía mecánica se acopla dentro del sonotrodo.

Un ejemplo adicional de una configuración "inversa" se ilustra en las **Figuras 5a y 5b**. La Figura 5a muestra una configuración al inicio del proceso de licuefacción en sección, y la Figura 5b muestra en una ilustración esquemática, correspondiente a una sección horizontal, el efecto de las palas que dividen el material de refuerzo y/o revestimiento 11 en secciones. En este ejemplo, el material 210 a reforzar y/o revestir se muestra sin un material de cobertura duro. El material puede ser, por ejemplo, una espuma cerámica o metálica o un material compuesto de madera o un material débil o quebradizo. Generalmente, las enseñanzas de todas las realizaciones de este documento se aplican a todos los tipos diferentes de material poroso en el sentido del presente texto -salvo que específicamente se enseñe que sea para combinaciones de materiales especiales.

En la realización de las Figuras 5a y 5b, el elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 tiene la forma de un casquillo cilíndrico, es decir, forma tubular. El sonotrodo comprende un eje 91 de sonotrodo y un ensanchamiento 92 distal. En la periferia del ensanchamiento distal, el sonotrodo comprende además una pluralidad de hojas que sobresalen radialmente. En la configuración representada, las hojas sobresalen más que el radio de la pared perimetral (cilíndrica) de la abertura inicial y por lo tanto sobresalen dentro del material 210. Si la calidad del material (dureza, tenacidad) lo permite, las hojas pueden cortar dentro del material 210. Como alternativa, la abertura inicial puede haber sido provista de indentaciones radiales para las hojas. Las hojas restringen el flujo del material licuado en direcciones azimutales y, por lo tanto, causar la presencia de sectores del material termoplástico de refuerzo y/o revestimiento. Especialmente, las hojas pueden estar dimensionadas para penetrar dentro del material 210 tanto como la máxima extensión del flujo radial esperado para el material de refuerzo y/o revestimiento.

El contraelemento es proximal al elemento de refuerzo y/o revestimiento y no se muestra en la Figura 5a; el contraelemento de forma alternativa inicialmente en forma tubular puede ser también una placa con un orificio para el eje del sonotrodo; configurada la placa por ejemplo para apoyarse en la superficie del material 210.

Los elementos de la Fig. 5a y 5b se han ilustrado para tener, con la excepción de las hojas, la simetría de un cilindro de revolución, es decir la abertura inicial es un orificio cilíndrico (rotacional). Además, en la configuración ilustrada, la herramienta tiene cuatro hojas dispuestas con separaciones iguales. Sin embargo, el concepto de la herramienta (sonotrodo) que comprende hojas se puede aplicar a otros conceptos. Generalmente, la abertura inicial, el elemento de refuerzo y/o revestimiento y el ensanchamiento distal pueden tener cualquier sección transversal, por ejemplo elíptica, triagonal, rectangular, etc. También en estas realizaciones, el contorno exterior del elemento de refuerzo y/o revestimiento y el ensanchamiento distal se adaptan a la sección transversal de la abertura inicial, y las hojas pueden sobresalir radialmente dentro del material a reforzar y/o revestir.

La **Figura 5c** también muestra una variante de la configuración "inversa" de las Figuras 5a y 5b en las que la herramienta (sonotrodo) no comprende ninguna hoja. En la realización representada, el hombro orientado

proximalmente del ensanchamiento distal 92 de la herramienta se inclina de manera que tras un movimiento relativo del sonotrodo con respecto al elemento de refuerzo y/o revestimiento -mientras la energía mecánica se acopla en el sonotrodo- hace que el material licuado en la interfase entre el ensanchamiento distal 92 del sonotrodo y el extremo distal del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 se desplace al interior del material poroso 210 circundante con más facilidad. En la Figura 5c, también se ilustran el diámetro exterior de la herramienta d_t y el diámetro d_h de la abertura inicial. Claramente, el diámetro d_t de la herramienta es solo algo más pequeño que el diámetro del orificio (y, por tanto, es aproximadamente igual) de manera que una porción sustancial del material licuado en la interfase se va a desplazar hacia el material circundante.

Esto ilustra el concepto de que las dimensiones relativas del ensanchamiento distal 92 de la herramienta y el elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 se seleccionan de manera que toda la sección transversal del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 se licua y se desplaza mediante la herramienta. Después del proceso, bien todo el material de refuerzo y/o revestimiento ha penetrado en el objeto, o bien permanece una capa de tipo revestimiento sobre la pared de la abertura inicial y de esta forma la tapona.

La **Figura 6** muestra, en sección transversal a lo largo del eje proximodistal, una configuración donde una abertura inicial 203 de forma por ejemplo cilíndrica se ha reforzado de manera que las porciones 11 del material de refuerzo y/o revestimiento refuerzan el material poroso. Este refuerzo y/o revestimiento puede ser un refuerzo y/o revestimiento segmentado donde el material de segmentación está confinado a ciertos ángulos alrededor del perímetro -por ejemplo, como se enseña haciendo referencia a figuras anteriores- o puede ser un refuerzo y/o revestimiento no segmentado donde el material de refuerzo y/o revestimiento está distribuido alrededor de la periferia. Posteriormente, el material poroso y el material se pueden retirar a lo largo de la línea discontinua 33 para que la superficie del material poroso reforzado quede restringida a las regiones más profundas de la abertura.

La segmentación perimetral y la dependencia de la profundidad del refuerzo y/o revestimiento se pueden combinar. Un ejemplo se ilustra en las **Figuras 7a-7c**. La abertura inicial está escalonada y tiene una porción proximal de diámetro grande y una porción distal de diámetro más pequeño de manera que se forma un hombro 111. El eje 5 de guiado en sección transversal tiene una forma como se ilustra en la Fig. 7c. Las Figuras 7a y 7b corresponden a secciones transversales a lo largo de planos que en la sección solamente a través del eje de guiado (Fig. 7c) corresponden a las líneas A-A y B-B, respectivamente. El elemento de refuerzo y/o revestimiento tiene primeras porciones 1.1, 1.2 del elemento de refuerzo y/o revestimiento que están colocadas alrededor de la periferia y que, durante la etapa del método de licuefacción, se presionan contra el hombro. Las segundas porciones 1.3, 1.4 del elemento de refuerzo y/o revestimiento están colocadas distalmente en los canales 5.1 del eje de guiado. Durante la licuefacción, se presionan contra la parte inferior de la abertura inicial. La forma del sonotrodo 3 se adapta en consecuencia. Como alternativa a la configuración representada, el elemento auxiliar puede comprender salientes de tope que se extienden axialmente desde el eje de guiado proximalmente del hombro 111 y/o un ensanchamiento distal del tipo ilustrado en la Fig. 2b de manera que la contrafuerza de la fuerza de presión no se ejerce por el material poroso sino por el elemento auxiliar.

Provisto de las estructuras acordes, el elemento 2 puede servir alternativamente como sonotrodo en una configuración "inversa", en la que, a continuación, la interfase de licuefacción es la interfase entre dicha estructura y el elemento de refuerzo y/o revestimiento.

La **Figura 8** muestra otro ejemplo más del refuerzo y/o revestimiento segmentado, de nuevo, en sección transversal paralela al eje proximodistal. La realización de la Fig. 8 puede combinar la segmentación axial (es decir, el refuerzo y/o revestimiento a diferentes profundidades) con la segmentación perimetral. En la realización de la Fig. 8, la abertura inicial está ahusada, es por ejemplo cónica. El elemento auxiliar 2 tiene en consecuencia forma ahusada. Para el proceso de refuerzo y/o revestimiento, se debe colocar en la abertura inicial, con una pared perimetral y, posiblemente, un extremo distal en contacto con el material poroso como se muestra en la Fig. 8. El elemento auxiliar es un cuerpo con aberturas accesibles desde la cara proximal. Entre las aberturas y la pared perimetral, hay orificios. Por ejemplo, una abertura 41 central comprende una pluralidad de orificios 43 distribuidos regular o irregularmente alrededor de la periferia. Aberturas más pequeñas en la periferia, comprendiendo cada una, por ejemplo, un orificio 43 lateral. Las aberturas 42 periféricas pueden estar distribuidas regularmente o irregularmente a lo largo de la periferia. También sería posible que el elemento auxiliar comprendiera una sola abertura periférica. Los elementos de refuerzo y/o revestimiento 1 pueden tener, por ejemplo, forma de pasador, con un diámetro exterior adaptado a la dimensión de la abertura para la que se proporcionan. Durante el proceso de refuerzo y/o revestimiento, los elementos de refuerzo y/o revestimiento 1 se introducen en los orificios y se presionan hacia la dirección distal mientras que la energía mecánica incide sobre el respectivo elemento de refuerzo y/o revestimiento. De este modo, el material de refuerzo y/o revestimiento en el extremo distal de los elementos de refuerzo y/o revestimiento se licua y se presiona fuera de los orificios hacia el material poroso circundante. El elemento auxiliar se puede retirar después de la licuefacción del material de refuerzo y/o revestimiento; por ejemplo, la retirada puede hacerse inmediatamente después del inicio del aporte de energía mecánica (por ejemplo, las vibraciones) de manera que el material de refuerzo y/o revestimiento siga siendo blando cerca del elemento auxiliar. Como alternativa, se puede usar un elemento cortante para retirar el elemento auxiliar; dicho elemento cortante puede ser, por ejemplo, una característica (borde cortante orientado proximalmente o similar) adyacente a los orificios 43 que corta a través de las porciones de material de refuerzo y/o revestimiento que están en la interfase entre el elemento auxiliar 2 y el material poroso.

De forma adicional o alternativa a las aberturas 41, 42, el elemento auxiliar -que se puede considerar como una herramienta de guiado para los elementos de refuerzo y/o revestimiento 1 individuales- puede tener indentaciones (aberturas) a lo largo de la superficie perimetral. Después de un proceso de refuerzo y/o revestimiento usando dicho elemento auxiliar, las porciones del material termoplástico de refuerzo y/o revestimiento pueden sobresalir dentro de la abertura cónica y así no tiene que quedar restringida al material poroso. Dichas realizaciones son especialmente ventajosas en situaciones donde el posterior anclaje del elemento de unión implica soldar el material termoplástico del elemento de unión al material de refuerzo y/o revestimiento o implica un elemento de unión con una estructura superficial en la que, cuando el material de refuerzo y/o revestimiento durante el anclaje se vuelve a licuar, de nuevo el material termoplástico puede penetrar para generar una conexión de ajuste positivo.

El posible principio de un anclaje posterior de un elemento de unión al material de refuerzo y/o revestimiento o de hacer que el material de refuerzo y/o revestimiento se licue de nuevo durante el anclaje y para penetrar estructuras del elemento de unión para generar una conexión de ajuste positivo también puede aplicarse a otras realizaciones de la presente invención, además de la ilustrada en la Fig. 8. Más en particular, es una opción para todas las realizaciones. Las realizaciones que proporcionan refuerzo y/o revestimiento segmentado presentan a continuación la posible ventaja adicional de que el operador puede elegir dónde va a estar la conexión soldada o la conexión de ajuste positivo del elemento de unión -seleccionando adecuadamente las ubicaciones revestidas y/o reforzadas sobre la superficie de la abertura inicial.

A continuación, se describen realizaciones con minimización del impacto/energía. En estas realizaciones descritas, la energía acoplada en la configuración durante el proceso es energía mecánica de vibración y la herramienta es a sonotrodo. Sin embargo, el concepto se puede expandir fácilmente a otras formas de energía, incluyendo otras energías mecánicas (por ejemplo, de rotación), térmica, radiación electromagnética.

Las Figuras 9a y 9b, en secciones transversales paralelas al eje proximodistal, muestra una primera aproximación. Se ha descubierto que un ruido sustancial y también posiblemente pérdidas de energía están producidas por el contacto entre el sonotrodo 3 y el eje 5 de guiado del elemento auxiliar en configuraciones donde el sonotrodo y posiblemente también el elemento de refuerzo y/o revestimiento está(n) guiado(s) por el eje de guiado. La región donde la herramienta (sonotrodo) y el elemento auxiliar solapan de forma deslizable también se denota como "región que sobresale telescópicamente" en el presente texto.

En las Figuras 9a y 9b, el diámetro interno del sonotrodo es mayor que el diámetro externo del eje de guiado por tanto, se forma un volumen tampón 52 alrededor del eje de guiado. El sonotrodo comprende una proyección 51 hacia dentro en su extremo distal. La proyección hacia dentro es, por ejemplo, una arista que se proyecta hacia dentro formando una superficie de contacto en contacto directo con el eje de guiado. La superficie de contacto abarca completamente el eje que conforma un sello para el material licuado que impide a este último penetrar en el volumen tampón.

En la realización de la Fig. 9a, la cara final distal del sonotrodo que forma el contacto con el elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 es esencialmente plana y radial con respecto al eje, mientras que la realización de la Fig. 9b tiene una superficie del sonotrodo ahusada que ayuda a empujar el material de refuerzo y/o revestimiento licuado hacia fuera y hacia el interior del material poroso circundante. En todas las realizaciones, la cara de contacto entre el sonotrodo y el elemento de refuerzo y/o revestimiento puede tener generalmente cualquier forma, incluyendo plana, curvada, ahusada etc.

En la realización mostrada, la proyección 51 hacia dentro es íntegra con el resto del sonotrodo. En realizaciones alternativas, se puede usar una pieza separada -esto es, se puede visualizar como un casquillo-. El uso de dicha pieza separada puede ser ventajoso, especialmente cuando se puede usar un material adecuado. Dicho material adecuado se puede seleccionar de forma que minimice el impacto/la aplicación de energía del sonotrodo aunque no tiene que ser necesariamente un buen conductor de las vibraciones ultrasónicas. Un ejemplo de un material adecuado para los casquillos es PEEK; como alternativa, se pueden usar otros materiales poliméricos que tengan un coeficiente de fricción comparablemente bajo respecto del acero, tales como PTFE, PA, etc. u otros materiales plásticos o no plásticos.

Como una opción adicional, la proyección hacia dentro, especialmente si está formada por una pieza separada (casquillo), podría comprender un labio de raspado perimetral en contacto con el eje de guiado. Como alternativa a dicho labio de raspado, también se puede usar un encaje correspondiente que permite un movimiento relativo, tal como un encaje transicional etc., especialmente para una combinación de material duro-blando entre el eje de guiado y la proyección/casquillo 51.

De forma adicional o alternativa a las variantes anteriormente descritas, el volumen 52 del tampón puede estar parcial o totalmente relleno por un material con poco desarrollo de fricción/ruido entre el eje y las piezas vibratorias. A continuación, dicho material puede servir como una especie de revestimiento interno; el material puede ser, por ejemplo, un polímero tal como PEEK, PTFE, PA, etc.

La **Figura 10** representa, en una sección transversal perpendicular al eje proximodistal, una realización donde el

sonotrodo comprende nervaduras 54 que se proyectan axialmente hacia dentro de manera que, de nuevo, se disminuya la superficie de contacto entre el sonotrodo y el eje de guiado. Esto se puede combinar opcionalmente con la arista que se proyecta hacia adentro que se muestra en las Figs. 9a, 9b. La **Figura 11** (en sección transversal paralela al eje proximodistal) muestra análogamente una configuración con nervaduras 55 perimetrales que se proyectan hacia dentro. De nuevo, es posible una combinación con la arista distal. Como alternativa, en lugar de nervaduras o adicionalmente a las mismas, el sonotrodo puede comprender otras proyecciones hacia dentro tales como gibas, etc.

Las Figuras 9a-11, así como las Figs. 17 y 18 descritas a partir de ahora en el presente documento, muestran ejemplos de configuraciones donde el área de la superficie entre el sonotrodo y el elemento auxiliar está considerablemente reducida en comparación con las configuraciones donde el sonotrodo es una funda cilíndrica que rodea un eje cilíndrico. Más en particular, en la región que sobresale telescópicamente, la superficie de contacto es sustancialmente (por ejemplo, al menos en un factor de 2) menor que el área de la superficie exterior del elemento auxiliar en dicha región que sobresale telescópicamente.

Otro subgrupo de enfoques para minimización del impacto/energía, que se puede combinar con el enfoque de disminuir el contacto directo entre el sonotrodo y el eje de guiado, se muestra en las **Figuras 12-15**. Todas las realizaciones de dichas figuras comprenden el concepto de que el elemento de refuerzo y/o revestimiento está conformado de tal manera que hace que el elemento de refuerzo y/o revestimiento, o al menos porciones del mismo, se licuen con menos impacto energético, es decir, el inicio en función de la energía que incide sobre el elemento de refuerzo y/o revestimiento es anterior. Esto ayuda a reducir la potencia de la fuente de energía, por ejemplo la potencia con la que funciona el sonotrodo.

Las secciones transversales de las Figuras 12 y 13 muestran una sección con una disposición geométrica generalmente rotacional, con el eje de simetría (no se muestra) a través del eje 5 de guiado. El elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 de la Fig. 12 comprende ranuras internas y externas 61, 62, respectivamente, mientras que el elemento de refuerzo y/o revestimiento de la Fig. 13 tiene ranuras internas 62. Las ranuras debilitan sistemáticamente el elemento de refuerzo y/o revestimiento y, al producir cuellos, proporcionan manchas donde se produce en primer lugar la licuefacción tras absorción de energía mecánica. Además, las ranuras internas 62 de la realización de la Fig. 13 están inclinadas hacia fuera, de tal manera que tras iniciarse la licuefacción en los cuellos, las porciones más proximales se deslizan sobre las porciones más distales y se fuerzan hacia fuera, de forma que se produce una fricción adicional del material de refuerzo y/o revestimiento aún no licuado con las paredes laterales de la abertura inicial y/o una presión adicional sobre el material licuado, potencialmente ayudando ambos efectos al proceso de refuerzo y/o revestimiento. Se podría conseguir un efecto similar mediante ranuras exteriores que recorren las mismas superficies cónicas que las realizaciones ilustradas, es decir, las ranuras son tales que, tras una licuefacción en las manchas débiles (cuellos) las partes más proximales del elemento de refuerzo y/o revestimiento quedan sometidas a un movimiento de cizalladura que las fuerza hacia fuera cuando están sometidas a la presión del sonotrodo 3. En ambas variantes (y en combinaciones), una división axial adicional (no mostrada en la Fig. 13) o una segmentación perimetral como se ilustra en anteriores realizaciones puede garantizar flexibilidad suficiente para dicho movimiento hacia afuera.

Las ranuras 61, 62 de las realizaciones de las Figuras 12 y 13 o debilitamientos similares del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 también pueden seleccionarse para disposiciones simétricas no rotatorias, tales como una disposición que comprende una segmentación de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas en el presente documento.

Las realizaciones de las **Figuras 14 y 15** muestran vistas de otras variantes de elementos de refuerzo y/o revestimiento sistemáticamente debilitados. La realización de la Fig. 14 comprende un elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 que tiene generalmente la forma de un cilindro de revolución con una pluralidad de orificios pasantes 63. En la realización representada, los orificios pasantes están dispuestos en filas axiales. Generalmente, la posición y la distribución de los orificios u otras debilidades del elemento de refuerzo y/o revestimiento se puede seleccionar según las necesidades.

En la realización de la Fig. 15, el elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 que tiene generalmente la forma de un cilindro de revolución comprende orificios 64 alargados axialmente. La extensión axial de dichos orificios puede ser de tal manera que corresponda a una porción sustancial (por ejemplo al menos 1/2 o incluso al menos 2/3) de la longitud axial del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1. Los orificios axiales, además de reducir las necesidades de energía del impacto de la energía mecánica, puede tener el efecto de producir una segmentación perimetral débil. La extensión (a lo largo de la dirección perimetral) y la distribución de los orificios 64 axialmente alargados se puede seleccionar en consecuencia. En la configuración representada, el elemento de refuerzo y/o revestimiento comprende además porciones 65 de puente que forman puentes sobre los orificios alargados, por ejemplo, aproximadamente en su punto medio, para potenciar la estabilidad mecánica del elemento de refuerzo y/o revestimiento. Especialmente, si se desea un efecto de segmentación perimetral del material de refuerzo y/o revestimiento, las porciones 65 de puente pueden tener solamente una resistencia mínima del material; por ejemplo, pueden ser más finos que el cuerpo del elemento de refuerzo y/o revestimiento.

La realización de la **Figura 16** (mostrada en sección) comprende un sonotrodo 3 con una característica distal

protuberante (saliente) tal como una arista perimetral. Debido a esta forma, el sonotrodo tiene un espesor reducido en las posiciones más proximales de forma que no entra en contacto directo con el material poroso proximalmente a la característica distal 71. Esto reduce significativamente el impacto, especialmente el calentamiento por fricción del material poroso adyacente.

Una característica distal que sobresale hacia fuera del tipo ilustrado en la Figura 16 se puede llevar a cabo en realizaciones con una cara de contacto del sonotrodo ahusada hacia el elemento de refuerzo y/o revestimiento (como se muestra en la Fig. 16), en realizaciones con una cara de contacto plana, o en combinación con cualquier otra forma de la cara de contacto. Son posibles combinaciones con los enfoques de una cualquiera de las figuras anteriores, incluyendo la minimización de la superficie de contacto entre el sonotrodo y el eje de guiado como se ilustra en las Figs. 9-11.

Otra posibilidad de minimizar el impacto del sonotrodo, especialmente el ruido producido por la fricción entre el sonotrodo y el eje de guiado, se muestra en sección en la **Figura 17**. El sonotrodo de esta realización comprende una pluralidad de microsaliientes 81 orientados hacia dentro. Los microsaliientes, que pueden tener forma cónica o de calota o tener otras formas, están en contacto con el eje de guiado del elemento auxiliar 2 y consiguen de esta forma que la superficie de contacto entre el sonotrodo 3 y el eje de guiado sea mínima. Los microsaliientes 81 tienen una altura que es comparativamente pequeña de manera que el hueco resultante entre el eje y el sonotrodo tiene un espesor d que es tan pequeño que, debido a la tensión superficial, no penetrará prácticamente nada de material termoplástico en el hueco. Más en particular, el espesor del hueco d (que corresponde aproximadamente a la altura de los salientes) puede tener entre 0,02 mm y 0,2 mm. En un hueco que tenga un espesor de este orden de magnitud, no penetrará material termoplástico.

Aunque la Fig. 17 muestra los microsaliientes como características protuberantes hacia el interior del sonotrodo, también sería posible proporcionar en consecuencia salientes orientados hacia fuera desde el eje de guiado.

Como alternativa a los microsaliientes que definen porciones puntiformes de la superficie de contacto, también sería posible tener microsaliientes 82 en forma de arista como se ilustra en la **Figura 18**. La realización de la Fig. 18 comprende los microsaliientes 82 en el eje de guiado; por supuesto en consecuencia (orientadas hacia dentro), también podrían estar presente en el sonotrodo microsaliientes en forma de arista. La dimensión radial de los salientes de la Fig. 18 puede estar nuevamente en el intervalo entre 0,02 mm y 0,2 mm.

También para las realizaciones de las Figs. 9-15 y de las Figs. 17, 18, existen variantes de configuración "inversa" si el elemento con el eje 5 (que está provisto de un ensanchamiento distal) se usa como sonotrodo acoplado a una fuente de vibración y el elemento 3 de tipo casquillo se usa como contraelemento; siendo entonces la interfase de licuefacción la interfase entre el ensanchamiento distal y el elemento de refuerzo y/o revestimiento.

A continuación, haciendo referencia a todas las realizaciones de la invención, se realizan algunas consideraciones sobre las dimensiones del elemento de refuerzo y/o revestimiento, especialmente el espesor de la pared. Estas consideraciones se basan en la suposición de que el material poroso durante el proceso de infiltración no se empuja lateralmente, sino que meramente queda infiltrado por el material de refuerzo y/o revestimiento. Sin embargo, un efecto de empujar lateralmente porciones del material infiltrado se tiene en cuenta indirectamente, asimismo, concretamente, mediante la determinación de la porosidad aparente, como se explica más adelante en el presente documento. El espesor depende principalmente de la profundidad de infiltración deseada (profundidad de penetración), y de la porosidad del material poroso. Suponiendo en primer lugar que el elemento de refuerzo y/o revestimiento tiene forma tubular y que el radio del elemento de refuerzo y/o revestimiento es mucho mayor que el espesor de la pared -de manera que como aproximación se puede suponer una configuración plana, para una profundidad de infiltración de 1 mm y una porosidad del 40 % (por ejemplo un material compuesto ligero), el espesor de la pared es de 0,4 mm. Para una porosidad del 80 % (por ejemplo una espuma metálica), se obtiene un espesor de la pared de 0,8 mm para una profundidad de penetración de 1 mm, y para una porosidad del 60 % se obtiene un espesor de la pared de 0,6 mm. En la presente aproximación, el espesor de la pared es una función lineal de la profundidad de penetración, de tal forma que, por ejemplo, para una profundidad de penetración de 2 mm y una porosidad del 80 %, el espesor de la pared debe ser de 1,6 mm. Con estas consideraciones, se supone que el flujo de material es ideal y que todo el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento se desplaza al interior del material poroso. En realidad, este no es el caso. En su lugar, el material poroso fomenta un comportamiento de enfriamiento en el material termoplástico penetrado, donde dicho comportamiento de enfriamiento es más pronunciado cuanto más denso es el material poroso, mayor es su capacidad térmica y mayor es su conductividad térmica. Este efecto se puede tener en cuenta sustituyendo la porosidad real medida por una porosidad reducida aparente. La porosidad aparente se puede medir mediante el siguiente proceso:

- Refuerzo y/o revestimiento usando un cilindro de refuerzo y/o revestimiento sencillo de un espesor de pared d_w dado (por ejemplo 0.5 mm) en material poroso, por ejemplo, un material compuesto de madera o un material poroso de espuma, completan el desplazamiento durante la penetración
- Medición de una profundidad de penetración d_m y una altura de penetración h_m promedio (correspondientes a la extensión axial de la porción de material poroso reforzado)

- Calcular un factor de corrección $F = d_m/d_t \cdot h_s/h_m$ donde d_t denota la profundidad de penetración teórica de acuerdo con las consideraciones anteriores para un flujo material ideal, y h_s es la altura original del elemento de refuerzo y/o revestimiento, y

- Calcular una porosidad aparente P_A para que sea $P \cdot F$.

En una medición ilustrativa con $P=35\%$, se han obtenido los valores de $d_m/d_t=0,6$ y $h_m/h_s=0,9$, por tanto $F=0,667$. Para una porosidad del 40% y una profundidad de penetración de 1 mm , se obtiene seguidamente un espesor de pared de $0,267\text{ mm}$. De nuevo, el espesor de la pared es proporcional tanto a la profundidad de la penetración como a la porosidad, por tanto, partiendo de este valor, se pueden calcular otros espesores de pared.

Si no todo el material de refuerzo y/o revestimiento se desplaza al interior del material poroso, el espesor de pared residual del material remanente dentro de la abertura revestida debe sumarse al espesor de la pared.

En casos de elementos de refuerzo y/o revestimiento segmentados y/o elemento de refuerzo y/o revestimiento con aberturas, a lo largo de bordes que van axialmente, hasta cierto punto se producirá un flujo de material adicional en direcciones perimetrales. Como norma, el flujo de polímero ensanchará la región reforzada (en dirección perimetral) en aproximadamente $0,5\text{-}1\text{ mm}$. Así, en estas regiones, habrá una profundidad de infiltración reducida en consecuencia. Esto habitualmente no es crítico y/o se puede tener en cuenta usando las correcciones correspondientes.

La **Figura 19** muestra, de nuevo en sección, otro enfoque adicional de la minimización del impacto del sonotrodo. En la realización de la Fig. 19, el sonotrodo 3 comprende un eje 91 del sonotrodo que, en las posiciones axiales más proximales, está abarcado por el elemento auxiliar 2 que tiene forma de funda. El elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 se sujeta mediante el sonotrodo, por ejemplo en una conexión entrelazada. Por ejemplo, el sonotrodo 3 puede tener una rosca exterior, y el elemento auxiliar puede atornillarse al sonotrodo. En la configuración representada, el sonotrodo tiene un ensanchamiento distal 92 -opcional- (pie) que es un soporte adicional para sujetar el elemento de refuerzo y/o revestimiento para evitar que se escape en una dirección distal. Durante el proceso de refuerzo y/o revestimiento, el sonotrodo con el elemento de refuerzo y/o revestimiento fijado al mismo vibra mientras que el elemento auxiliar en forma de funda se presiona contra la superficie proximal del elemento de refuerzo y/o revestimiento. En la interfase entre el sonotrodo y el elemento auxiliar de tipo funda, se absorbe energía mecánica, hace que el elemento de refuerzo y/o revestimiento se licue parcialmente. Durante el proceso, por ejemplo, la posición axial del sonotrodo se puede mantener inmóvil mientras que el elemento auxiliar 2 se presiona hacia delante.

La realización de la Fig. 19, análogamente a otras realizaciones de configuraciones "inversas" descritas en el presente documento, presenta la ventaja de que, debido a la configuración del sonotrodo central y el elemento auxiliar periférico, hay solamente un contacto mínimo entre el sonotrodo y el material poroso que rodea la abertura inicial.

Una unidad correspondiente a la de la Fig. 19 también sería posible en una disposición 'directa' donde la cara de contacto entre el elemento de refuerzo y/o revestimiento y el elemento auxiliar está en el extremo distal del elemento de refuerzo y/o revestimiento. En una unidad de ese tipo, el elemento auxiliar puede tener, por ejemplo, un eje delgado que lleva un pie distal (que comprende la cara de contacto), pasando el eje a través del sonotrodo. Aunque dicha configuración es una posibilidad, la configuración de la Fig. 19 tiene la ventaja adicional de ser más fácil de implementar.

Además, opcionalmente, el extremo distal del sonotrodo podría estar provisto de una funcionalidad de corte o perforación, por ejemplo de acuerdo con el quinto grupo de realizaciones de la invención. Dicha característica de perforación o corte podría funcionar, por ejemplo, como un punzón opcionalmente asistido por vibración cuando se introduce la unidad in el material poroso -la abertura inicial entonces no tiene que practicarse previamente en una etapa independiente, sino que se puede realizar mediante la introducción de la unidad-.

La **Figura 20** muestra en sección una realización que comprende un elemento protector 96. El elemento protector abarca al menos parcialmente el sonotrodo 3 y de esta forma protege el material poroso. El elemento protector 96 puede comprender una estructura de corte/escariado distal y/o una estructura de fresado para proporcionar al material poroso reforzado o no reforzado una rosca.

En la configuración representada, el elemento protector 96 se muestra junto con una abertura escalonada. Esto no es un requisito; también se pueden usar elementos protectores suficientemente finos ($<0,1\text{ mm}$ o $0,05\text{ mm}$) de material suficientemente rígido (por ejemplo, acero) junto con aberturas no escalonadas. Se puede proporcionar una abertura escalonada en donde la abertura inicial está hecha de una forma escalonada (por ejemplo, usando dos taladros de diferentes diámetros), o mediante una estructura autocortante del propio elemento protector, que después, por ejemplo también puede avanzar durante el proceso de refuerzo y/o revestimiento para evitar que todo el sonotrodo con la posible excepción de la porción más distal entre en contacto con el material poroso.

Un elemento protector 96 podría estar opcionalmente segmentado en una dirección perimetral y después,

opcionalmente, proyectarse adicionalmente hacia la cara distal, por ejemplo en dirección descendente hacia la parte inferior de la abertura. De este modo, enmascara localmente el material poroso y produce refuerzo y/o revestimiento segmentado. En esta variante, la configuración de la Figura 20 es una realización adicional de un método del primer grupo de realizaciones.

En una realización adicional más, un elemento protector 96 que sirve de máscara podría tener una geometría del tipo ilustrado para el elemento de refuerzo y/o revestimiento de las Figs. 14 y 15, es decir, comprender un cuerpo con una pluralidad de aberturas, especialmente de manera segmentada, es decir que comprende, en función del ángulo azimutal, secciones con aberturas y secciones sin aberturas. En esta realización adicional más, las aberturas pueden constituir una parte sustancial de la superficie de la cubierta convexa del elemento, es decir, el espacio vacío puede constituir una porción sustancial de, por ejemplo, al menos el 50 %, al menos el 60 % o al menos 2/3 de la superficie de un cilindro imaginario del cual el elemento protector 96 forma las porciones no vacías.

En otra realización más, el elemento protector se puede configurar para que sea poroso, infiltrado (durante el proceso) por el material termoplástico, y permanecer en su sitio y servir posteriormente como elemento de contacto, por ejemplo, para conducir calor y/o electricidad o como elemento de montaje.

En todas las realizaciones con un elemento protector, (que, en algunas realizaciones como se ha mencionado, puede servir como máscara) el material del elemento protector puede ser un metal o un material cerámico. Como la superficie de este tipo de material repele el material termoplástico licuado, el polímero solamente se adherirá levemente al elemento protector de forma que este último puede ser relativamente fácil de eliminar. Este es incluso el caso en las configuraciones del tipo anteriormente mencionado con aberturas a través de las cuales el material polimérico entra en el material poroso -si el espesor del elemento protector es lo suficientemente fino, por ejemplo, con un espesor de 0,1 mm o menos.

En todas las realizaciones con un elemento protector, el elemento protector puede estar opcionalmente provisto de una hendidura axial de manera que, tras la retirada del eje, se pliega radialmente y/o se despega para su retirada.

Las realizaciones de la Fig. 20 pueden tener además las siguientes características opcionales:

- el pie distal 6 que por ejemplo se usa si la abertura inicial es un orificio pasante o si el material en la base de la abertura inicial es demasiado débil para soportar la presión sobre el elemento de refuerzo y/o revestimiento;
- ranuras debilitantes en el exterior del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1.

De acuerdo con otro enfoque más, el proceso de refuerzo y/o revestimiento se puede combinar con medidas para desviar las oscilaciones mecánicas. Un primer enfoque se ilustra esquemáticamente en la **Figura 21**. La Figura 21 representa un dispositivo 101 para desviar las oscilaciones mecánicas que comprende un elemento 102 alargado y flexado, de manera que el elemento oscilante 101 cuando se excita para oscilar transversalmente en un punto de acoplamiento oscila transversalmente en un punto de desacoplamiento. El punto de acoplamiento comprende un terminal 103 de entrada (que puede estar acoplado a una fuente de oscilación) y, en el punto de desacoplamiento, se forma un terminal 104 de salida, en donde está provisto de un terminal 104 de tipo funda que bien puede servir como sonotrodo (o una parte del mismo) que puede definir una interfase con el sonotrodo. Un elemento auxiliar que guía el elemento de refuerzo y/o revestimiento durante el proceso se puede guiar al centro del terminal 104 de tipo funda. El dispositivo 101 en la región del terminal 104 de salida también puede comprender un orificio pasante (canulación) a través del cual el elemento auxiliar se puede proyectar y se puede sujetar desde su cara proximal. Aunque la realización de la Fig. 20 no permite fácilmente la aplicación activa de una contrafuerza a la fuerza aplicada con la que el sonotrodo se presiona contra la dirección distal, dicha contrafuerza activa puede no ser necesaria cuando el material poroso tiene resistencia suficiente para proporcionar suficiente resistencia.

Otro enfoque especial se representa en la **Figura 22**. La Figura 22 ilustra un dispositivo 101 de desviación que tiene un cuerpo resonante en forma de anillo. El ángulo entre el puerto de acoplamiento y el punto de desacoplamiento es una fracción entera de 360°. El terminal 104 de desacoplamiento puede ser, de nuevo, de tipo funda. El elemento auxiliar 2 se puede guiar pasivamente por el interior del terminal 104 de tipo funda. También se puede sujetar mediante (no se muestra) elementos que agarran el elemento auxiliar desde fuera del plano definido por el cuerpo resonante en forma de anillo.

Una variante de la realización de la Figura 22 se muestra en la **Figura 23**. A diferencia de la realización de la Fig. 22, el terminal 104 de desacoplamiento está unido al interior del anillo y está en su porción proximal (superior).

En una variante de la realización de Fig. 23, el cuerpo resonante en forma de anillo puede estar cerrado. El terminal 104 de desacoplamiento se puede proyectar después a través de un orificio del anillo.

A continuación, haciendo referencia a las siguientes Figuras, se describen realizaciones y aplicaciones adicionales de los procesos de acuerdo con las realizaciones de la invención. Para estas realizaciones y aplicaciones, se pueden utilizar realizaciones refuerzo y/o revestimiento segmentado y/o de minimización del impacto del sonotrodo. Como

alternativa, estas realizaciones/aplicaciones se pueden usar en otros procesos que comprenden las etapas de:

- proporcionar una abertura inicial en el material poroso;
- 5 - proporcionar un elemento de refuerzo y/o revestimiento termoplástico y una herramienta;
- colocar el refuerzo y/o el elemento de revestimiento en la abertura inicial, colocar la herramienta en contacto con una cara del elemento de refuerzo y/o revestimiento y presionar la herramienta hacia una dirección distal contra la cara mientras se acopla energía en la herramienta y mientras una periferia de una interfase de licuefacción de la herramienta y el elemento de refuerzo y/o revestimiento está dentro de la abertura;
- 10 - licuar de esta forma el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento en la una o más interfases de licuefacción para obtener material licuado;
- 15 - hacer que porciones del material licuado penetren en las estructuras del material poroso;
- dejar que el material licuado se endurezca y de esta manera se convierta en material de refuerzo y/o revestimiento;
- 20 - retirar la herramienta.

Este es especialmente el caso en realizaciones en las que un diámetro exterior de la herramienta (al menos en la región de la interfase de licuefacción, así, en las configuraciones inversas, el ensanchamiento distal) se corresponde aproximadamente con el diámetro interno de la abertura inicial (por ejemplo, es igual o menor como máximo en un 10 % o como máximo un 5 % o como máximo un 3 %) y/o aproximadamente corresponde al diámetro exterior del elemento de refuerzo y/o revestimiento (por ejemplo correspondiendo al mismo, o es mayor o menor como máximo en un 7 %, como máximo un 4 % o como máximo un 2 %).

La **Figura 24a** muestra un objeto con una abertura inicial a revestir, concretamente, un tablero ligero que tiene dos capas 201 de cobertura duras y una capa 202 de relleno blando, ligero y poroso entre las capas de cubierta. La herramienta 3 (sonotrodo) y el elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 se muestran en una configuración inversa. El contraelemento no se muestra en la figura. En la configuración representada, el ensanchamiento distal 92 de la herramienta 3 y el diámetro exterior del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 se seleccionan para ser más pequeños que el diámetro interior de la abertura inicial del tablero ligero.

La **Figura 24b** representa el tablero ligero tras el proceso de refuerzo y/o revestimiento. Como las capas 201 de cubierta son duras y no porosas, el material 1 de refuerzo y/o revestimiento 1 se mantiene por detrás de ellas, y esto da como resultado un bulto 141 radial bajo las mismas. Este bulto radial estabiliza el material 1 de refuerzo y/o revestimiento 1 adicionalmente contra las fuerzas axiales en direcciones que corresponden a la dirección proximal durante el proceso de refuerzo y/o revestimiento. Si un elemento de construcción, tal como un elemento de unión o un accesorio se inserta a continuación en la abertura reforzada/revestida, este efecto proporciona una estabilidad adicional al anclaje.

El objeto con la abertura inicial ilustrado en la **Figura 25** comprende dos elementos 210.1, 210.2 del material poroso (por ejemplo material compuesto de madera o espuma cerámica) grapados uno encima del otro y teniendo una abertura revestida/reforzada común. Como se ilustra en la figura, el material 1 de refuerzo y/o revestimiento 1 puede encontrar menos resistencia en la transición entre los elementos 210.1, 210.2, y esto puede dar como resultado un bulto 142 en la región de transición. Dicho bulto puede estabilizar el conjunto de los dos elementos y al menos en cierta medida fijarlos entre sí.

La **Figura 26** ilustra esquemáticamente el uso de una fuente de radiación para acoplamiento de energía dentro del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 para la etapa de hacer incidir energía sobre el elemento de refuerzo y/o revestimiento mientras que el mismo se somete a una fuerza de presión. Con este fin, la herramienta 3 se selecciona para que sea un cilindro de vidrio en el que la radiación se acopla desde la cara proximal. El elemento auxiliar 2 comprende un pie que interactúa con la cara final distal del elemento de refuerzo y/o revestimiento. La luz que llega al mismo desde la herramienta 3 se puede absorber en el extremo distal 301 de la herramienta 3, por el elemento de refuerzo y/o revestimiento (número de referencia 302), o en la superficie 303 del pie en la interfase con el elemento de refuerzo y/o revestimiento.

La **Figura 27** muestra un ejemplo de conducción eléctrica a través del elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 (que después comprende un material eléctricamente conductor con una conductividad relativamente baja). Con este fin, la herramienta 3 comprende un primer electrodo 311 en la interfase con el elemento de refuerzo y/o revestimiento 1 y el elemento auxiliar 2 comprende un segundo electrodo 312 en la interfase con el elemento de refuerzo y/o revestimiento.

Como alternativa, la herramienta 3 podría estar provista de una resistencia de calentamiento que puede calentar la interfase con el elemento de refuerzo y/o revestimiento. Se resalta que esto es posiblemente en ambos casos, en una

configuración directa con una herramienta 3 como se muestra en la Fig. 27, así como en configuraciones inversas con una herramienta que tiene la forma del elemento auxiliar 2 de la Fig. 27 y con un contraelemento para ejercer una contrafuerza, teniendo el contraelemento del ejemplo la forma de la herramienta de la Fig. 3.

- 5 Las configuraciones de las Figs. 26 y 27 pueden ser simétricas alrededor del eje 204 o pueden tener la forma de los ejemplos del tipo anteriormente descrito en el presente documento, especialmente, en ejemplos de refuerzo y/o revestimiento segmentado.

Las Figuras 28-30 también ilustran ejemplos de aplicaciones de refuerzo y/o revestimiento segmentado.

- 10 En el ejemplo de la **Figura 28**, el material de refuerzo y/o revestimiento 11.1, 11.2 está axialmente segmentado. El material de refuerzo y/o revestimiento 11.1, 11.2 reviste la superficie interior de un orificio pasante y, en la configuración representada, se deja sobresalir levemente más allá de la superficie inicial de la abertura, de forma que queda una ranura perimetral entre los segmentos. En esta ranura, se dispone una arandela 321 de sellado.

- 15 Junto con un eje (no se muestra) en el que se asienta la arandela de sellado, esta configuración se puede usar para ayudar a precintar entre sí dos segmentos axialmente separados de un eje montado en el objeto.

- 20 Las **Figuras 29a y 29b** (la Fig. 29b muestra una sección a través del plano B-B de la Fig. 29a) ilustran un ejemplo donde los segmentos 11.1, 11.2 del material de refuerzo y/o revestimiento se usan como contactos eléctricos diferentes para un enchufe 341 con dos electrodos 342, 343 eléctricamente aislados entre sí. En consecuencia, los electrodos 331, 332 se representan esquemáticamente en la Fig. 29a.

- 25 El mismo principio también se puede aplicar a una abertura con segmentos aumentado axialmente separados (similar a la Fig. 28, pero posiblemente sin la arandela de sellado). Un enchufe 341 correspondiente con electrodos 345, 346 se muestra en la **Figura 30**.

REIVINDICACIONES

1. Un método para reforzar y/o revestir un objeto que comprende un material compuesto de madera, cartulina, hormigón armado, ladrillo, escayola, piedra o estructuras de tipo sándwich con capas de cubierta dura y un relleno comparativamente más blando comprendido entre las capas de cubierta, comprendiendo el método las etapas de:
 - proporcionar una abertura inicial (203) en el objeto;
 - proporcionar un elemento de refuerzo y/o revestimiento termoplástico (1) y una herramienta (3);
 - colocar el refuerzo y/o el elemento de revestimiento en la abertura inicial, colocar la herramienta en contacto con una cara del elemento de refuerzo y/o revestimiento y presionar la herramienta contra la cara mientras se acopla energía en la herramienta y mientras una periferia de una interfase de licuefacción de la herramienta y del elemento de refuerzo y/o revestimiento está dentro de la abertura (203);
 - licuar de esta forma el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento en la interfase de licuefacción para obtener material licuado, producir un movimiento relativo de la herramienta con respecto al elemento de refuerzo y/o revestimiento, y hacer que porciones del material licuado penetren en las poros y/o cavidades del objeto;
 - dejar que el material licuado se endurezca y de esta manera se convierta en material de refuerzo y/o revestimiento; y
 - retirar la herramienta,
 - en donde, en la interfase de licuefacción, una sección transversal completa del elemento de refuerzo y/o revestimiento se licua.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde ninguna porción del elemento de refuerzo y/o revestimiento que no se haya licuado en la una o más interfases de licuefacción siga en el objeto o conectada al mismo tras retirar la herramienta.
3. El método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde se selecciona una extensión radial de la herramienta (3) para que sea aproximadamente igual o mayor que una extensión radial exterior del elemento de refuerzo y/o revestimiento.
4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde se selecciona una extensión radial de la herramienta para que sea más pequeña que un diámetro interior de la abertura inicial como máximo en un 10 %.
5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la cara del elemento de refuerzo y/o revestimiento (1) es una cara distal, en donde la herramienta (3) comprende una porción superficie orientada proximalmente, en donde la interfase de licuefacción es una interfase entre la cara distal del elemento de refuerzo y/o revestimiento y la porción superficie orientada proximalmente de la herramienta y en donde, durante la etapa de presionar, la herramienta se estira hacia una dirección proximal.
6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la herramienta se selecciona para que comprenda al menos una hoja que sobresale radialmente (95).
7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el objeto comprende material poroso, en donde el método comprende reforzar y/o revestir el material poroso, en donde la etapa de proporcionar una abertura inicial (203) en el objeto comprende proporcionar una abertura inicial (203) en el material poroso, en donde la etapa de hacer que porciones del material licuado penetren dentro de las estructuras comprende hacer que porciones de un material termoplástico licuado penetren dentro de las estructuras del material poroso y en donde se cumple al menos una de las siguientes condiciones:
 - a. en al menos una profundidad axial, el elemento de refuerzo y/o revestimiento (1) se segmenta en función del ángulo perimetral de forma que, a esta profundidad axial, la pared perimetral de la abertura inicial en las primeras regiones esté en contacto con el elemento de refuerzo y/o revestimiento y en segundas regiones no está en contacto con el elemento de refuerzo y/o revestimiento;
 - b. en al menos una profundidad axial de una abertura revestida resultante, el material de refuerzo y/o revestimiento queda segmentado en función del ángulo perimetral;
 - c. en una abertura revestida resultante, el material de refuerzo y/o revestimiento se proporciona en al menos dos regiones reforzadas axialmente separadas entre sí, en donde entre las dos regiones reforzadas hay una región no reforzada;
 - d. el elemento de refuerzo y/o revestimiento no tiene la simetría de un cilindro en rotación sino que es asimétrico con respecto a la rotación alrededor de cualquier eje;
 - e. la herramienta comprende al menos una hoja que sobresale radialmente (95), sobresaliendo más allá de una extensión exterior del elemento de refuerzo y/o revestimiento y confinando el flujo de material termoplástico licuado a ciertos ángulos azimutales.
8. El método de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde se usa un elemento auxiliar (5) para ejercer una contrafuerza durante la etapa de presionar la herramienta contra la cara.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el elemento auxiliar (5) comprende un pie distal (6), en donde, durante la etapa de presionar, la herramienta se presiona hacia una dirección distal, y el elemento auxiliar queda comprimido entre la herramienta y el pie y en donde, después de la etapa de hacer que porciones del material licuado penetren dentro de las estructuras del material poroso, se retira el elemento auxiliar.
- 5 10. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde la herramienta comprende un ensanchamiento distal (92), en donde la cara del elemento de refuerzo y/o revestimiento es una cara final distal y en donde, durante la etapa de presionar, una fuerza de tracción se acopla en la herramienta.
- 10 11. El método de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde el objeto comprende material poroso, en donde el método comprende reforzar y/o revestir el material poroso, en donde la etapa de proporcionar una abertura inicial (203) comprende proporcionar una abertura inicial (203) en el material poroso, en donde el método comprende además proporcionar un elemento auxiliar (5) para ejercer una contrafuerza durante la etapa de presionar la herramienta contra la cara, y que comprende además un elemento de refuerzo y/o revestimiento que abarca al
- 15 menos parcialmente una porción de guiado de la herramienta o del elemento auxiliar, y en donde se cumple al menos una de las siguientes condiciones:
- A. durante la etapa de acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta, un elemento de protección exterior (96) abarca al menos parcialmente la herramienta (3) y evita localmente que la herramienta entre en
- 20 contacto con el material poroso;
- B. el elemento de refuerzo y/o revestimiento (1) tiene generalmente forma de funda y comprende al menos una indentación u orificio en una pared de la funda;
- C. durante la etapa de acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta, en una región que sobresale telescópicamente, una porción de la herramienta abarca una porción del elemento auxiliar (5) o una
- 25 porción del elemento auxiliar abarca la herramienta, en donde al menos uno de la herramienta y el elemento auxiliar comprende al menos un saliente (21, 54, 55, 81, 82) orientado hacia el otro de la herramienta y el elemento auxiliar, de modo que, en la región que sobresale telescópicamente, se evita un contacto entre la herramienta y el elemento auxiliar en ubicaciones diferentes del al menos un saliente;
- D. durante la etapa de acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta, la herramienta (3) se presiona hacia la dirección distal, y en donde la herramienta comprende un ensanchamiento distal (71) formando una característica de saliente que impide un contacto entre la herramienta y el material poroso en ubicaciones
- 30 próximas a la característica de saliente;
- E. antes de la etapa de acoplar una energía de fuerza de presión hacia la herramienta, el elemento de refuerzo y/o revestimiento se conecta a la herramienta mediante una conexión axial de ajuste positivo y, durante la etapa de acoplar una fuerza y una energía de presión hacia la herramienta, el elemento auxiliar se presiona contra una
- 35 dirección distal para activar la etapa de licuar el material del elemento de refuerzo y/o revestimiento y para empujar porciones del material licuado lateralmente y al interior de las estructuras del material poroso.
12. El método de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde la herramienta en la interfase de licuefacción está curvada o ahusada.
- 40 13. El método de acuerdo con una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde la energía es energía mecánica de vibración acoplada en la herramienta.

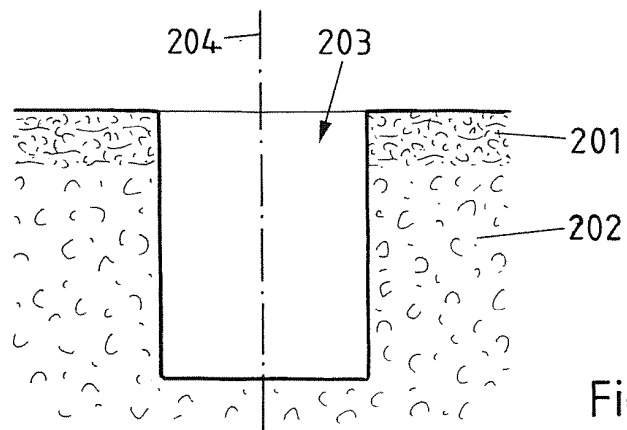


Fig. 1

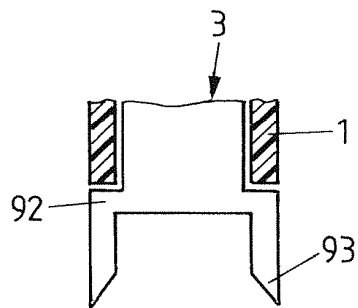


Fig. 1a

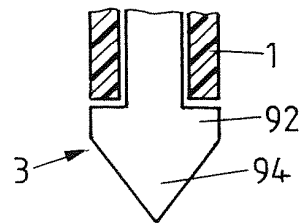


Fig. 1b

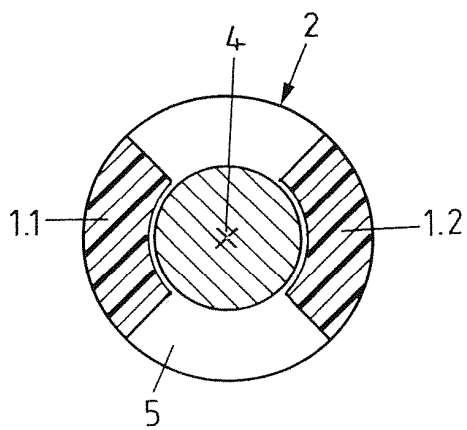


Fig. 2a

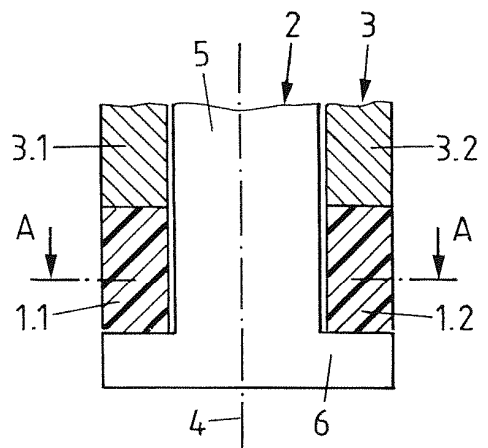


Fig. 2b

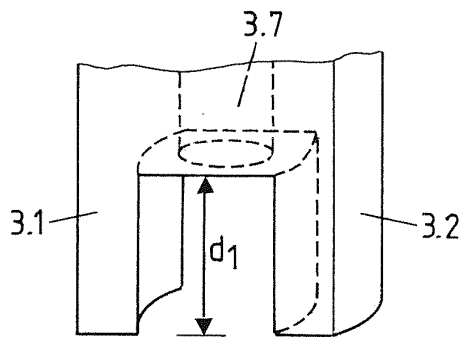


Fig. 2c

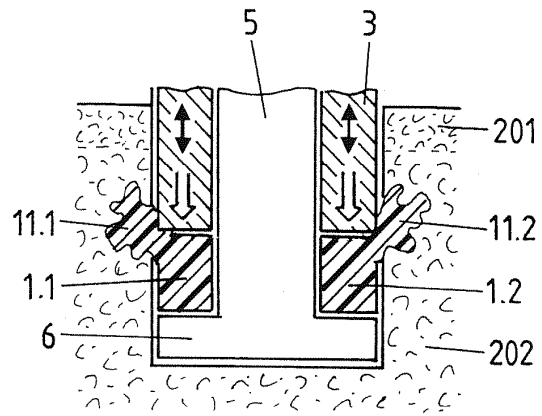


Fig. 2d

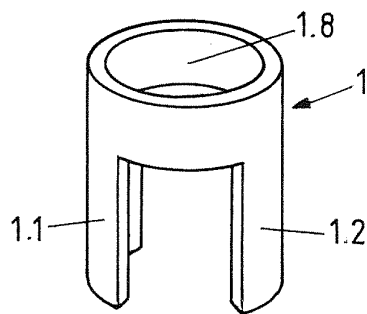


Fig. 2e

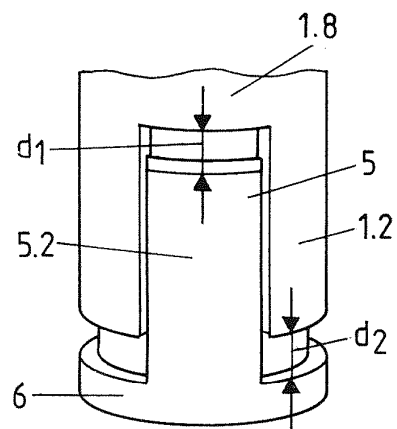


Fig. 2f

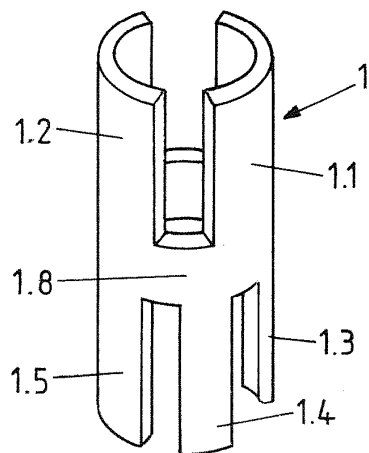


Fig. 2g

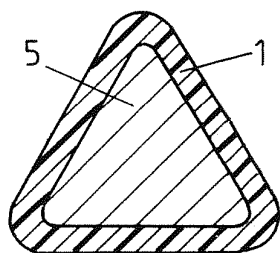


Fig. 3a

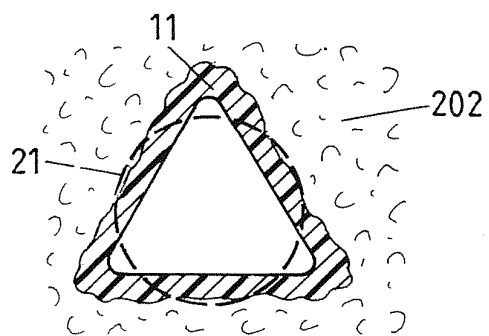


Fig. 3b

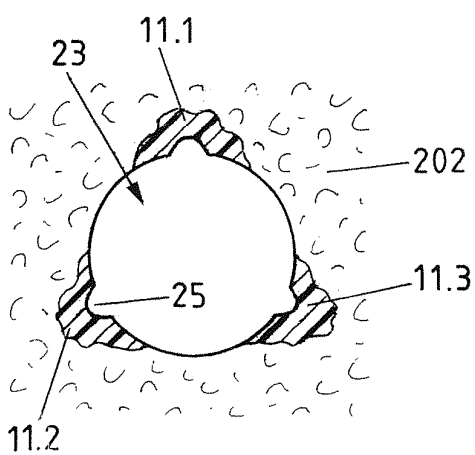


Fig. 3c

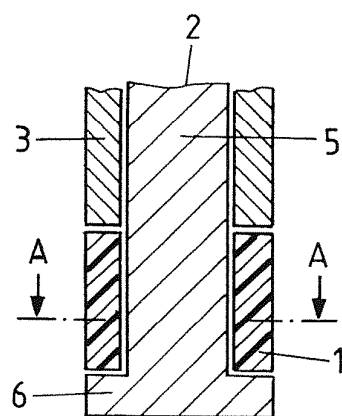


Fig. 3d

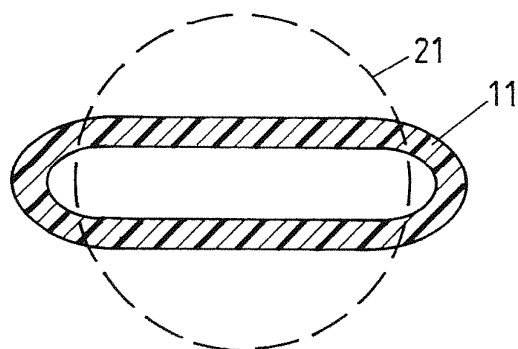


Fig. 4

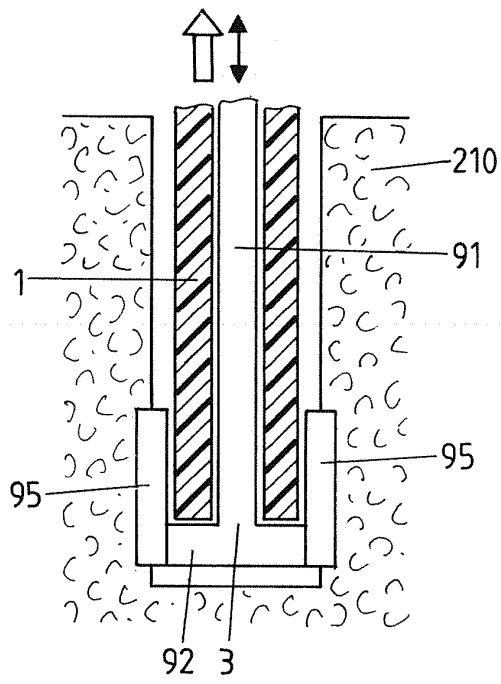


Fig. 5a

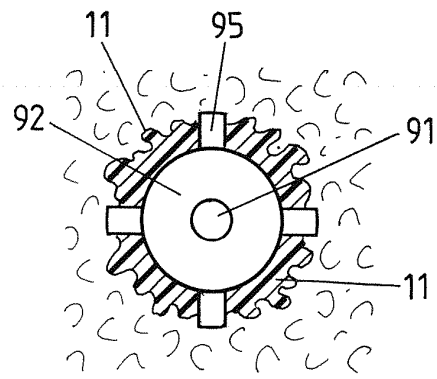


Fig. 5b

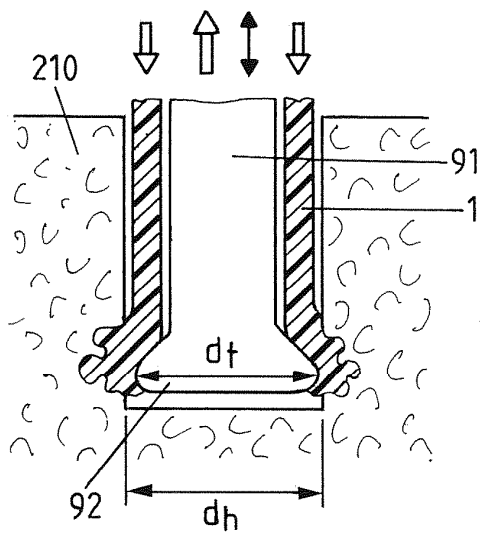


Fig. 5c

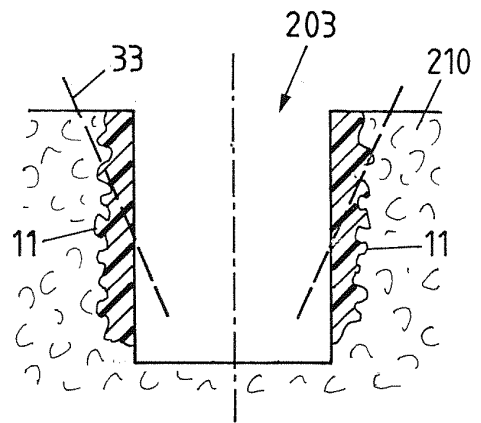


Fig. 6

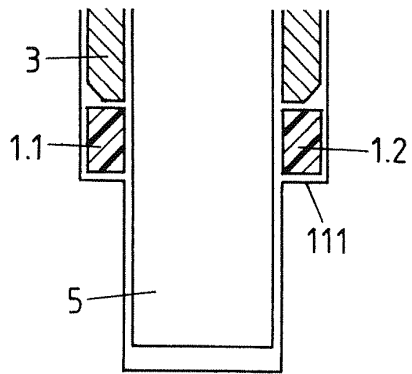


Fig. 7a

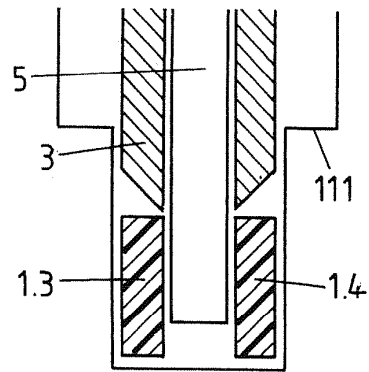


Fig. 7b

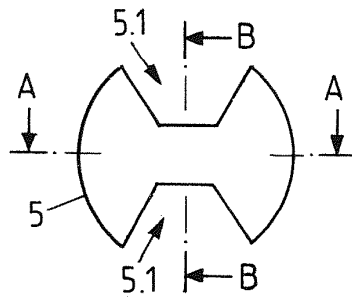


Fig. 7c

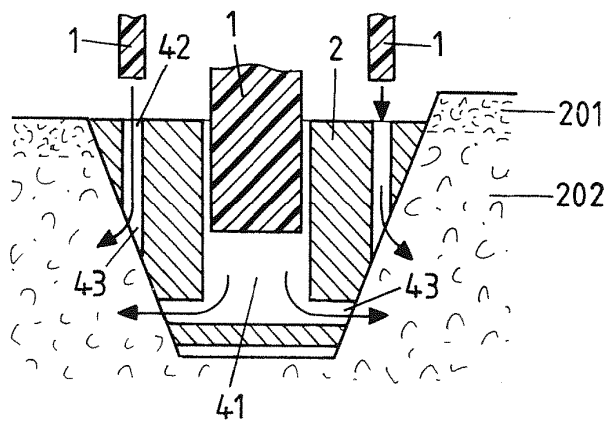


Fig. 8

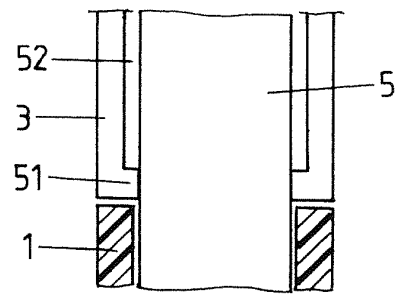


Fig. 9a

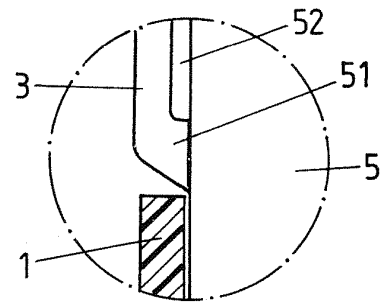


Fig. 9b

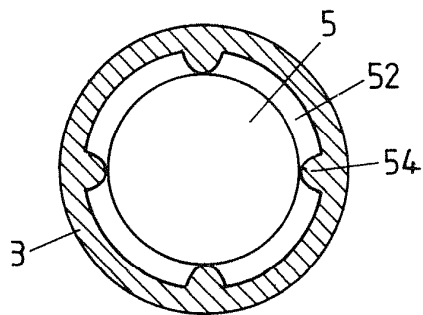


Fig. 10

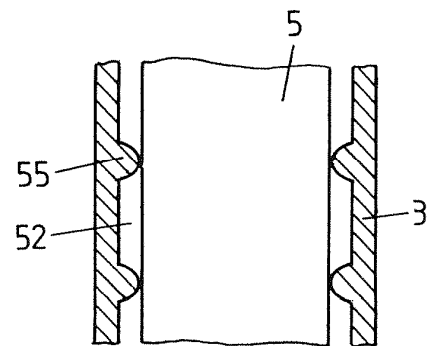


Fig. 11

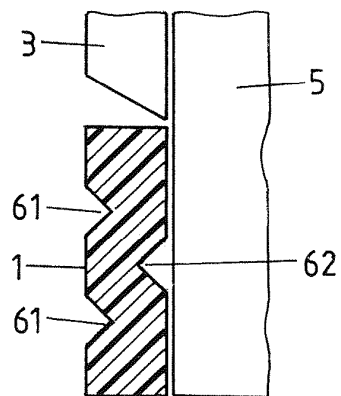


Fig. 12

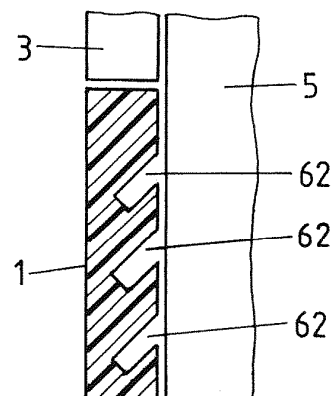


Fig. 13

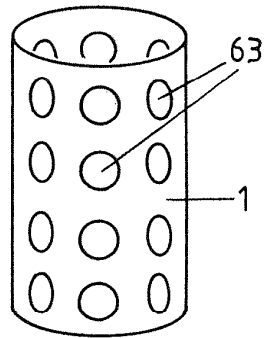


Fig. 14

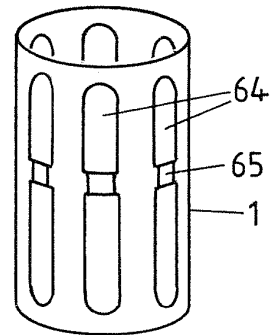


Fig. 15

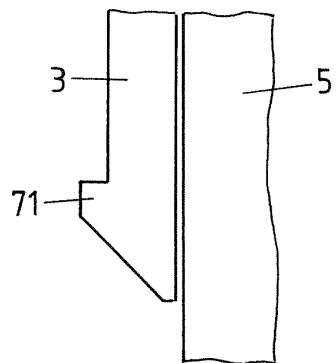


Fig. 16

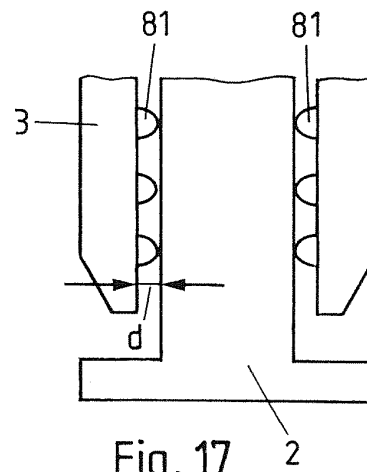


Fig. 17

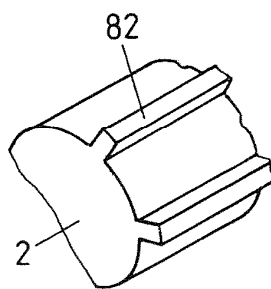


Fig. 18

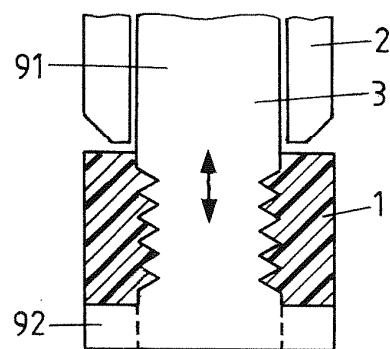


Fig. 19

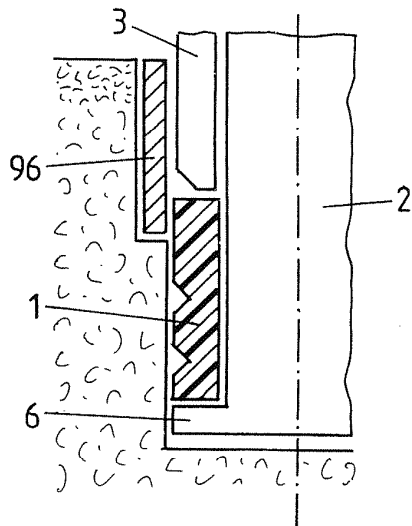


Fig. 20

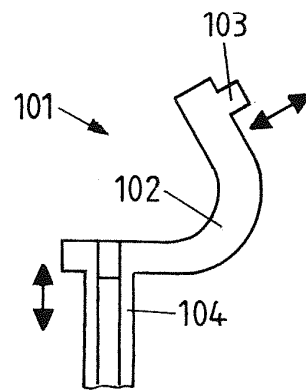


Fig. 21

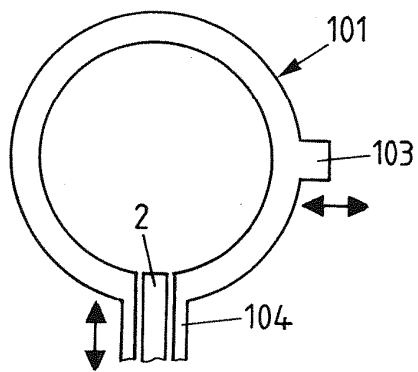


Fig. 22

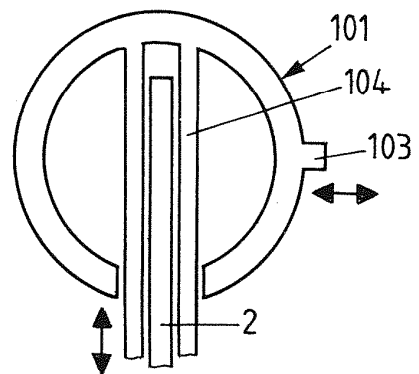


Fig. 23

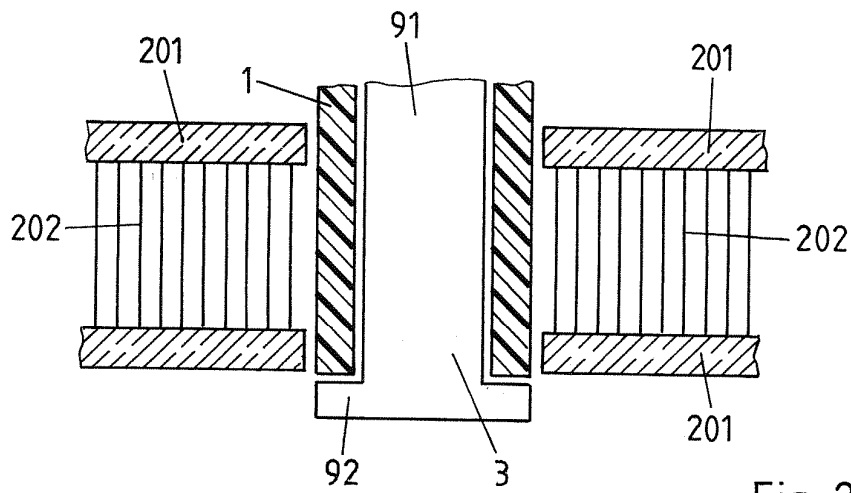


Fig. 24a

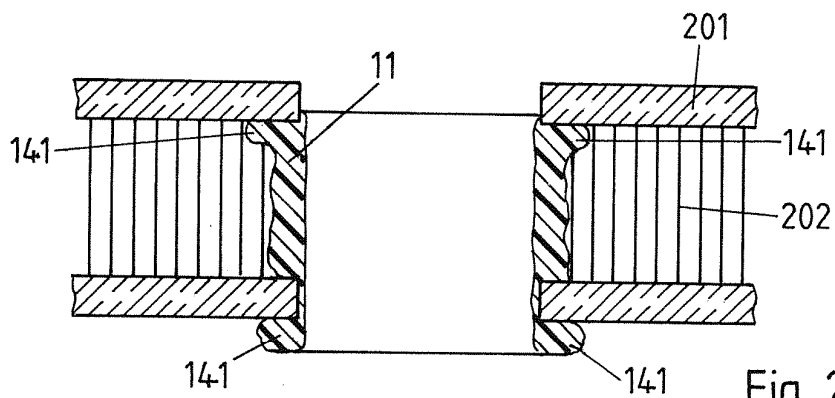


Fig. 24b

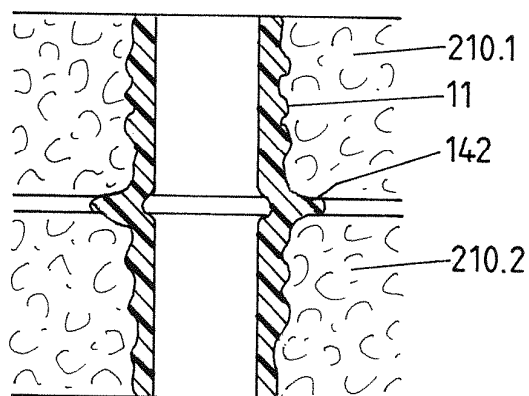


Fig. 25

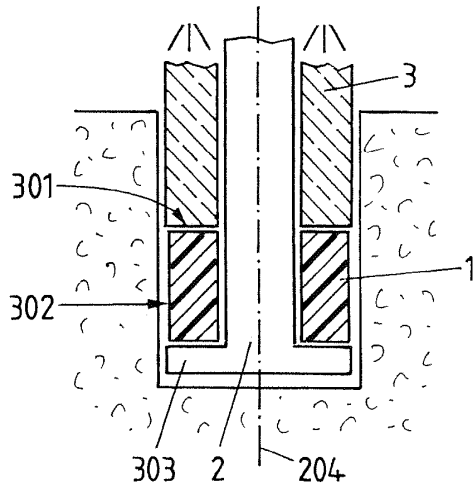


Fig. 26

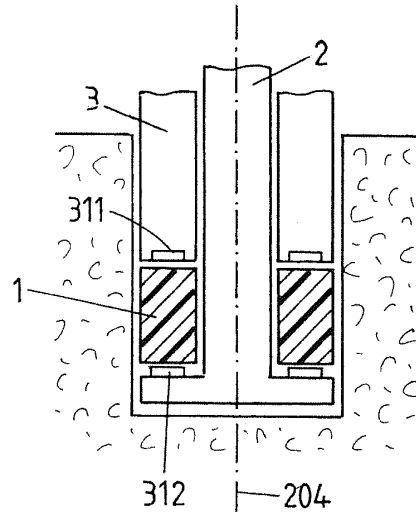


Fig. 27

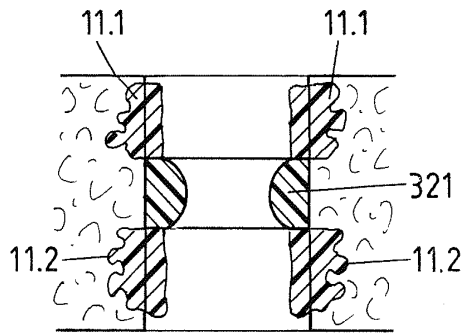


Fig. 28

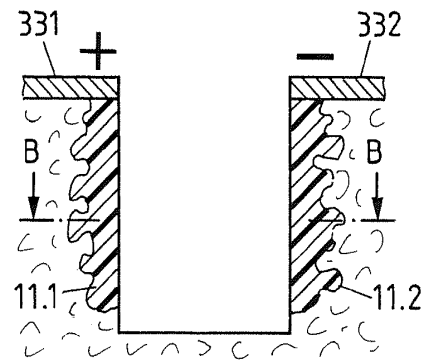


Fig. 29a

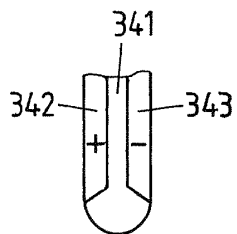


Fig. 29c

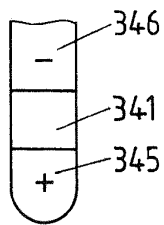


Fig. 30

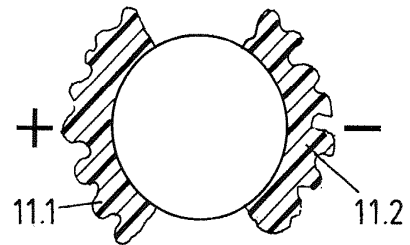


Fig. 29b