

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 013 328**

51 Int. Cl.:

B29C 65/64 (2006.01)

B29C 65/60 (2006.01)

B29C 65/78 (2006.01)

B29C 65/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2015 PCT/CH2015/000149**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2016 WO16054751**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2015 E 15784265 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2024 EP 3204214**

54 Título: **Anclaje de un elemento de unión en un objeto**

30 Prioridad:

09.10.2014 CH 15392014

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.04.2025

73 Titular/es:

**WOODWELDING AG (50.00%)
Mühlebach 2
6362 Stansstad, CH y
INTER IKEA SYSTEMS B.V. (50.00%)**

72 Inventor/es:

**DIZDAR, NIHAT;
KÄLL, HÅKAN;
HÅKANSSON, PONTUS;
SANKARAN, MUTHUMARIAPPAN;
LEHMANN, MARIO;
MAYER, JÓRG;
TORRIANI, LAURENT y
AESCHLIMANN, MARCEL**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 013 328 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

Anclaje de un elemento de unión en un objeto

5 **Campo de la invención**

La invención se encuadra en el campo de la ingeniería mecánica y la construcción y, en especial, en la construcción de muebles. En particular, guarda relación con un método de anclaje de un elemento de unión en un objeto y a un elemento de unión correspondiente, así como a un conjunto que comprende tal elemento de unión.

10

Antecedentes de la invención

Las uniones entre distintas piezas son una cuestión importante en la construcción mecánica, por ejemplo, en la industria del mobiliario. Muchas de estas uniones comprenden, en al menos una de las piezas que se van a unir, un elemento de unión con una porción anclada en profundidad ("porción de anclaje" en el siguiente texto) y una porción protuberante, a menudo denominada "cabeza". La porción anclada en profundidad puede, por ejemplo, atornillarse en la pieza, y la cabeza puede comprender unos medios para hacer posible la conexión a la pieza adicional. Para este fin, la pieza adicional puede comprender un segundo elemento de unión que coopera con el elemento de unión de la primera pieza.

15

20

El documento WO 2013/104422 de Inter Ikea Systems B.V. divulga una junta en la que una primera pieza del mueble que se va a unir tiene una o más piezas masculinas que cooperan con una o más piezas femeninas de la segunda pieza de mueble. En este caso, la pieza macho puede ser un elemento de unión con una porción anclada en profundidad en forma de clavija y una porción de cabeza. La porción en profundidad en forma de clavija se pega en la primera pieza del mueble.

25

La junta divulgada en el documento WO 2013/104422 se basa en que cada una de las porciones de cabeza de la pieza macho y la pieza hembra tiene una serie de ranuras, en donde las piezas macho y hembra se mueven una con respecto a la otra durante el ensamblaje, y en donde las ranuras de al menos una de la pieza macho y la pieza hembra están inclinadas de modo que las piezas del mueble se presionan una hacia la otra cuando la pieza macho se mueve con relación a la pieza hembra.

30

En este caso, y también en otras juntas que comprenden un elemento de unión con una parte protuberante ("macho"), la forma de la pieza protuberante tiene una función crítica. En el sistema del documento WO 2013/104422, si las ranuras de las piezas macho y hembra no coinciden entre sí con suficiente precisión, es difícil o imposible introducir correctamente la pieza macho, o no se consigue el efecto de presión de las piezas del mueble entre sí y, en consecuencia, no se obtiene suficiente estabilidad.

35

Otra cuestión importante en relación con las juntas para muebles u otros objetos es el coste de fabricación, tanto para la fabricación de los elementos de unión como para el acto de proveer a las piezas de los elementos de unión. Mientras que la unión de elementos de metal, por ejemplo, con una parte anclada roscada, se puede diseñar de modo que la forma de la porción de cabeza satisfaga suficientemente los requisitos para su estabilidad, su fabricación es comparativamente cara. También, si el anclaje en las respectivas piezas se realiza en fábrica (en contraposición al automontaje por parte del cliente), requiere comparativamente mucho tiempo y, por tanto, es caro.

40

45

Por este motivo, en el documento WO 2013/104422 se ha propuesto fabricar el elemento de unión de plásticos mediante moldeo por inyección, y el anclaje de la porción de anclaje se realiza por encolado en una abertura prefabricada en la pieza del mueble. No obstante, este tipo de anclaje presenta el inconveniente de que el volumen de cola debe adaptarse a la porosidad del aglomerado. Si se inyecta demasiado poco, la interfaz carecerá de suficiente cola porque la madera la absorberá, y si se inyecta demasiado, se producirá un colchón líquido que puede impedir el posicionamiento exacto en profundidad del elemento de unión. También, el encolado conlleva esfuerzos de limpieza, y la etapa de encolado es comparativamente larga en el sentido de que la cola tiene que endurecerse durante algún tiempo. También, la naturaleza de la conexión por encolado es tal que el pegamento se adhiere únicamente a la superficie de las piezas respectivas. Aunque el pegamento sea muy fuerte, la conexión por encolado proporcionará una estabilidad de anclaje limitada si una de las propias piezas tiene un material de estabilidad limitada, por ejemplo, si la pieza es de un aglomerado comparativamente quebradizo.

50

55

A partir del documento WO 98/042988 (Woodwelding) se conoce el anclaje de elementos de unión que comprenden materiales con propiedades termoplásticas en materiales fibrosos o porosos como, por ejemplo, aglomerado o madera. Para tal anclaje, se posiciona una porción anterior (distal) en una abertura para un anclaje en profundidad y a continuación, se acoplan simultáneamente una vibración mecánica, en particular, una vibración ultrasónica, y una fuerza dirigida a presionar el elemento de unión dentro de la abertura en la cara de entrada de acoplamiento más posterior (proximal) del elemento de unión. En la etapa de aplicación de vibración y fuerza, el material que tiene propiedades termoplásticas se licúa debido al calor por fricción, al menos donde está en contacto con el material fibroso o poroso, y penetra en el material fibroso o poroso de las paredes de la abertura y forma, tras volverse a solidificar, una conexión de ajuste positivo con el material poroso o fibroso.

60

65

En el documento WO 2015/181300, se divulga un método para unir dos objetos, en donde una porción de inserción de uno de los objetos, que comprende material termoplástico, se inserta en una abertura del otro de los objetos de manera que tenga lugar un ajuste por interferencia,

5 a partir de lo cual la energía adecuada para la licuación del primer material, especialmente la energía de vibración mecánica, se acopla a los objetos en una cantidad y durante un tiempo suficiente, para la licuación del material termoplástico y la interpenetración de los materiales en una interfaz donde los objetos se presionan entre sí debido al ajuste por interferencia. Los documentos WO2008080238 y WO2014075200 divulgan un método de anclaje de un elemento de unión que comprende material termoplástico en un objeto, comprendiendo el método posicionar la porción de anclaje del elemento de unión para llegar hasta una abertura del objeto y presionar el elemento de unión hacia una dirección distal y, al mismo tiempo, acoplar una energía de vibración mecánica al elemento de unión mediante un sonotrodo para licuar una porción del material termoplástico para provocar la interpenetración del material termoplástico en las estructuras del objeto.

15 Si bien ambos métodos dan lugar a una mejora del anclaje en profundidad del elemento de unión en comparación con las uniones por encolado y pueden aplicarse con una precisión de colocación bastante elevada y de forma relativamente rápida, suponen un aporte de energía y una fuerza considerable en el extremo posterior (proximal) del elemento de unión, que combinados pueden dar lugar a deformaciones de la porción protuberante (cabeza). Por lo tanto, no son como tales adecuados para anclar elementos de unión de material licuable cuya porción de cabeza debe tener una forma y posición predefinidas.

Los documentos JP2009295269, DE4317621 y WO 97/01432 divulgan todos máquinas para procesar artículos usando vibración ultrasónica.

25 **Sumario de la invención**

Un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar métodos de anclaje de un elemento de unión en un objeto de un material capaz de ser penetrado por un material termoplástico en estado líquido, especialmente, de un material poroso y/o un material en el que puedan generarse poros aplicando presión hidrostática, tales como materiales compuestos de madera o madera o espumas sólidas, qué métodos son adecuados para unir elementos del tipo expuesto anteriormente en los que una porción de cabeza (porción protuberante) tiene que cooperar con una estructura hembra de otro objeto para presionar el objeto hacia el otro objeto.

35 En el método según la invención, se proporciona un elemento de unión, elemento de unión que tiene una porción de anclaje para un anclaje en profundidad en el objeto y una porción de cabeza (porción protuberante), dispuesta proximalmente a la porción de anclaje con respecto a un eje de inserción. La porción de cabeza tiene una superficie exterior lateral que tiene una estructura bien definida, especialmente, dentro de unas estrechas tolerancias. Por ejemplo, la superficie exterior lateral puede estar estructurada para cooperar con la estructura correspondiente de un objeto adicional de manera que una fuerza de tracción axial sobre el elemento de unión pueda transmitirse a través de la estructura, por tanto, la estructura comprende una escotadura con respecto a las direcciones axiales. Por ejemplo, la superficie exterior lateral puede comprender al menos una ranura y/o al menos una cresta y, por ejemplo, puede estar ondulada con al menos una ranura dispuesta alternadamente con crestas. Especialmente, la superficie exterior puede estar bien definida dentro de estrechas tolerancias, por ejemplo, de menos de 1 mm, especialmente, menos de 0,6 mm o incluso menos de 45 0,2 mm.

El elemento de unión comprende un material termoplástico (es decir, un material que tiene propiedades termoplásticas) al menos en una superficie de la porción de anclaje. En unas realizaciones, puede estar compuesto por un material termoplástico. El método comprende además posicionar el elemento de unión con relación al objeto de manera que la porción de anclaje llegue a una abertura del objeto o se coloque adyacente a una boca del mismo, presionando el elemento de unión hacia una dirección distal, presionar la porción de anclaje (aún más) en la abertura, y al mismo tiempo acoplar una energía de vibración mecánica en el elemento de unión mediante una herramienta en una cantidad y durante un tiempo suficientes para la licuación de una porción del material termoplástico para provocar la interpenetración del material termoplástico en estructuras del objeto, en donde el método comprende dejar intacta la superficie exterior lateral de la porción de cabeza, por tanto, no afectada por la presión ni la vibración.

Tras la etapa de presión y acoplamiento de energía en el elemento de unión, se detiene el aporte de energía y se deja que el material termoplástico vuelva a solidificarse, de modo que tiene lugar una conexión de ajuste positivo sólido. La herramienta puede retirarse.

60 En este texto, una dirección "distal" es generalmente una dirección en la que se aplica la fuerza de presión. La dirección "proximal" es la dirección opuesta. A menudo, para la persona que lleva a cabo el método, las direcciones "distales" son direcciones "hacia delante" y las direcciones "proximales" son direcciones "hacia atrás". En contraste con "hacia atrás" y "hacia delante", "proximal" y "distal" no sólo hacen referencia a direcciones, sino también hacen referencia a ubicaciones (relativas).

La etapa de presión y acoplamiento de energía en el elemento de unión puede hacer que el elemento de unión se mueva hacia una dirección distal, como se enseña, por ejemplo, en el documento WO 98/042988. Esto, no obstante, no tiene por qué ser el caso. De acuerdo con las enseñanzas del documento PCT/EP2015/061853, también es posible que, debido a un ajuste por interferencia y/o a otras fuerzas, el elemento de unión permanezca esencialmente inmóvil.

5 En estas realizaciones, la fuerza de presión servirá principalmente para un acoplamiento mecánico entre la herramienta (vibratoria) y el elemento de unión.

Dependiendo de cómo se aplique el elemento de unión, son posibles diferentes configuraciones básicas. Para muchas configuraciones de un primer tipo, el eje de inserción, que opcionalmente puede ser un eje de simetría de la porción de anclaje, coincide con un eje de la porción de cabeza, a lo largo del cual se aplica la fuerza de tracción axial mencionada anteriormente, para formar un eje común del elemento de unión, o es paralelo a él. En esta configuración básica, la cara de acoplamiento será esencialmente perpendicular al eje del elemento de unión, y la superficie del objeto en el que está anclado el elemento de unión será esencialmente perpendicular al eje y, por tanto, esencialmente paralela a la cara de acoplamiento.

15 En muchas situaciones, el elemento de unión se anclará en un objeto con una superficie plana bien definida, tal como una tabla que tiene un lado plano grande y superficies estrechas. En general o en particular en casos en los que la porción de cabeza no es por sí misma simétrica alrededor de un eje, el eje de la porción de cabeza puede definirse como el eje a través del centro de la cabeza en dirección perpendicular a la superficie plana en la que está presente la abertura y desde la que sobresale la porción de cabeza.

20 En este texto, la "superficie exterior lateral" de la porción de cabeza puede ser una superficie que es una superficie lateral con respecto a un eje de porción de cabeza, eje con respecto al cual hay una escotadura. Tal eje puede ser, por ejemplo, un eje de simetría de la porción de cabeza.

25 En muchas realizaciones, la vibración mecánica se aplica en una cara de entrada de acoplamiento orientada proximalmente del elemento de unión y se transmite a una zona más distal del elemento de unión, incluido, por ejemplo, su extremo distal. Se ha descubierto que, para este fin, para dimensiones características de elementos de unión en la industria del mueble y la construcción (con una longitud de conector de entre, por ejemplo, 1 cm y 20 cm), vibraciones con frecuencias entre 5 kHz o 10 kHz y 100 kHz, en especial, de aproximadamente 15-50 kHz, y en particular entre 18 kHz y 30 kHz, siendo las frecuencias más altas adecuadas para una licuación local en la interfaz (como se conoce en la soldadura por ultrasonidos). Con el fin de que las vibraciones se transmitan a la zona más distal, se puede crear un sistema de oscilación común de la herramienta (sonotrodo) y el elemento de unión. Para hacerlo, se debe aplicar una presión comparativamente fuerte de, por ejemplo, 10^5 N/m² o más a la interfaz entre la herramienta y el elemento de unión; para fuerzas de presión menores, el acoplamiento entre la herramienta y el elemento de unión se debilita, y la herramienta sometida a las oscilaciones martilleará sobre la cara de acoplamiento en lugar de acoplar las vibraciones en el elemento de unión, dando lugar a una absorción de energía primaria en la interfaz.

40 Para un sistema de oscilación común con un acoplamiento con suficiente fuerza de presión y frecuencias de aproximadamente, por ejemplo, 10-50 kHz, la zona dentro de unos pocos milímetros de la cara de acoplamiento se encuentra en el campo cercano. Esta zona de 1-2 mm desde la cara de acoplamiento se denomina también en lo sucesivo "zona de interfaz".

45 Se ha descubierto que incluso para fuerzas de presión comparativamente altas, lo que da lugar a un acoplamiento comparativamente bueno entre la herramienta y el elemento de unión, en condiciones reales, parte de la energía se absorberá inevitablemente en la zona de la interfaz. Esto dará lugar a un calentamiento del material en la zona de la interfaz, y, debido a la presión necesariamente elevada (para fuerzas de presión menores, el acoplamiento se vuelve más débil, y las pérdidas de energía en la zona de interfaz se vuelven mayores, dando lugar a un mayor calentamiento), una deformación plástica por la que el material se derrama en dirección lateral-radial. Esto se ilustra en las **Figuras 1a y 1b** que muestran una configuración comparativa (que no es según la presente invención) con un elemento de unión 201 que está compuesto por un material termoplástico anclado en un objeto 202, por ejemplo, de aglomerado. La Figura 1a muestra el estado inicial en el que el elemento de unión está posicionado en una abertura 203 del objeto, y un sonotrodo 206 actúa para presionar el elemento de unión hacia una dirección distal mientras está sometido a vibraciones. Las pequeñas flechas en la zona de interfaz de la Figura 1a ilustran la presión acoplada en el elemento de unión. La Figura 1b muestra la disposición al final del proceso de anclaje de acuerdo con el documento WO 98/042988. La licuación predomina en los lugares de alta fricción externa, es decir, en la configuración ilustrada cerca del extremo distal donde el material termoplástico interpenetra el objeto y da lugar a un anclaje deseado en una zona de anclaje 208. No obstante, debido al reblandecimiento en la zona de interfaz y a la presión, el material termoplástico se deformará ligeramente también en la zona de interfaz, aunque no haya licuación en esta zona. Esto provocará cierto derrame incontrolado de material hacia los lados laterales, tal y como ilustran los pequeños círculos 209 de la Figura 1b. Esto, a su vez, da lugar a una incertidumbre sobre las dimensiones finales, ya que la reducción de altura Δx , así como la expansión de la dimensión radial ΔR no pueden predecirse con precisión.

65 Por tanto, en planteamientos según la técnica anterior, la superficie exterior lateral no quedará intacta y, por tanto, ya no estará bien definida. Por este motivo, los métodos de anclaje de un objeto cuyos métodos comprenden la aplicación

5 de vibraciones mecánicas a una cara de contacto orientada proximalmente para licuar el material termoplástico hasta ahora no se consideraban adecuados para anclar un elemento de unión del tipo que aquí se expone. En contraste con lo anterior, el aspecto de la invención hace uso de vibraciones mecánicas que licúan el material termoplástico para un anclaje en profundidad de la porción de anclaje mientras se deja intacta una porción exterior lateral de la porción de cabeza.

Para llevar a cabo la invención, son factibles diferentes conceptos para presionar el elemento de unión hacia una dirección distal (generalmente contra el objeto) y acoplar vibración mecánica al elemento de unión.

10 Según un primer concepto, la presión y la vibración mecánica se aplican mediante una herramienta, presionando la herramienta contra una cara de extremo proximal de la porción de cabeza. Si la porción de cabeza puede considerarse una "cabeza", entonces, el primer concepto se refiere a presionar el elemento de unión en la cabeza y acoplar la vibración mecánica a la cabeza. En realizaciones de este primer concepto, la porción de cabeza está equipada para impedir cualquier deformación de la porción funcional de la superficie exterior lateral estructurada.

15 Según un segundo concepto, la porción de cabeza comprende un rebaje abierto por el lado proximal. La herramienta aplica la presión y la vibración mecánica en una cara de acoplamiento dentro del rebaje. Esta cara de acoplamiento puede comprender una cara de extremo del rebaje, en la parte inferior del rebaje. Además, o como alternativa, la cara de acoplamiento puede comprender un saliente dentro del rebaje. Además, o según otra alternativa adicional, la cara de acoplamiento puede comprender una porción de superficie inclinada o curva no paralela al eje de inserción.

20 Según el segundo concepto, de este modo, la presión y las vibraciones se aplican en dentro de la porción de cabeza ("dentro de la cabeza") o incluso dentro de la porción de anclaje - la cara de acoplamiento en la que se acoplan la presión y las vibraciones está desplazada con respecto a la cara de extremo proximal de la porción de cabeza.

25 En las realizaciones que realizan el segundo concepto, la forma exterior de la herramienta puede adaptarse a la forma del rebaje, de modo que la herramienta se alinee automáticamente con el elemento de unión y lo guíe y/o transporte durante el proceso.

30 El rebaje generalmente tendrá una profundidad sustancial. Especialmente, una relación de aspecto del rebaje puede ser de al menos 0,5 o de al menos 1.

35 Este segundo concepto y también el primer concepto se basan en la idea de que, en primer lugar, las vibraciones mecánicas acopladas a través de una cara de acoplamiento contra la cual se presiona una herramienta vibratoria son vibraciones longitudinales y tenderán a propagarse por el elemento de unión en una dirección hacia delante, por tanto, distalmente más lejos. En segundo lugar, la disipación o la fricción externa que provoca la generación de calor que, en última instancia, dará lugar a la deformación y la licuación predomina en los lugares donde el elemento está sometido a tensión mecánica. El segundo concepto puede dar lugar a que la superficie exterior lateral sea una zona de tensión reducida.

40 En este sentido, la forma y el tamaño del rebaje pueden adaptarse a la geometría de la porción de cabeza de manera que la distribución de la fuerza se optimice para este fin. Especialmente, la relación de aspecto (relación entre profundidad y anchura de la escotadura) puede ser suficientemente elevada, por ejemplo, de al menos 0,5, o al menos 1 o incluso al menos 1,5.

45 De acuerdo con un concepto adicional, que puede combinarse con uno cualquiera de los conceptos primero o segundo, se usa una herramienta de moldeo para preservar la forma exterior lateral de la porción de cabeza durante al menos una porción del tiempo de acoplamiento de energía de vibración mecánica a la cabeza. Para este fin, un molde de este tipo que tiene una porción de superficie con una forma que corresponde a un negativo de la forma de la superficie exterior lateral se pone en contacto con la superficie exterior lateral de la cabeza y se mantiene allí, por ejemplo, hasta se detenga la fuerza de presión que presiona el elemento de unión hacia la dirección distal.

50 De acuerdo con un primer grupo de realizaciones, que implementan el primer concepto, se proporciona una porción de cabeza que comprende una zona más proximal de deformación controlada.

55 En este primer grupo de realizaciones, la cara de extremo proximal del elemento de unión será perpendicular al eje de inserción, eje que entonces a menudo es también el eje de la porción de cabeza o al menos paralelo a este. Si el objeto en el que se ancla el elemento de unión tiene una superficie plana, la cara de extremo proximal a menudo será esencialmente paralela a la superficie en la que se proporciona la abertura.

60 En el primer grupo de realizaciones, el método comprende, por lo tanto:

- 65 - proporcionar el elemento de unión, especialmente del tipo expuesto anteriormente, con una porción de anclaje para un anclaje en profundidad en el objeto y una porción de cabeza dispuesta proximalmente a la porción de anclaje con respecto a un eje de inserción, en donde la porción de cabeza tiene una superficie exterior lateral, por ejemplo, una superficie exterior lateral que tiene una escotadura u otra estructura que la hace adecuada para una

funcionalidad de ojo de cerradura junto con una pieza diferente, en donde el elemento de unión comprende un material termoplástico al menos en una superficie de la porción de anclaje,

- 5 - disponer el elemento de unión con relación al objeto de manera que la porción de anclaje llegue a una abertura del objeto o se coloque adyacente a una boca del mismo,
- 10 - presionar el elemento de unión hacia una dirección distal y acoplar al mismo tiempo una energía de vibración mecánica en el elemento de unión mediante una herramienta en una cantidad y durante un tiempo suficientes para licuar una porción del material termoplástico para provocar la interpenetración del material termoplástico en estructuras del objeto,
- 15 - en donde en la etapa de presión, una cara de salida de acoplamiento de la herramienta se presiona contra una cara de extremo proximal del elemento de unión, formándose una interfaz de herramienta-elemento de unión entre la cara de salida de acoplamiento y la cara de extremo proximal, en donde la interfaz tiene una extensión radial menor que una extensión radial de la porción de cabeza.

20 Por tanto, en realizaciones del primer grupo, la zona de deformación controlada está provista por la interfaz de herramienta-elemento de unión que tiene una extensión radial menor que la extensión radial de la porción de cabeza, es decir, la interfaz no llega hasta la parte funcional de la superficie exterior lateral. Esto se puede conseguir haciendo que la herramienta tenga una extensión radial menor que la porción de cabeza, o mediante una protuberancia proximal del elemento de unión como se considera a continuación en el presente documento, o ambas cosas.

25 En un primer subgrupo de realizaciones del primer grupo, la zona de deformación controlada está provista como una protuberancia proximal cuya extensión radial es menor que la extensión radial de la porción de cabeza, es decir, la zona de deformación no llega radialmente hasta la porción funcional de la superficie exterior lateral.

En un segundo subgrupo de realizaciones del primer grupo, la cara de salida de acoplamiento de la herramienta tiene una extensión radial que es menor que la extensión radial de la porción de cabeza.

30 Muchas realizaciones pertenecen a ambos, tanto al primer como al segundo subgrupo.

Especialmente en realizaciones del segundo subgrupo, la cara de salida de acoplamiento de la herramienta puede no ser plana y hacer posible una deformación controlada de manera parecida a la de un molde.

35 En este caso, la porción de cabeza es simétrica alrededor del eje de inserción (la porción de cabeza tiene esencialmente la forma de un sólido de revolución), la zona de deformación controlada puede tener, por ejemplo, forma de anillo o de disco. La extensión axial t de esta zona puede estar entre 0,1 mm y 2 mm, especialmente, entre 0,2 mm y 1 mm.

40 De acuerdo con un segundo grupo de realizaciones, el elemento de unión comprende una parte licuable y una parte no licuable.

45 En muchas realizaciones del segundo grupo de realizaciones, el método comprende proveer al elemento de unión de una superficie de acoplamiento orientada proximalmente del material no licuable, en donde para la etapa de acoplamiento de la energía mecánica de vibración en el elemento de unión, la herramienta se presiona contra la superficie de acoplamiento mientras está sometida a vibraciones.

50 En estas realizaciones del segundo grupo de realizaciones, el método de anclaje de un elemento de unión en un objeto comprende, por lo tanto:

- 55 - proporcionar el elemento de unión, especialmente del tipo expuesto anteriormente, con una porción de anclaje para un anclaje en profundidad en el objeto y una porción de cabeza dispuesta proximalmente a la porción de anclaje con respecto a un eje de inserción, en donde la porción de cabeza tiene una superficie exterior lateral con una escotadura, en donde el elemento de unión comprende un material termoplástico al menos en una superficie de la porción de anclaje,
- 60 - disponer el elemento de unión con relación al objeto de manera que la porción de anclaje llegue a una abertura del objeto o se coloque adyacente a una boca del mismo,
- 65 - presionar el elemento de unión hacia una dirección distal y acoplar al mismo tiempo una energía de vibración mecánica en el elemento de unión mediante una herramienta en una cantidad y durante un tiempo suficientes para licuar una porción del material termoplástico para provocar la interpenetración del material termoplástico en estructuras del objeto,
- en donde en la etapa de proporcionar, el elemento de unión está provisto de una superficie de acoplamiento orientado proximalmente de un material no licuable, en donde para la etapa de acoplamiento de la energía

mecánica de vibración en el elemento de unión, la herramienta se presiona contra la superficie de acoplamiento mientras está sometida a vibraciones.

5 El segundo grupo de realizaciones comprende realizaciones que implementan el primer concepto y realizaciones que implementan el segundo concepto.

10 En este texto, en general, un material "no licuable" es un material que no se licúa a las temperaturas alcanzadas durante el proceso, por tanto, especialmente a temperaturas a las que el material termoplástico se licua. Esto no excluye la posibilidad de que el material no licuable sea capaz de licuarse a temperaturas que no se alcanzan durante el proceso, generalmente muy por encima (por ejemplo, al menos 80 °C) de una temperatura de licuación (temperatura de fusión de polímeros cristalinos para los termoplásticos amorfos una temperatura más elevada que la temperatura de transición vítrea a la que se vuelve suficientemente fluido, a veces denominada "temperatura de flujo" (en ocasiones, definida como la temperatura más baja a la que es posible la extrusión), por ejemplo, la temperatura a la que la viscosidad cae por debajo de 10^4 Pa*s (en las realizaciones, especialmente, con polímeros sustancialmente sin refuerzo de fibra, hasta por debajo de 10^3 Pa*s)), del material termoplástico. Por ejemplo, el material no licuable puede ser un metal, tal como aluminio o acero, madera o un plástico duro, por ejemplo, un polímero termoendurecible reforzado o no reforzado o un termoplástico reforzado o no reforzado con una temperatura de fusión (y/o temperatura de transición vítrea) considerablemente más alta que la temperatura de fusión/temperatura de transición vítrea de la parte licuable, por ejemplo, con una temperatura de fusión y/o una temperatura de transición vítrea que es al menos 20 50 °C u 80 °C más elevada.

25 En un primer subgrupo de realizaciones de este segundo grupo de realizaciones, al menos una parte de la porción de cabeza, especialmente al menos una parte que comprende la superficie exterior lateral estructurada, está fabricada con el material no licuable. El elemento de unión comprende entonces esta parte no licuable y comprende además una parte licuable, parte licuable que comprende al menos una superficie exterior de la porción de anclaje.

30 En un segundo subgrupo de este segundo grupo de realizaciones, la superficie exterior lateral estructurada de la porción de cabeza está hecha del material licuable (termoplástico), y una parte que comprende el material no licuable es un elemento de inserción integrado en la parte licuable.

35 En unas realizaciones, especialmente del segundo subgrupo de realizaciones, (así como en realizaciones de otros subgrupos o grupos descritos en el presente documento), la cara de acoplamiento puede estar desplazada con respecto a una cara de extremo proximal del elemento de unión. Especialmente, la porción de cabeza puede comprender, de acuerdo con el segundo concepto mencionado anteriormente en el presente documento, un rebaje en la cara de extremo proximal, y la cara de acoplamiento puede estar dispuesta en este rebaje, especialmente, en el fondo de este rebaje. En realizaciones específicas, una relación de aspecto de tal rebaje puede ser de al menos 0,5 o incluso de al menos 1.

40 En unas realizaciones del segundo subgrupo de realizaciones, la parte no licuable (el elemento integrado) puede comprender una placa de acoplamiento. Tal placa de acoplamiento puede disponerse, por ejemplo, implementando el segundo concepto, en el fondo de un rebaje accesible desde el lado proximal, en el que encaja la herramienta.

45 Como alternativa, según el primer concepto, tal placa de acoplamiento puede proporcionarse como una placa más proximal. En este sentido, la placa puede tener una extensión radial (lateral) que sea menor que la extensión radial de toda la porción de cabeza.

50 En realizaciones adicionales del segundo subgrupo de realizaciones, la parte no licuable puede comprender una porción de pasador que se extiende distalmente desde la cara de acoplamiento. Por ejemplo, la porción de pasador puede extenderse distalmente hacia la porción de anclaje desde la cara de acoplamiento que está en la porción de cabeza. Un elemento no licuable integrado de este tipo con una porción de pasador puede aportar una resistencia adicional, también contra fuerzas de cizallamiento.

55 La cavidad en la parte licuable, hacia la que se extiende tal porción de pasador, puede ser un orificio pasante que se extiende hasta el extremo distal. Estas realizaciones presentan la ventaja de que el moldeo por inyección de la parte licuable se ve facilitado por el orificio pasante, de modo que se pueda impedir más fácilmente la formación de huecos (tales como burbujas de aire).

60 En unas realizaciones del segundo grupo de realizaciones, la parte licuable y la parte no licuable pueden acoplarse entre sí mediante al menos uno de

- un ajuste a presión;
- una unión adhesiva;
- 65 - interpenetración por el material de la parte licuable en las estructuras de la parte no licuable, de modo que tenga lugar una conexión de ajuste positivo.

De acuerdo con una primera opción, las partes licuable y no licuable pueden constituir un elemento de unión integral, prefabricado. Por ejemplo, las partes pueden moldearse juntas por inyección, es decir, la parte licuable puede moldearse por inyección en presencia y sobre la parte no licuable (moldeada por inserción/sobremoldeada). También, es posible un ensamblaje previo mediante una etapa de fabricación independiente de la etapa de moldeo por inyección, por ejemplo, una etapa de encolado.

De acuerdo con una segunda opción, la unión puede realizarse durante el propio proceso y como parte del método. Entonces, la parte licuable y la parte no licuable del elemento de unión se proporcionan como piezas separadas.

En realizaciones que implican una conexión de ajuste positivo entre las partes licuable y no licuable, la parte no licuable comprende entonces una estructura de superficie con una escotadura (mediante al menos una hendidura o similar) que es adecuado para formar una conexión de ajuste positivo con el material licuable. Durante la etapa de presionar el elemento de unión hacia una dirección distal y al mismo tiempo acoplar energía de vibración mecánica en el elemento de unión, las partes licuable y no licuable se presionan la una contra la otra mientras la energía de vibración mecánica se acopla a la parte no licuable y/o a la parte licuable hasta que el material de la parte licuable se licua cuando entra en contacto con la parte no licuable, penetra en la estructura y de este modo, tras volver a solidificarse, crea una conexión de ajuste positivo con la parte no licuable.

Además, o como alternativa, las partes licuable y no licuable se pueden unir mediante una conexión de ajuste a presión, posiblemente combinada con una unión adhesiva, mediante la etapa de presionar y acoplar la energía de vibración en el elemento de unión.

De manera más general, según algunas realizaciones del segundo grupo, el método comprende la etapa de ensamblar la parte licuable y la parte no licuable a partir de partes inicialmente separadas, especialmente, por efecto de la energía mecánica o energía mecánica adicional o posiblemente del calor aplicado en una etapa independiente del método. También es posible el ensamblaje encastrando las piezas entre sí o similar.

Además, es posible anclar la parte licuable en una primera subetapa mediante la vibración y la presión y, acto seguido, ensamblar la parte no licuable con la parte licuable en una subetapa independiente.

En un tercer grupo de realizaciones, el segundo concepto se implementa con la cara de acoplamiento que es de material termoplástico.

Especialmente, en realizaciones del segundo concepto, el elemento de unión puede ser de una pieza y estar compuesto por el material termoplástico.

En unas realizaciones del tercer grupo de realizaciones, se puede usar un sonotrodo que tiene una cara de acoplamiento que comprende una primera porción de cara de acoplamiento dentro del rebaje y una segunda porción de cara de acoplamiento alrededor de un reborde del rebaje, presionando contra una cara de extremo proximal del elemento de unión. En este sentido, podría ser preferible que la segunda porción de cara de acoplamiento no se extienda radialmente hasta la extensión lateral de la porción de cabeza, de acuerdo con el primer concepto.

En unas implementaciones del segundo concepto, el método comprende:

- proporcionar el elemento de unión, especialmente del tipo expuesto anteriormente, con una porción de anclaje para un anclaje en profundidad en el objeto y una porción de cabeza dispuesta proximalmente a la porción de anclaje con respecto a un eje de inserción, en donde la porción de cabeza tiene una superficie exterior lateral con una escotadura, en donde el elemento de unión comprende un material termoplástico al menos en una superficie de la porción de anclaje, y en donde la porción de cabeza comprende un rebaje abierto por el lado proximal,
- disponer el elemento de unión con relación al objeto de manera que la porción de anclaje llegue a una abertura del objeto o se coloque adyacente a una boca del mismo, y posicionar una herramienta con relación al elemento de unión de manera que la herramienta llegue al rebaje,
- presionar una cara de salida de acoplamiento de la herramienta contra una cara de acoplamiento del elemento de unión, estando la cara de acoplamiento del elemento de unión constituida por una superficie del rebaje, presionar de ese modo el elemento de unión hacia una dirección distal y acoplar al mismo tiempo una energía de vibración mecánica en el elemento de unión mediante la herramienta en una cantidad y durante un tiempo suficientes para licuar una porción del material termoplástico para provocar la interpenetración del material termoplástico en estructuras del objeto.

En unas realizaciones del tercer grupo de realizaciones, el material termoplástico se dispone adicionalmente en la superficie de la porción de anclaje también al menos en la cara de acoplamiento.

En un grupo adicional de realizaciones, se realiza el concepto adicional. Para este fin, una herramienta de moldeo,

que, por ejemplo, puede comprender dos valvas que se aproximan a la porción de cabeza desde lados laterales opuestos, se coloca con relación a la porción de cabeza durante al menos una parte del tiempo durante el cual la fuerza de prensado actúa sobre el elemento de unión. Por ejemplo, la herramienta de moldeo puede aplicarse durante todo el intervalo en el que actúan las vibraciones mecánicas y la fuerza de presión.

- 5 En el grupo adicional de realizaciones, el método comprende, por lo tanto:
- proporcionar el elemento de unión, especialmente del tipo expuesto anteriormente, con una porción de anclaje para un anclaje en profundidad en el objeto y una porción de cabeza dispuesta proximalmente a la porción de anclaje con respecto a un eje de inserción, en donde la porción de cabeza tiene una superficie exterior lateral, por ejemplo, con una escotadura, en donde el elemento de unión comprende un material termoplástico al menos en una superficie de la porción de anclaje,
 - disponer el elemento de unión con relación al objeto de manera que la porción de anclaje llegue a una abertura del objeto o se coloque adyacente a una boca del mismo,
 - presionar el elemento de unión hacia una dirección distal y acoplar al mismo tiempo una energía de vibración mecánica en el elemento de unión mediante una herramienta en una cantidad y durante un tiempo suficientes para licuar una porción del material termoplástico para provocar la interpenetración del material termoplástico en estructuras del objeto,
 - en donde en la etapa de presión, al menos durante una porción del tiempo, una herramienta de moldeo que tiene una forma correspondiente a un negativo de al menos una porción de la superficie exterior lateral de la cabeza se mantiene contra la superficie exterior lateral de la cabeza.

25 En este sentido, especialmente, el sonotrodo sigue actuando sólo sobre el elemento de unión y no tiene contacto vibratorio con la cara proximal de la herramienta de moldeo durante el proceso de inserción.

30 El enfoque según el grupo adicional de realizaciones se puede usar como medida adicional para cualquier realización del primer, segundo y/o tercer grupo de realizaciones en las que la superficie exterior lateral es de un material termoplástico.

35 La invención se refiere a elementos de unión, como se reivindica en la reivindicación 11. La invención se refiere además a un conjunto de un elemento de unión y a una herramienta (sonotrodo) del tipo descrito y reivindicado en el presente documento.

40 Una propiedad de unas realizaciones de un elemento de unión apto anclarse por vibración mecánica se refiere a la sección transversal (por tanto, en sección perpendicular a un eje de inserción). Un método a menudo económico de fabricar elementos de unión que comprenden material termoplástico es el moldeo por inyección. En el moldeo por inyección, especialmente, de piezas voluminosas, la formación de huecos puede ser un problema.

45 Es una idea subyacente a estas realizaciones que los huecos tienden a impedirse si la sección transversal de las piezas moldeadas por inyección es homogénea, no sólo en función de la posición axial, sino también en sección transversal. Especialmente, podría ser ventajoso para el proceso de moldeo por inyección, si las diferencias entre las distancias de las porciones más interiores desde una pared del molde son comparativamente homogéneas.

En muchas de estas realizaciones, el elemento de unión tiene una forma generalmente alargada, con la porción de cabeza y una porción de anclaje alargada, de tipo pasador, formando un vástago.

50 En estas realizaciones, el elemento de unión puede comprender un vástago que sirve como porción de anclaje para un anclaje en profundidad en el objeto y una porción de cabeza proximalmente a la porción de anclaje, con un saliente orientado distalmente o una línea fronteriza entre la porción de cabeza y la porción de anclaje, comprendiendo el elemento de unión un material termoplástico al menos en una superficie de la porción de anclaje, en donde se cumple al menos una de las siguientes condiciones:

- la porción de cabeza comprende un rebaje abierto por un extremo proximal, extendiéndose el rebaje axialmente sustancialmente a través de toda la porción de cabeza (primera condición), especialmente a través de toda la porción de cabeza y posiblemente más lejos, más allá de la porción de cabeza y dentro de la porción de vástago;
- la porción de anclaje comprende al menos una ranura que discurre en dirección axial, teniendo la ranura una profundidad de al menos 15 % del diámetro medio del vástago (segunda condición).

65 En este sentido, el hecho de que "discorra en dirección axial" no implica que la al menos una ranura sea estrictamente paralela al eje del vástago. En su lugar, por ejemplo, también son posibles formas ligeramente helicoidales; a menudo, el ángulo no debe superar aproximadamente 30° con respecto al eje.

La primera condición implica que una extensión lateral media del rebaje es sustancial en comparación con una extensión lateral de la porción de cabeza; por ejemplo, puede tener un diámetro de al menos 40 % o 50 % del diámetro de la cabeza. Una extensión axial (profundidad) del rebaje equivale aproximadamente al menos a 80 % de la extensión axial de la porción de cabeza, a menudo, al 100 % o más.

5 En la segunda condición, la ranura es, debido a su profundidad, sustancialmente diferente de las ranuras que surgen entre las nervaduras de canalización de energía de los elementos de unión del estado de la técnica. Las partes de la superficie distintas de la ranura (entre las ranuras, si hay una pluralidad de ranuras presente) tienen una forma que en general es suavemente convexa, con posibles elementos de canalización de energía formados adicionalmente. Tales partes de la superficie distintas de la ranura pueden tener una extensión circunferencial sustancial.

La ranura puede discurrir esencialmente a lo largo de toda la longitud axial de la porción de anclaje.

15 En un grupo de realizaciones de estas realizaciones, la superficie lateral del vástago es generalmente ondulada con posibles elementos de canalización de energía en los picos de la ondulación.

En un grupo adicional de realizaciones, la porción de anclaje comprende una pluralidad de ranuras en lados laterales opuestos del vástago, en una disposición escalonada. Tales ranuras pueden tener una profundidad d_g sustancial de al menos 30 %, al menos 40 % o al menos 50 % y como máximo 80 % de la extensión lateral e de la porción de anclaje en esa posición.

Especialmente, en unas realizaciones de este grupo adicional, la sección transversal puede tener generalmente forma de S.

25 En este grupo adicional de realizaciones, el elemento de unión, a pesar de la cantidad reducida de material debido a las ranuras, tiene una resistencia mecánica sustancial con respecto a las cargas que actúan en direcciones a lo largo de un eje principal paralelo a las ranuras, mientras que la resistencia mecánica a lo largo de un eje menor perpendicular a las mismas se reduce en comparación con un cilindro completo. Esto se debe a la disposición escalonada de las ranuras, que da lugar a un efecto comparable al de un diseño de barras en T (o múltiples barras en T).

30 También, en este grupo de realizaciones, si la profundidad y la forma de las ranuras se eligen en consecuencia, la homogeneidad de la resistencia del material es especialmente alta.

35 La invención se refiere además a un sistema que comprende un aparato para llevar a cabo el método descrito anteriormente en el presente documento y un elemento de unión. Para este fin, el aparato comprende un posicionador del elemento de unión para posicionar el elemento de unión con relación a un objeto, un dispositivo de sujeción para sujetar el objeto y un sonotrodo para presionar el elemento de unión hacia una dirección distal y, al mismo tiempo, acoplar energía de vibración mecánica en el elemento de unión en una cantidad y durante un tiempo suficientes para licuar una porción del material termoplástico para provocar la interpenetración del material termoplástico en estructuras del objeto. El aparato está configurado además para dejar intacta la superficie exterior lateral de la porción de cabeza del elemento de unión.

45 La función de dejar intacta la superficie exterior lateral de la porción de cabeza puede realizarse, por ejemplo, mediante un mecanismo que detiene cualquier movimiento hacia delante del sonotrodo (que incide sobre el elemento de unión) en cuanto se cumpla una condición predeterminada. Esta condición predeterminada puede ser en especial que una cara de desacoplamiento del sonotrodo haya alcanzado una posición a una distancia predeterminada del objeto, por ejemplo, una distancia que corresponda a una extensión axial de la porción de cabeza, posiblemente menos una pequeña distancia de recorrido extra (de, por ejemplo, menos de 1 mm) que tenga en cuenta una deformación de una protuberancia proximal del tipo expuesto anteriormente en el presente documento, o deformaciones del objeto en el que está anclado el elemento de unión.

Además, o como alternativa, el aparato puede comprender una herramienta de moldeo para poder llevar a cabo el método según el grupo adicional de realizaciones a las que se ha hecho referencia anteriormente en el presente documento.

55 Generalmente, es necesario que el material del objeto, al menos donde se va a anclar el elemento de unión, sea penetrable por el material termoplástico licuado. Un material penetrable adecuado para el método según la invención es sólido al menos en las condiciones del método según la invención. Este comprende, además, espacios (reales o potenciales) hacia los que puede fluir o ser presionado el material licuado para realizar el anclaje. Por ejemplo, es fibroso o poroso o comprende estructuras superficiales penetrables que se fabrican, por ejemplo, mediante un mecanizado apropiado o mediante revestimiento (espacios reales de penetración). Como alternativa, el material penetrable puede desarrollar tales espacios bajo la presión hidrostática del material termoplástico licuado, lo que significa que puede no ser penetrable o solo en un grado muy pequeño cuando está en condiciones ambientales. Esta propiedad (tener espacios potenciales para la penetración) supone, por ejemplo, la falta de homogeneidad en términos de resistencia mecánica. Un ejemplo de material que tiene esta propiedad es un material poroso cuyos poros se rellenan con un material que puede ser forzado a salir de los poros, un compuesto de material blando y material duro

o un material heterogéneo (como la madera) en el que la adhesión interfacial entre los constituyentes es menor que la fuerza ejercida por el material licuado que lo penetra. Por tanto, en general, el material penetrable comprende falta de homogeneidad en términos estructurales (espacios "vacíos", tales como poros, cavidades, etc.) o en términos de composición material (material desplazable o materiales separables).

5 Entre los ejemplos de materiales penetrables aplicables en el método según la invención se encuentran los materiales sólidos, tal como madera, madera contrachapada, conglomerado, cartón, material de ladrillo de hormigón, vidrio poroso, espumas de metal, cerámica, o materiales poliméricos, o cerámica sinterizada, vidrio o materiales metálicos, en donde estos materiales comprenden espacios por los que puede penetrar el material termoplástico, espacios que
10 están rellenos originalmente de aire o de otro material desplazable o compresible. Unos ejemplos adicionales serían materiales compuestos que presenten las propiedades mencionadas con anterioridad o materiales con superficies que comprendan una rugosidad adecuada, estructuras de superficie mecanizadas adecuadas o revestimientos de superficie adecuados (por ejemplo, que están compuestos por partículas). Si el material penetrable tiene propiedades termoplásticas, es necesario que mantenga suficiente resistencia mecánica durante la fase de anclaje, ya sea
15 comprendiendo además una fase mecánicamente estable, ya sea teniendo una temperatura de fusión considerablemente más elevada a la del material termoplástico que se va a licuar en la etapa de anclaje.

Un material termoplástico adecuado para el método según la invención es sólido a temperatura ambiente (o a la temperatura a la que se lleva a cabo el método). Preferentemente, este comprende una fase polimérica (especialmente C, P, S o Si basada en cadenas) que se transforma de sólido en líquido o fluido por encima de un intervalo crítico de temperatura, por ejemplo, por fusión, y se vuelve a transformar en un material sólido cuando se enfría de nuevo por debajo del intervalo de temperatura crítica, por ejemplo, por cristalización, de tal modo que la viscosidad de la fase
20 sólida es varios órdenes de magnitud más elevada (al menos tres órdenes de magnitud) que la de la fase líquida. El material termoplástico comprenderá, en general, un componente polimérico que no está reticulado covalentemente o reticulado de manera que los enlaces de reticulación se abran de manera reversible al calentarlo hasta o por encima de un intervalo de temperatura de fusión. El material polimérico puede comprender, además, un material de relleno, por ejemplo, fibras o partículas de material que no tengan propiedades termoplásticas o que tengan propiedades termoplásticas que incluyan un intervalo de temperatura de fusión considerablemente más elevada que el intervalo de temperatura de fusión del polímero básico.

30 Entre los ejemplos de material termoplástico aplicables en el método según la invención se encuentran los polímeros termoplásticos, copolímeros o polímeros rellenos, en donde el polímero o copolímero básico es, por ejemplo, polietileno, polipropileno, poliamidas (en particular, Poliamida 12, Poliamida 11, Poliamida 6 o Poliamida 66), polioximetileno, policarbonato uretano, policarbonatos o carbonatos de poliéster, acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), acrolester-estiroil-acrilonitrilo (ASA), estireno acrilonitrilo, cloruro de polivinilo, poliestireno o polietercetona (PEEK), polieterimida (PEI), polisulfona (PSU), poli(p-fenilen sulfuro) (PPS), polímeros de cristal líquido (LCP), etc. Los LCP son de particular interés ya que la caída pronunciada de su viscosidad durante la fusión les permite penetrar en espacios muy pequeños del material penetrable.

40 Para determinadas aplicaciones, especialmente si las vibraciones mecánicas van a propagarse a lo largo de una distancia sustancial con el material termoplástico, podría resultar ventajoso un coeficiente de elasticidad (a temperatura ambiente) de al menos 0,5 GPa o preferentemente de al menos 1,0 GPa.

45 La vibración mecánica u oscilación adecuada para el método según la invención tiene preferentemente una frecuencia de entre 2 y 200 kHz (incluso más preferentemente entre 10 y 100 kHz, o entre 10 o 15 kHz y 50 kHz) o entre 18 kHz y 30 kHz o 40 kHz) y una energía de vibración de 0,2 a 20 W por milímetro cuadrado de superficie activa. La herramienta vibratoria (por ejemplo, el sonotrodo) está diseñada de tal manera que su cara de contacto oscile predominantemente en la dirección del eje de la herramienta (vibración longitudinal) y con una amplitud de entre 1 y 100 µm, preferentemente, de aproximadamente 30 a 60 µm. Estas vibraciones se producen, por ejemplo, con
50 dispositivos ultrasónicos como, por ejemplo, los que se conocen de la soldadura ultrasónica.

Breve descripción de los dibujos

55 En lo sucesivo del presente documento, los principios y realizaciones de la invención se describen con más detalle en relación con las Figuras adjuntas, que son todas esquemáticas. En los dibujos, los mismos números de referencia se refieren a los mismos elementos o a elementos análogos. Las figuras muestran:

- Figuras 1a y 1b unas secciones longitudinales (secciones a lo largo de un plano paralelo al eje) que ilustran el anclaje de un elemento de unión según la técnica anterior;
- 60 Figuras 2a-2e unas secciones longitudinales que ilustran el anclaje de un elemento de unión mediante un método según la invención;
- Figura 3 una variante del elemento de unión de la Figura 2a;
- 65 Figuras 4a-4b unos detalles de secciones longitudinales que ilustran el anclaje de otro elemento de unión

	mediante un método según la invención;
Figura 5	una sección longitudinal que ilustra el anclaje de otro elemento de unión adicional mediante un método según la invención;
5	Figuras 6-7
	unas secciones longitudinales que ilustran elementos de unión adicionales;
Figura 8	unas secciones longitudinales que ilustran el anclaje de otro elemento de unión más mediante un método según la invención;
10	Figuras 9-10
	Variantes del elemento de unión de la Figura 8;
Figura 11	una sección longitudinal que ilustra el anclaje de un elemento de unión en una tabla con una cara de extremo que tiene un ángulo no perpendicular al plano de la tabla;
15	Figura 12
	una sección longitudinal que ilustra el anclaje de un elemento de unión adicional mediante un método según la invención;
Figura 13	una variante del elemento de unión de la Figura 13;
20	Figura 14
	unas secciones longitudinales de un elemento de unión que comprende dos piezas separadas;
Figuras 15a-15b	unas secciones longitudinales que ilustran el anclaje de un elemento de unión adicional que comprende dos piezas separadas;
25	Figura 16
	unas secciones longitudinales que ilustran el anclaje de otro elemento de unión más que comprende dos piezas separadas;
Figuras 17a-17c	unos detalles de las conexiones entre las piezas del elemento de unión y el anclaje en sección longitudinal;
30	Figuras 18-19
	una conexión entre piezas de un elemento de unión adicional y tal elemento de unión adicional después del anclaje;
35	Figuras 20-21
	unas secciones longitudinales de otros elementos de unión más compuestos de dos piezas;
Figura 22	un elemento de unión como se muestra en la Figura 20 anclado en una tabla con una cara de extremo que tiene un ángulo no perpendicular al plano de la tabla;
40	Figuras 23a-25
	otro elemento de unión más en una vista superior y una sección longitudinal y una vista superior de un sonotrodo que se puede usar para anclarlo;
Figuras 26-29	secciones transversales (secciones perpendiculares al eje de inserción) de porciones de anclaje de realizaciones adicionales de elementos de unión;
45	Figuras 30-32
	unos detalles que ilustran realizaciones adicionales del primer grupo de realizaciones;
Figuras 33a y 33b	una realización de un elemento de unión del tercer grupo;
50	Figura 34
	el principio subyacente del quinto grupo;
Figuras 35a y 35b	una realización adicional de un elemento de unión; y
Figuras 36 y 37	principios de un aparato para llevar a cabo el método.
55	

Descripción de las realizaciones preferidas

Un elemento de unión 1, como se ilustra en la **Figura 2a**, comprende una porción de cabeza 11 y una porción de anclaje 12. Entre la porción de cabeza y la parte de anclaje, se forma un saliente 18 orientado distalmente, saliente que sirve como cara de tope en el proceso de anclaje descrito en lo sucesivo.

El elemento de unión 1 puede ser esencialmente simétrico con respecto a una rotación alrededor de su eje 10, con la eventual excepción de los elementos concentradores de energía (no mostrados en la Figura 2a), tales nervaduras o abultamientos, de una superficie exterior de la porción de anclaje 12.

La porción de cabeza 11 tiene una superficie exterior lateral conformada para encajar en una estructura

correspondiente de una parte hembra de un objeto adicional, de modo que el objeto en el que está anclado el elemento de unión y el objeto adicional puedan ensamblarse entre sí. Especialmente, la superficie exterior lateral tiene una estructura 13 que hace posible una conexión de ajuste positivo con la pieza hembra, de manera que las fuerzas en dirección axial (con respecto al eje 10) puedan transferirse entre la porción de cabeza 11 y la pieza hembra a modo de ajuste positivo (en conexiones de ajuste positivo, la fuerza de conexión, en contraste con los ajustes por fricción, tiene una componente perpendicular a la superficie, los objetos unidos se estorban mutuamente).

Más en particular, en la realización representada, la porción de cabeza tiene al menos una ranura 14.

En esta realización y en cualquier otra realización expuesta en este texto, la porción de cabeza puede conformarse según las enseñanzas del documento WO 2013/104422, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad, y tiene la función de servir como pieza masculina de una unión descrita en el mismo.

La porción de cabeza 11 tiene además una protuberancia proximal 15 que tiene forma de anillo y un grosor (extensión axial) t normalmente de 2 mm o menos. Una extensión radial de la protuberancia proximal 15 es menor que una extensión de la superficie lateral más exterior 14 de la porción de cabeza 11 por una diferencia significativa d, por ejemplo, de al menos 0,5 mm, o al menos 1 mm. La superficie de acoplamiento orientada proximalmente constituida por la protuberancia proximal es perpendicular al eje 10 y plana, con la eventual excepción de un orificio guía 16 (que opcionalmente puede extenderse axialmente más hacia dentro de la porción de cabeza que la ilustrada y posiblemente incluso dentro de la porción de anclaje) que puede servir para alinear el elemento de unión con un sonotrodo, por ejemplo, cooperando con un saliente de guía 61 acorde del sonotrodo.

En la realización de la Figura 2a, el elemento de unión es de una pieza y está compuesto por un material termoplástico.

Para llevar a cabo el proceso de anclaje se usa un sonotrodo 6, como se ilustra en la **Figura 2b**. La forma de una cara de acoplamiento distal del sonotrodo se adapta a la forma de la cara de extremo proximal del elemento de unión.

Con el fin de llevar a cabo el proceso, el elemento de unión se coloca con relación al objeto 2 de manera que la porción de anclaje 12 sobresale por dentro de una abertura 3 del objeto. La abertura se puede dimensionar, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 2b y se enseña, por ejemplo, en el documento WO 98/042988, para tener una extensión radial ligeramente mayor que la extensión radial de la porción de anclaje, de modo que la porción de anclaje pueda insertarse esencialmente sin aplicar fuerza. Como alternativa, también es posible dimensionar la abertura de tal manera que, al introducir el elemento de unión, tiene lugar un ajuste de interferencia entre el elemento de unión y el objeto, como se enseña, por ejemplo, en la solicitud de patente suiza 00 824/14 incorporada por referencia en el presente documento en su totalidad.

En la Figura 2b también se muestra la superficie 20 del objeto, superficie 20 en la que la abertura 3 tiene una boca, es decir, la superficie 20 desde la que se extiende la abertura hacia el interior del objeto 2.

Durante el proceso, el sonotrodo 6 presiona el elemento de unión en dirección distal contra el objeto mientras se acoplan vibraciones desde el sonotrodo 6 al elemento de unión a través de las caras de acoplamiento hasta que el material termoplástico, bajo el efecto de las vibraciones y la presión, empieza a licuarse y presionarse en estructuras del objeto, tal y como se ilustra en la **Figura 2c**. Esto dará lugar a una zona 8 en la que el objeto está interpenetrado por el material termoplástico, lo que, tras volver a solidificarse, da lugar a una conexión de ajuste positivo entre el elemento de unión 1 y el objeto 2.

La porción de anclaje 12 puede comprender características de canalización de energía tales como una punta distal 19 y/o nervaduras radiales o abultamientos u otras características. Tales características de canalización de energía proximalmente al extremo distal (la región del elemento de unión proximalmente al extremo distal y distalmente a la porción de cabeza puede denominarse "porción de vástago") pueden provocar una licuación y, por tanto, en última instancia, una zona de interpenetración 8 también lateralmente alrededor de la porción de vástago, como se ilustra en la Figura 2c.

Debido a un acoplamiento imperfecto entre el sonotrodo 6 y la superficie proximal del elemento de unión, en una zona de interfaz inmediatamente adyacente a la cara de acoplamiento, y debido a la presión de contacto, durante el proceso puede surgir cierta deformación del material termoplástico. Por la fuerza de presión, esto dará lugar a que el material termoplástico salga a presión en direcciones laterales. Debido a la zona de deformación, tales porciones de material 9 que han salido volando no interferirán con la superficie lateral más exterior estructurada.

También, debido a la construcción en la que la interfaz que no llega radialmente hasta la superficie lateral más exterior, la carga mecánica sobre esa zona 19 de la superficie lateral más exterior que es la más cercana al sonotrodo 6 está sujeta a una carga mecánica comparativamente mínima (las flechas de la **Figura 2d** ilustran esquemáticamente la carga mecánica) y, por tanto, no estará sujeta a ninguna tendencia a deformarse.

En la práctica, las dimensiones relativas de una protuberancia de guía 61 (opcional) y de un orificio de guía 16 (también opcional) de la porción de cabeza 11 pueden adaptarse entre sí de modo que la protuberancia de guía no llegue hasta

el suelo del orificio de guía 16, tal y como se ilustra en la **Figura 2e**. De este modo, está claramente definido que la fuerza de presión y las vibraciones se acoplan al elemento de unión únicamente a través de la protuberancia 15, sin que ninguna porción se acople al fondo del orificio guía, haciendo que el sistema esté particularmente bien definido.

5 La parte más proximal de una variante del elemento de unión de la Figura 2a se ha representado en la **Figura 3**. En esta variante, en primer lugar, el orificio de guía 16 es más pronunciado. En segundo lugar, el orificio de guía es cónico. En tercer lugar, hay una transición suave entre las paredes laterales del orificio guía y la cara de acoplamiento proximal. La transición suave se proporciona en forma de sección curva 31 de la superficie. Debido a esta sección curva, la tensión en la zona de interfaz se reduce aún más.

10 La **Figura 4a** muestra, sin embargo, una variante con una cara de acoplamiento no plana. La cara de acoplamiento del elemento de unión 1 está continuamente curvada para cooperar con una cara de desacoplamiento del sonotrodo 6 curvada de manera correspondiente. También este diseño da lugar a una distribución de la tensión sin concentraciones locales de tensión en la interfaz.

15 Adicionalmente, la anchura W_s del sonotrodo, como en la realización anterior, es menor que la anchura W_H de la porción de cabeza. Por lo tanto, las porciones de material 9 que han salido volando debido a un reblandecimiento local del material termoplástico en la zona de deformación no volverán a interferir con la estructura de la parte de la superficie más exterior de la porción de cabeza 11, tal y como se ilustra en la **Figura 4b**.

20 La **Figura 30** muestra otra variante con una cara de acoplamiento no plana. En contraste con la realización de las Figuras 4a y 4b, la cara de acoplamiento del elemento de unión 1 está curvada de manera convexa en lugar de cóncava, y la cara de acoplamiento del sonotrodo 6 está curvada de manera cóncava en lugar de convexa.

25 En la **Figura 31**, se representa una realización adicional más que es similar a la realización de la Figura 2a. En la realización de la Figura 31, el elemento de unión tiene una protuberancia de guía 17 que coopera con una hendidura de guía 63 del sonotrodo 6, en lugar de lo contrario.

30 En la realización de la **Figura 32**, el elemento de unión no tiene una protuberancia proximal. En su lugar, la extensión lateral del sonotrodo 6 que se coloca en una posición bien definida con relación al elemento de unión 1, por ejemplo, mediante una protuberancia de guía 61 que coopera con una hendidura de guía 16 correspondiente del elemento de unión, garantiza que la superficie lateral exterior de la porción de cabeza permanezca intacta. Para este fin, la diferencia d corresponde aproximadamente a la profundidad f de las hendiduras de la superficie exterior lateral o es mayor que la misma para que el sonotrodo no pueda ejercer ninguna fuerza sobre una escotadura de la cabeza. De este modo, en algunas realizaciones, se satisface la condición $d \geq f$.

35 De acuerdo con una variante adicional más (véase, por ejemplo, la Figura 36 más adelante), el sonotrodo puede no tener ninguna característica de guía. Especialmente, en realizaciones en las que el elemento de unión tiene una protuberancia proximal 15, la extensión lateral de la cara distal de desacoplamiento del sonotrodo puede ser algo mayor que la superficie de la protuberancia proximal 15. Entonces, no es necesario un posicionamiento exacto del sonotrodo con relación al elemento de unión para impedir una deformación de la superficie lateral exterior de la porción de cabeza.

45 Las realizaciones descritas con referencia a las Figuras 2a-4b son realizaciones del primer grupo de realizaciones que implementan el primer concepto.

50 En la **Figura 5** se ha representado un ejemplo de una realización del segundo grupo de realizaciones que implementan el primer concepto. En contraste con las realizaciones descritas anteriormente, el elemento de unión no es de una sola pieza, sino que comprende dos partes, una parte licuable 22 y una parte no licuable 21. La parte no licuable 21 tiene aproximadamente forma de clavo, formando la sección más proximal la cara de acoplamiento. La porción lateral más exterior de la porción de cabeza 11, así como la porción de anclaje, están constituidas por la parte licuable 21.

55 En un ejemplo, la parte no licuable está hecha de un metal, de madera, de un plástico termoendurecible o de un termoplástico con una temperatura de transición vítrea sustancialmente más elevada que la temperatura de transición vítrea de la parte licuable.

60 La realización de la **Figura 6** es un ejemplo adicional del segundo grupo de realizaciones. En este ejemplo, la porción de cabeza (cabeza) pertenece en su totalidad a la parte no licuable 21 y está hecha, por ejemplo, de madera o de un plástico no licuable.

En la realización representada, la parte no licuable comprende también una porción de vástago que se extiende hacia la porción de anclaje, proporcionándose la parte licuable esencialmente como revestimiento de la parte de vástago.

65 La **Figura 7** muestra otro ejemplo más de un elemento de unión con una cara de acoplamiento de un material no licuable. La cara de acoplamiento está constituida por una porción de placa 25 de una parte no licuable 21, la parte no licuable comprende además una porción de espiga 26 que se extiende distalmente desde la porción de placa y mejora

el acoplamiento mecánico entre la parte no licuable y la parte licuable.

La **Figura 8** representa una realización del tercer grupo de realizaciones, que implementan el segundo concepto. El elemento de unión 1 es de una pieza y está compuesto por material termoplástico. Tiene un rebaje 33 abierto por el lado proximal, definiendo un fondo del rebaje una cara de acoplamiento 30 para un sonotrodo 6 dimensionado de modo que su extremo distal pueda introducirse en el rebaje 33 con su cara distal de salida de acoplamiento presionando contra la cara de acoplamiento 30.

La relación de aspecto del rebaje es, por ejemplo, de al menos 0,5 o de al menos 1; en la realización representada es de aproximadamente 1,5.

La realización de la **Figura 9** se distingue de la realización de la Figura 8 en que el rebaje 33 no es cilíndrico, sino que tiene una superficie conformada que es curva en sección axial. La cara de acoplamiento 30 está constituida por la superficie interior del elemento de unión en el rebaje (o las porciones del mismo que no son paralelas al eje), estando las porciones menos inclinadas y las porciones del suelo del rebaje sometidas a fuerzas de presión más elevadas que las porciones más inclinadas. Debido a la forma cóncava, esto produce automáticamente una distribución de la fuerza que preserva las secciones más proximales y más laterales de las porciones de cabeza.

Se muestra otra variante más en la **Figura 10**. El rebaje 33 tiene una superficie escalonada, estando la cara de acoplamiento 33 distribuida sobre los escalones y el suelo del rebaje.

Las realizaciones de las Figuras 9 y 10 son ejemplos de realizaciones en las que el rebaje se extiende hacia una parte sustancial de la porción de cabeza, de modo que la porción de cabeza está constituida por un cuerpo aproximadamente tuboide en el que la resistencia del material *s* varía dentro de un intervalo determinado. Debido a este diseño, la forma del elemento de unión 1 está optimizada para el moldeo por inyección. En el moldeo por inyección, a menudo los volúmenes sólidos tienen el problema potencial de ser difíciles de llenar completamente sin que se formen burbujas. Diseños como los de las Figuras 9 y 10 (así como una variante del diseño de la Figura 8 con el rebaje extendiéndose axialmente esencialmente por toda la cabeza) resuelven este problema en la región de la cabeza.

Por lo tanto, diseños como los de las Figuras 9 y 10 pueden ser especialmente ventajosos en realizaciones en las que el elemento de unión es un objeto moldeado por inyección de una sola pieza.

Diseños como los de las Figuras 8-10 también se pueden usar para realizaciones en las que el rebaje 33 sirve principalmente como orificio guía con el sonotrodo actuando también en la cara de extremo proximal, especialmente, en realizaciones del primer grupo de realizaciones. Por supuesto, también son posibles las combinaciones, en las que la cara de acoplamiento está compuesta en parte por la cara de extremo proximal alrededor del rebaje y en parte por la cara inferior y/o lateral y/o los salientes del rebaje.

También en la variante de la **Figura 11**, el elemento de unión 1 está compuesto por un material termoplástico. En esta variante, en comparación con la realización de la Figura 8, la porción de anclaje 12 tiene una extensión axial comparativamente reducida y/o una anchura radial mayor. También, el rebaje 33 se extiende más hacia dentro del elemento de unión. Estas diferencias (extensión axial reducida de la porción de anclaje, radial mejorada con, extensión axial mejorada del rebaje) pueden implementarse todas de manera independiente o en cualquier combinación.

Una mayor anchura radial puede compensar al menos en parte la reducción de la resistencia de anclaje debido a que la porción de anclaje es más corta. Una mayor profundidad de la cavidad 33 puede, en determinadas configuraciones, facilitar la licuación del material termoplástico en toda la anchura de la porción de anclaje, ya que el sonotrodo está cerca del lugar de licuación y puede, por lo tanto, funcionar con más potencia y/o frecuencias más altas sin riesgo de deformación de la porción de cabeza.

Las realizaciones como las de la Figura 11 con una porción de anclaje más corta pueden ser especialmente adecuadas para configuraciones en las que el elemento de unión está anclado en un objeto comparativamente fino 2 y/o en situaciones en las que el elemento de unión tiene que estar anclado en un objeto similar a una tabla a lo largo de un borde, donde la superficie lateral estrecha a lo largo del borde forma un ángulo no rectangular con el plano de la tabla, por ejemplo, a 45° o, de manera más general, en un ángulo de entre 30° y 60°, especialmente, entre 35° y 55°, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 11.

Las **Figuras 33a y 33b** muestran, en una vista y en una sección transversal, respectivamente, un ejemplo adicional de una realización según el tercer grupo. Además de las características descritas con referencia a la Figura 8, en las figuras también se ilustran los canalizadores de energía 29. Los canalizadores de energía pueden estar provistos en forma de nervaduras, abultamientos o escalones y tienen la función de provocar una absorción particularmente pronunciada de la energía de vibración mecánica para provocar allí el inicio de la licuación, similar a los canalizadores de energía conocidos a partir de la soldadura por ultrasonidos.

La **Figura 12** ilustra una variante adicional de una realización del tercer grupo de realizaciones. También pertenece al segundo grupo de realizaciones. En contraste con la realización de la Figura 8, la cara de acoplamiento es una

superficie de una parte no licuable 21, en concreto, de una placa de acoplamiento dispuesta en el fondo del rebaje 33.

La **Figura 13** muestra una realización en la que la placa de acoplamiento de la parte no licuable 21 tiene una porción de placa 25 y una porción de espiga 26 que se extiende distalmente desde la porción de placa.

5 Generalmente, las realizaciones que tienen una parte licuable y una parte no licuable pueden fabricarse mediante moldeo por inyección de la parte licuable en presencia de la parte no licuable (moldeo por inserción/sobremoldeo). No obstante, también es posible fabricar la parte licuable y la parte no licuable como artículos separados y ensamblarlos posteriormente.

10 Esto se ilustra para la variante de la **Figura 14**. La parte licuable comprende, además del rebaje 33 y extendiéndose distalmente desde el mismo, una abertura escalonada para la parte no licuable 21 que comprende una sección más ancha 34 para la porción de placa 25 y una sección más estrecha 35 para la porción de espiga 26.

15 La porción de placa 25 forma además un orificio de guía 16 para el sonotrodo (orificio de guía que es una característica opcional para las demás realizaciones, también).

20 Si bien la opción de ensamblar las partes licuable y no licuable después de la fabricación en esta descripción se ilustra con referencia a la Figura 14 y algunas de las figuras siguientes, también es una opción para otras realizaciones. Por otra parte, sería posible fabricar un elemento de unión 1 que tuviera características como las ilustradas en la Figura 14 o que tuviera la forma y/o una estructura de acoplamiento de los elementos de unión descritos en lo sucesivo también mediante moldeo por inserción/sobremoldeo o similares.

25 Con referencia a la realización de la Figura 14, se ilustra otra característica opcional más: La abertura 33, 34, 35 se extiende axialmente a través de toda la parte licuable hasta el extremo distal. Esta canulación puede tener ventajas en el proceso de fabricación, en concreto, puede impedir la formación de huecos en el proceso de moldeo por inyección. Esta ventaja es independiente de si el elemento de unión 1 se fabrica por moldeo por inserción/sobremoldeo o si se ensambla en una etapa posterior.

30 La característica de canulación de la realización de la Figura 14 puede implementarse también en las demás realizaciones, tanto para elementos de unión de una sola pieza compuestos por un material termoplástico como para elementos que comprenden una pluralidad de piezas.

35 De nuevo con referencia a los elementos de unión que comprenden una pluralidad de piezas inicialmente separadas, de acuerdo con una opción (que no es según la invención reivindicada), el ensamblaje de las piezas puede realizarse después de la etapa de provocar la interpenetración de porciones del material termoplástico en estructuras del objeto. En este sentido, las etapas de presionar el elemento de unión hacia una dirección distal y acoplar la vibración mecánica en el elemento de unión se refieren únicamente a la parte que tiene el material termoplástico.

40 Un ejemplo acorde se ilustra en las **Figuras 15a y 15b**. La parte licuable 22 es de una sola pieza y está compuesta por el material termoplástico. Tiene una porción de vástago 36 para su introducción en la abertura del objeto 2 y para anclarse en la misma, y una porción de acoplamiento 37 para cooperar con una característica de acoplamiento 39 correspondiente de la parte no licuable 21. En la realización representada, comprende además una porción de ensanchamiento 38 que puede provocar un anclaje adicional cerca de la superficie del objeto y/o servir de tope que define la profundidad de anclaje.

50 En el ejemplo representado, el acoplamiento entre la parte licuable 22 y la parte no licuable 21 (que también puede ser de madera o de un plástico no licuable) es un acoplamiento mecánico de ajuste a presión. Las pequeñas deformaciones de la parte más proximal de la parte licuable durante el anclaje no inhabilitan el acoplamiento en modo alguno.

55 Si se eligieran otros acoplamientos con un mecanismo más crítico, se puede usar las medidas descritas en este texto (tal como una zona de deformación controlada, una cara de acoplamiento desplazada, etc.) para la parte licuable 22 para mantener funcional la porción que se acopla a la parte no licuable.

60 Como alternativa al ensamblaje de las piezas antes de la inserción y al ensamblaje de las piezas después del anclaje, el ensamblaje también se puede realizar durante el proceso. Este principio (que no es según la invención reivindicada) se ilustra en la **Figura 16**. La parte licuable 22 se posiciona con relación al objeto 2, y la parte no licuable 21 se posiciona con relación a la parte licuable cuando el sonotrodo, presiona tanto las piezas entre sí como presiona las piezas contra el objeto cuando las vibraciones se acoplan al mismo.

Por ejemplo, la parte licuable 22 comprende un rebaje proximal, tal como un rebaje cónico o cilíndrico 41, en el que se coloca la correspondiente protuberancia distal 42 de la parte no licuable en la etapa de posicionamiento.

65 Por el efecto de la presión y las vibraciones, no sólo se licua el material termoplástico de la parte licuable para penetrar en las estructuras del objeto, sino que también tiene lugar un ajuste entre las partes licuable y no licuable.

Las **Figuras 17a y 17b** muestran, esquemáticamente, un detalle de la conexión entre la parte licuable y la parte no licuable después del proceso en dos variantes. La parte no licuable comprende estructuras que forman, una escotadura, tal como poros 44, ranuras, etc., en las que se presiona el material licuable después de que se haya vuelto fluido. Tras volver a solidificarse, esto da lugar a una conexión de ajuste positivo entre las partes licuable y no licuable.

La **Figura 17c** muestra que el material termoplástico de la parte licuable 22 por la energía de vibración mecánica incidente se ha licuado tanto, para interpenetrar estructuras del objeto 2, así como de la parte no licuable 21.

Además, o como alternativa, la conexión puede comprender una conexión a presión, como se ilustra esquemáticamente en la **Figura 18**. Para este fin, la parte no licuable comprende una protuberancia ligeramente cónica 42 (en la Figura, el ángulo de abertura del cono se ha dibujado algo exagerado) y se presiona en una abertura correspondiente ligeramente subdimensionada de la parte licuable. La Figura 18 ilustra la situación antes de aplicar una fuerza, con una distancia d restante. Como resultado del prensado, la parte no licuable 21 avanza con relación a la parte licuable como máximo la distancia d y de este modo tiene lugar un ajuste a presión. Una posible ligera deformación elástica puede contribuir al efecto de ajuste. Adicionalmente pueden contribuir efectos como la rugosidad de la superficie o la adherencia.

Son posibles combinaciones con el enfoque de ajuste positivo descrito con referencia a las Figuras 17a y 17b.

La **Figura 19** ilustra un ejemplo de elemento de unión del tipo descrito con referencia a las Figuras 16-18 anclado en un objeto.

El ejemplo (que no es según la invención reivindicada) de la **Figura 20** puede ser de un tipo prefabricado (moldeado; ensamblado antes del anclaje), o pueden ensamblarse sobre el terreno durante el proceso de anclaje, como se ha descrito con referencia a las Figuras 17-19. En lugar de poros o ranuras más bien pequeños, la parte no licuable tiene una porción de vástago con al menos un saliente orientado proximalmente que en la realización mostrada se muestra distalmente a una ranura 44. Tal saliente puede, por analogía con los ejemplos de las Figuras 17-19, provocar una conexión de ajuste positivo entre las partes licuable y no licuable.

El ejemplo de la Figura 20 tiene una longitud relativamente corta, teniendo la porción de anclaje relativamente ancha al menos una protuberancia distal en forma de anillo que sirve como de canalizador de energía. En lugar de tal protuberancia en forma de anillo o una punta como se ha descrito anteriormente en el presente documento, un canalizador de energía distal puede tener otra forma y, por ejemplo, comprender una pluralidad de nervaduras, abultamientos, etc.; como en todas las demás realizaciones puede haber además o como alternativa un canalizador de energía en la superficie lateral del vástago de la porción de anclaje.

El ejemplo de la **Figura 21** se distingue del ejemplo de la Figura 20 en que la porción de anclaje es más alargada y tiene una punta distal.

Generalmente, las porciones de anclaje más anchas y cortas son adecuadas para anclarse en una superficie grande de una tabla u otro objeto con una profundidad limitada, o para anclarse en un lado estrecho en un ángulo no perpendicular a la superficie grande (lado plano; el plano de la tabla), como se ilustra, para elementos de unión del tipo mostrado en la Figura 21, en la **Figura 22**. Las porciones de anclaje más largas son adecuadas para anclarse en objetos voluminosos o en el lado pequeño de tablas si el lado estrecho forma un ángulo perpendicular con el lado plano.

En las **Figuras 23a y 23b** se ha representado un elemento de unión 1 (que no es según la invención reivindicada). La porción de anclaje comprende un cuerpo 51 de la porción de anclaje con una protuberancia distal angular en forma de cresta 52. El cuerpo 51 de la porción de anclaje tiene generalmente forma de disco, siendo la porción de cabeza concéntrica al cuerpo 51 de la porción de anclaje y siendo la anchura de la porción de cabeza 11 menor que la anchura del cuerpo de porción de anclaje. La cara de acoplamiento 57 está formada alrededor de la porción de cabeza 11.

La protuberancia distal está colocada axialmente por debajo de la cara de acoplamiento 57 y no, por ejemplo, por debajo del centro de la porción de cabeza 11.

En cuanto a una única protuberancia en forma de cresta que forma un anillo alrededor de la posición lateral de la porción de cabeza, podría haber una pluralidad de anillos concéntricos de protuberancias de este tipo.

La abertura 3 del objeto tiene unas dimensiones en el plano (laterales) que coinciden con las dimensiones correspondientes del cuerpo 51 de la porción de anclaje. La profundidad de la abertura corresponde aproximadamente al grosor (extensión axial) del cuerpo de la porción de anclaje sin las protuberancias.

El cuerpo 51 de la porción de anclaje puede tener, siendo esta una característica opcional para todas las realizaciones, otros canalizadores de energía en los lados laterales.

En las **Figuras 24a y 24b** se muestra un ejemplo de sonotrodo 6 adecuado para el elemento de unión 1 de las Figuras 23a y 23b y también para el elemento de unión de la Figura 25 que se describirá más adelante. El sonotrodo tiene generalmente forma de cúpula con un espacio abierto 62 dimensionado para alojar la porción de cabeza 11.

5 La cara de extremo distal forma la cara de desacoplamiento 7 del sonotrodo. Para el proceso de anclaje, el elemento de unión se coloca con el cuerpo de la porción de anclaje por encima de la boca de la abertura 3 o en la abertura 3, y el sonotrodo se posiciona con relación al elemento de unión con la cara de desacoplamiento 7 contra la cara de acoplamiento 57 y la porción de cabeza sobresaliendo por el espacio abierto 62. El sonotrodo puede comprender, sin embargo, una protuberancia de guía opcional (no mostrada) proximalmente al espacio abierto que coopera con un
10 orificio de guía proximal de la porción de cabeza 11 para definir la posición exacta.

Bajo el efecto común de la fuerza de presión y las vibraciones mecánicas, se produce la licuación del material termoplástico de la protuberancia 52 así como, si están presentes, del material termoplástico en los canalizadores de energía laterales y de este modo se ancla el elemento de unión en el objeto 2.

15 La **Figura 25** ilustra aún otra variante más. La porción de anclaje puede comprender, por ejemplo, una pluralidad de protuberancias en forma de espiga 52 dispuestas regularmente alrededor de la porción de cabeza, distalmente al cuerpo 51 de la porción de anclaje.

20 La **Figura 34** ilustra un ejemplo del grupo adicional de realizaciones. Un molde 90 que comprende dos valvas 91, teniendo cada una de las cuales una porción de superficie 92 que corresponde a un negativo de la estructura de la superficie exterior lateral 13 de la porción de cabeza 11, se coloca con relación al elemento de unión 1 para el proceso de anclaje. Durante la etapa de presión, la porción de superficie del molde 90 permanece en contacto con la estructura de superficie 13. Durante posibles movimientos hacia delante del elemento de unión, el molde hace el mismo
25 movimiento. Por ejemplo, para este fin, las valvas del molde 91 se pueden acoplar a un bastidor que también lleva un transductor al que se acopla el sonotrodo. Si se produjera algún reblandecimiento o fusión de la porción de cabeza 11 durante la etapa de presión, la estructura de la superficie exterior 13 de la porción de cabeza 11 se seguiría manteniendo intacta por el molde, y el molde se suelta preferentemente sólo después de que la porción de cabeza 11 se haya vuelto a solidificar, manteniendo de este modo la estructura prevista de la superficie exterior 13.

30 Como alternativa a lo representado en la Figura 34, el elemento de unión también puede comprender características descritas anteriormente en el presente documento con referencia al primer, segundo o tercer grupo de realizaciones.

35 En lo sucesivo del presente documento, con referencia a las Figuras 26-29, que muestran todas secciones transversales a través de la porción de anclaje perpendicular al eje de inserción, se exponen conceptos de optimización del diseño del elemento de unión en términos de moldeo por inyección, además de la exposición con referencia a las Figuras 9, 10, 11 y 14.

40 Especialmente en realizaciones en las que la porción de anclaje tiene un vástago comparativamente largo y/o comparativamente grueso, impedir la formación de huecos dentro de las piezas moldeadas por inyección también supone un problema en la región de la porción de anclaje. Por tanto, esta enseñanza se aplica a todas las realizaciones con una porción de anclaje que esté compuesta por el material termoplástico, que sea sustancialmente alargada y se extienda por una región axial alejándose de la porción de cabeza, como por ejemplo las realizaciones de las Figuras 2a-5, 7-22.

45 La **Figura 26** muestra una sección transversal a través de un vástago de una porción de anclaje. La sección transversal se desvía de una forma generalmente redonda (línea de puntos), ya que comprende una pluralidad de lóbulos 71 con ranuras 72 que discurren axialmente entre los mismos. Las ranuras 72 se distinguen de meros espacios entre nervaduras de canalización de energía en que son más profundas (por ejemplo, tienen una profundidad de al menos 10 %, al menos 15 %, al menos 20 % o al menos 25 % del diámetro del vástago), y en que el lóbulo 71 entre ellas no termina en un borde afilado (esto, por supuesto, no excluye la existencia de una o más nervaduras de canalización de energía o similares en tal lóbulo). También, cuando se inserta en la abertura 3, las ranuras estarán dentro del espacio definido por una extensión radial de la abertura. Tras el proceso de anclaje, opcionalmente, las ranuras pueden permanecer vacías y definir un espacio hueco.

50 Son posibles diferentes formas de lóbulo 71, en función de un equilibrio deseado entre la resistencia mecánica y la optimización del flujo durante el moldeo por inyección. La **Figura 27** ilustra una sección transversal alternativa acorde.

60 Por el diseño que comprende lóbulos con ranuras entre los mismos, la distancia entre las porciones de material en un centro del vástago y las paredes del molde se reduce sustancialmente, optimizando esto el proceso de moldeo por inyección.

65 En la realización de la **Figura 28**, la sección transversal a través de la porción de vástago tiene generalmente forma de S, por tanto, con dos ranuras escalonadas de profundidad sustancial que se extienden desde lados opuestos hacia el volumen del vástago.

Especialmente, las ranuras en la configuración representada son tan profundas que se extienden a través de un plano medio (perpendicular a la dirección de la ranura), es decir, la profundidad d_g de la ranura es mayor que el 50 % de la extensión local e en ese lugar. Generalmente, la profundidad será sustancial, por ejemplo, al menos 30 % o al menos 40 % o al menos 50 % de la extensión.

5 Este diseño presenta ventajas sustanciales. En primer lugar, se puede diseñar la homogeneidad de la resistencia del material en el sentido antes expuesto (las diferencias entre las distancias de las porciones más interiores desde la pared de un molde son comparablemente homogéneas), al elegir formas y profundidades de ranura adecuadas, para que sea casi perfecta. En segundo lugar, mediante este diseño se forman una viga principal 81 y dos vigas laterales 10 82, 83 que proporcionan resistencias mecánicas sustanciales con respecto a las cargas que actúan en las direcciones a lo largo de un eje principal 85, mientras que la resistencia mecánica a lo largo de un eje menor 86 se reduce en comparación con un cilindro completo (los ejes mayor y menor son ejes en el plano y no deben confundirse con el eje de inserción que es perpendicular al plano del dibujo en la Figura 28). En este sentido, la estabilidad mecánica pasa a ser comparable a la de un diseño de barras en T (o múltiples barras en T).

15 Esta enseñanza puede generalizarse fácilmente a una sola ranura o a más de dos ranuras escalonadas (por ejemplo, como se esboza en la **Figura 29**), para un mayor número de ranuras a costa de una estabilidad cada vez más baja en las direcciones a lo largo del eje menor.

20 La Figura 28 también ilustra unas nervaduras opcionales de canalización de energía 54. Opcionalmente, el vástago puede diseñarse ligeramente sobredimensionado en la dirección del eje menor, si el termoplástico a la temperatura de inserción es ligeramente elástico, de modo que la construcción proporcione un efecto de resorte presionando las vigas laterales 82, 83 contra la pared de la abertura.

25 Para usarlo, el elemento de unión que tiene una sección transversal anisotrópica del vástago, como se muestra en la Figura 29 en la etapa de disposición/posicionamiento del eje mayor, está orientado a lo largo de un eje a lo largo del cual se espera la carga mecánica primaria en el plano. A menudo en la industria del mueble o la construcción, esta dirección está bien definida por la aplicación.

30 Se ilustra un ejemplo adicional en las **Figuras 35a y 35b**. La Figura 35b muestra el elemento de unión en sección longitudinal, en donde el plano de sección se elige para que pase a través de las ranuras 28 que discurren axialmente visibles en la Figura 35a. El elemento de unión 1 está compuesto por material termoplástico. Está configurado según el primer grupo de realizaciones del primer aspecto de la invención y comprende una protuberancia proximal 15 del tipo descrito anteriormente en el presente documento. El rebaje 33 en esta realización no sirve para posicionar el sonotrodo (puede opcionalmente pero no necesariamente servir como hendidura de guía), sino que al extenderse a 35 través de toda la porción de cabeza 11 realiza la enseñanza del segundo aspecto de la invención.

La realización de las Figuras 35a y 35b también tiene estructuras de canalización de energía 29.

40 En la **Figura 36** se muestra muy esquemáticamente, un aparato 100 para llevar a cabo el método. El aparato tiene un dispositivo de posicionamiento 101 que posiciona el elemento de unión 1 con relación al objeto 2 y la abertura 3 del mismo, y un sonotrodo 6. Además, el aparato tiene un mando de control 103 que controla el sonotrodo 6 y el dispositivo de posicionamiento 101. El aparato también tiene un dispositivo de sujeción 104 para sujetar el objeto 2 durante el proceso de anclaje. El aparato puede tener medios adicionales, tales como un dispositivo de transporte para trasladar 45 el objeto 2, un dispositivo de perforación para realizar la abertura 3, un almacén para almacenar una reserva de elementos de unión, un alimentador para alimentar los elementos de unión 1, etc.

Asimismo, el aparato 100 comprende un sensor de distancia 102 adaptado para detectar la distancia DS entre el sonotrodo 6 y el objeto 2, de manera más particular, en la realización representada, la distancia entre la cara de salida de acoplamiento del sonotrodo 6 y la superficie 20 del objeto, y conectado al mando de control 103. El sensor de distancia 102 se puede basar en cualquier principio adecuado, tal como la medición de distancias por láser, medición de distancia por radar, medición de distancia por ultrasonidos y medición de distancia mecánica. Cuando se ha alcanzado una distancia preestablecida DS* entre el sonotrodo 6 y el objeto 2, lo que quiere decir que el elemento de unión 1 está en su posición correcta de montaje final, medida mediante el sensor de distancia 102, el mando de control 55 103 detiene el movimiento adicional y la acción vibratoria del sonotrodo 6.

De manera más particular, el mando de control 103 está configurado para controlar el movimiento hacia delante (distal) que experimenta el sonotrodo 6 cuando las vibraciones y la fuerza de presión se acoplan al elemento de unión 1. Especialmente, el control 103 puede configurarse para detener un movimiento hacia delante del sonotrodo 6 cuando la cara de desacoplamiento está a la distancia predeterminada DS=DS* de la superficie 20 en la que la abertura 3 tiene una boca. Más en concreto, en unas realizaciones el movimiento hacia delante del sonotrodo se detiene en cuanto el saliente 18 (si lo hubiera) alcanza la superficie 20. Por tanto, la distancia predeterminada DS* puede corresponder, por ejemplo, a la extensión axial e , posiblemente menos una pequeña distancia extra que tenga en cuenta una ligera deformación de la superficie 20 del objeto y una posible deformación de la protuberancia proximal 65 15.

Una condición predeterminada alternativa que puede establecerse para que se detenga el movimiento hacia delante del sonotrodo 6 es un aumento repentino de la resistencia mecánica (debido a que el saliente 18 hace tope contra la superficie 20) o un cambio repentino de la característica de absorción de la vibración, también provocado porque el saliente 18 hace tope contra la superficie 20.

5 Estos medios para detener automáticamente un movimiento hacia delante son una medida adicional que protege la porción de cabeza contra deformaciones en la superficie exterior lateral.

10 La **Figura 37** ilustra aún muy esquemáticamente que el aparato puede tener diferentes estaciones espacialmente separadas para llevar a cabo las diferentes etapas. Por ejemplo, el aparato puede tener una estación de posicionamiento 111 en la que el elemento o elementos de unión 1 se insertan en el objeto 2, por ejemplo, con un ajuste por interferencia, y una estación de anclaje 112 en la que el sonotrodo o sonotrodos 6 actúan sobre el elemento o elementos de unión 1.

REIVINDICACIONES

1. Un método de anclaje de un elemento de unión (1) en un objeto (2), comprendiendo el método las etapas de:

- 5 - proporcionar un elemento de unión (1), comprendiendo el elemento de unión una porción de anclaje (12) para un anclaje en profundidad en el objeto y una porción de cabeza (11) proximalmente a la porción de anclaje, teniendo la porción de cabeza una superficie exterior lateral (13) con una estructura bien definida, comprendiendo el elemento de unión un material termoplástico al menos en una superficie de la porción de anclaje;
- 10 - posicionar el elemento de unión (1) con relación al objeto (2) de manera que la porción de anclaje llegue a una abertura (3) del objeto o se coloque adyacente a una boca del mismo; y
- presionar el elemento de unión (1) hacia una dirección distal y acoplar al mismo tiempo una energía de vibración mecánica en el elemento de unión mediante una herramienta (6) en una cantidad y durante un tiempo suficientes para licuar una porción del material termoplástico para provocar la interpenetración del material termoplástico en estructuras del objeto (2),
- 15 en donde
- la presión y la vibración mecánica se aplican presionando la herramienta (6) contra una cara de extremo proximal de la porción de cabeza (11), y en la etapa de presión, una cara de salida de acoplamiento de la herramienta se presiona contra la cara de extremo proximal del elemento de unión, formándose una interfaz de herramienta-elemento de unión entre la cara de salida de acoplamiento y la cara de extremo proximal, en donde la interfaz tiene una extensión radial menor que una extensión radial de la porción de cabeza (11) al comprender la cabeza una protuberancia proximal (15) cuya extensión radial es menor que la extensión radial de la porción de cabeza (11),
- 20 - o por que la porción de cabeza comprende un rebaje (33) abierto por el lado proximal, y la presión y la vibración mecánica son aplicadas por la herramienta (6) en una cara de acoplamiento (30) dentro del rebaje,
- de tal modo que el método comprende dejar intacta la superficie exterior lateral (13) de la porción de cabeza (11).

25 2. El método según la reivindicación 1, en donde un eje de inserción (10) está definido para ser un eje propileno-distal a lo largo del cual se aplica la fuerza de presión, en donde una superficie (20) del objeto (2), en la que la abertura (3) tiene una boca, es plana, en donde un eje de la porción de cabeza está definido para ser perpendicular a la superficie plana del objeto después del anclaje, y en donde el eje de la porción de cabeza coincide con el eje de inserción (10).

30 3. El método según la reivindicación 1, en donde un eje de inserción (10) está definido para ser un eje próximo-distal a lo largo del cual se aplica la fuerza de presión, en donde una superficie (20) del objeto (2), en la que la abertura (3) tiene una boca, es plana, en donde un eje de la porción de cabeza está definido para ser perpendicular a la superficie plana del objeto después del anclaje, y en donde el eje de la porción de cabeza está en un ángulo distinto de cero con respecto al eje de inserción (10), especialmente, en un ángulo de entre 30° y 60°.

35 4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la porción de cabeza es simétrica respecto a las rotaciones alrededor de un eje de la porción de cabeza.

40 5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la protuberancia proximal (15) tiene forma de anillo o de disco.

45 6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la cara de salida de acoplamiento de la herramienta tiene una extensión radial que es menor que la extensión radial de la porción de cabeza (11).

7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento de unión (1) es de una sola pieza y está compuesto por el material termoplástico.

50 8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una cara de extremo proximal del elemento de unión comprende un orificio de guía (16) y en donde en la etapa de posicionamiento, se inserta una protuberancia de guía de la herramienta para cooperar con el orificio de guía.

9. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde en la etapa de acoplamiento de la energía mecánica de vibración en el elemento de unión, se hace vibrar la herramienta con una frecuencia de entre 10 kHz y 50 kHz.

55 10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde en la etapa de presión, la herramienta aplica al elemento de unión una presión mecánica de al menos 10⁵ N/m².

60 11. Un elemento de unión (1) para ser anclado, con ayuda de un material termoplástico y vibración mecánica, en un objeto (2) de material penetrable por el material termoplástico licuado, comprendiendo el elemento de unión una porción de anclaje (12) para un anclaje en profundidad en el objeto y una porción de cabeza (11) proximalmente a la porción de anclaje, comprendiendo el elemento de unión un material termoplástico al menos en una superficie de la porción de anclaje, en donde la porción de cabeza comprende una protuberancia proximal (15) cuya extensión radial es menor que la extensión radial de la porción de cabeza (11), **caracterizado por que** la superficie exterior lateral de la porción de cabeza está estructurada para cooperar con la estructura correspondiente de un objeto adicional de

65

manera que una fuerza de tracción axial sobre el elemento de unión puede ser transmitida a través de la estructura por la estructura que comprende una escotadura (14) con respecto a las direcciones axiales.

5 12. Un conjunto, que comprende el elemento de unión de la reivindicación 11 y que comprende además una herramienta (6) adaptada a una cara de acoplamiento orientada proximalmente al elemento de unión y capaz de acoplar la vibración mecánica en el elemento de unión.

10 13. Un sistema que comprende un aparato para llevar a cabo el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-10 y un elemento de unión, comprendiendo el aparato un posicionador (101) de elementos de unión, un dispositivo de sujeción (104) para sujetar el objeto (2) y un sonotrodo (6) para presionar el elemento de unión hacia una dirección distal y, al mismo tiempo, acoplar energía mecánica de vibración en el elemento de unión (1), que tiene una porción de cabeza proximal (11), en una cantidad y durante un tiempo suficientes para licuar una porción del material termoplástico para provocar la interpenetración del material termoplástico en estructuras del objeto (2), en donde

15 - el aparato está configurado para ejercer la presión y aplicar la vibración mecánica presionando el sonotrodo (6) contra una cara de extremo proximal de la porción de cabeza (11) mientras vibra el sonotrodo, en donde la porción de cabeza proximal de la cabeza del elemento de unión comprende una protuberancia proximal (15) cuya extensión radial es menor que la extensión radial de la porción de la cabeza (11), de tal modo que una interfaz de herramienta-elemento de unión formada entre la cara de salida de acoplamiento y la cara de extremo proximal tiene una
20 extensión radial menor que una extensión radial de la porción de cabeza (11),
- o por que el aparato está configurado para ejercer la presión y aplicar la vibración mecánica mediante el sonotrodo (6) en una cara de acoplamiento (30) dentro de un rebaje de la porción de cabeza abierto por el lado proximal,
- de tal modo que el aparato está configurado para dejar intacta la superficie exterior lateral (13) de la porción de
25 cabeza (11).

14. El sistema según la reivindicación 13, que está configurado para detener un movimiento hacia delante del sonotrodo (6) con relación al objeto (2) en cuanto se cumple una condición predeterminada, en donde la condición predeterminada es que una cara de desacoplamiento del sonotrodo (6) ha alcanzado una posición a una distancia predeterminada del objeto (2).

30 15. El sistema según la reivindicación 14, el aparato comprende además un sensor de distancia (102) adaptado para detectar la distancia (DS) entre el sonotrodo (6) y el objeto (2).

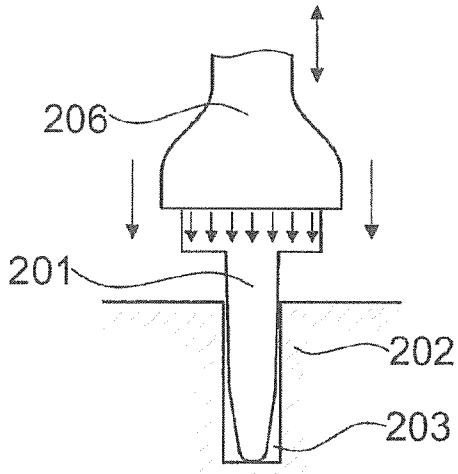


Fig. 1a

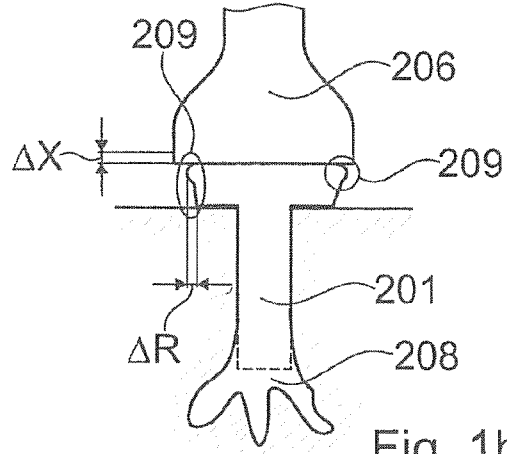


Fig. 1b

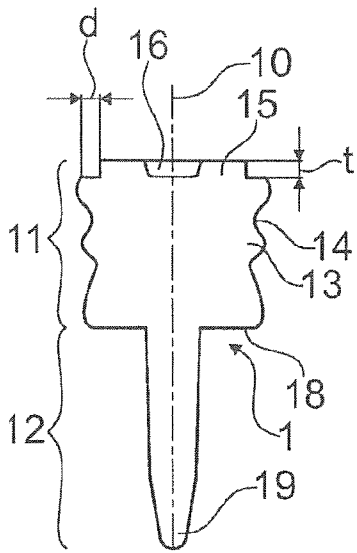


Fig. 2a

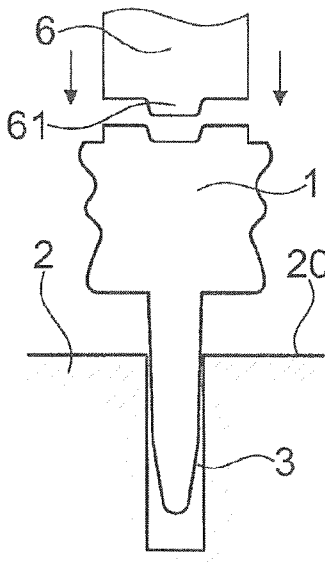


Fig. 2b

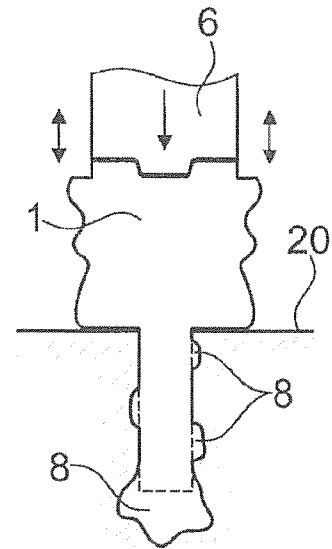


Fig. 2c

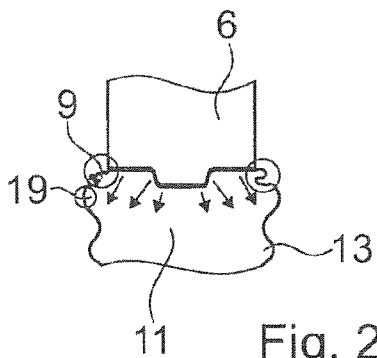


Fig. 2d

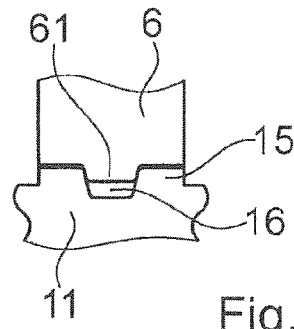


Fig. 2e

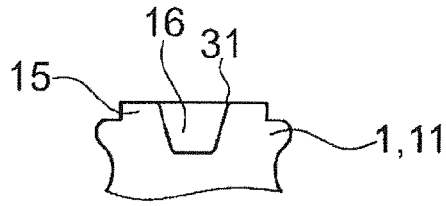


Fig. 3

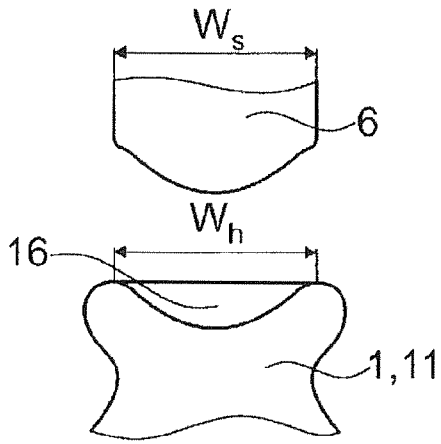


Fig. 4a

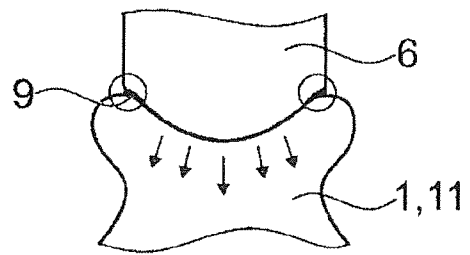


Fig. 4b

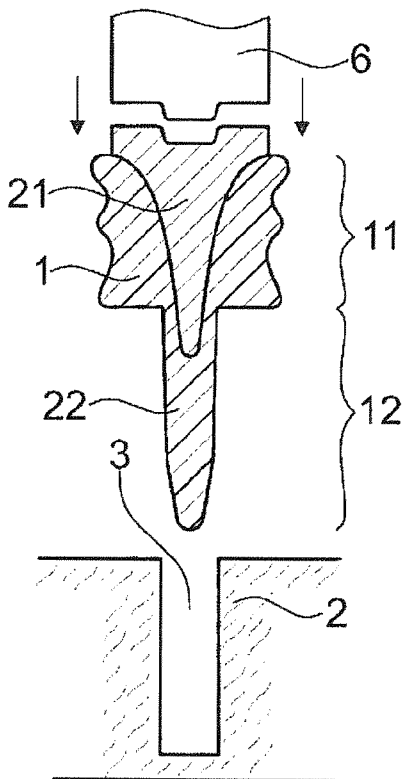


Fig. 5

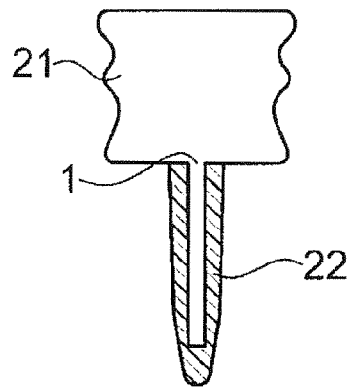


Fig. 6

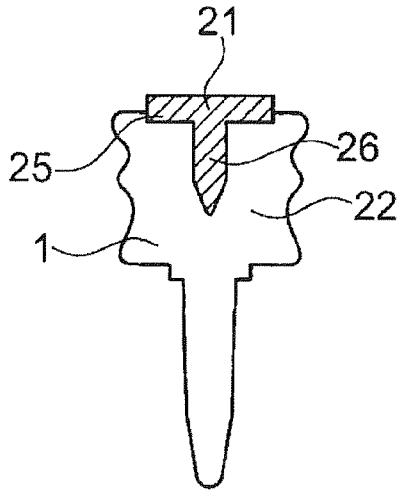


Fig. 7

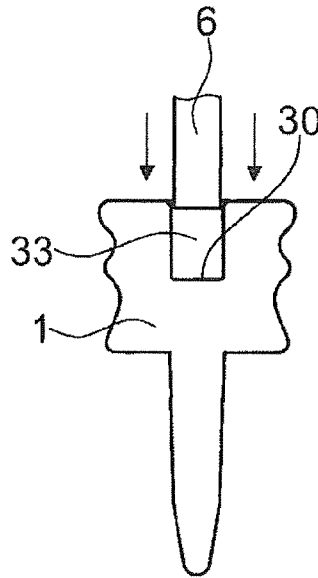


Fig. 8

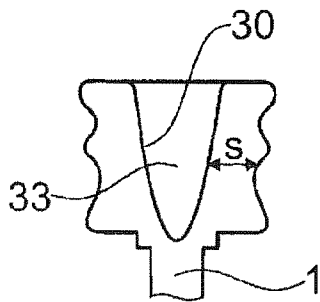


Fig. 9

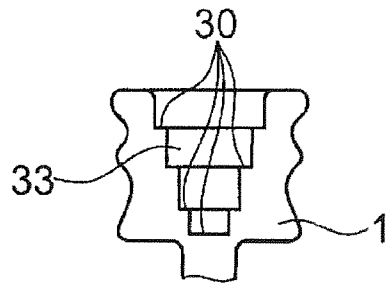


Fig. 10

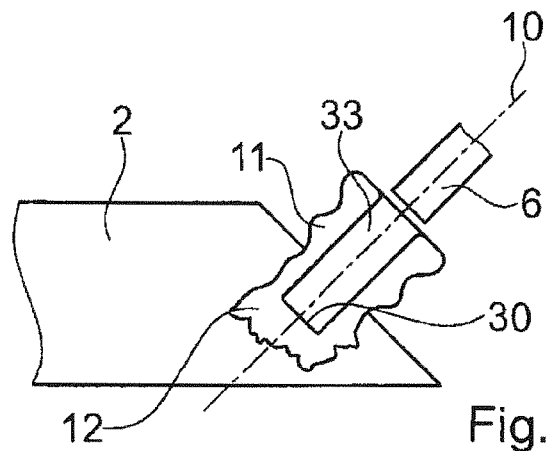


Fig. 11

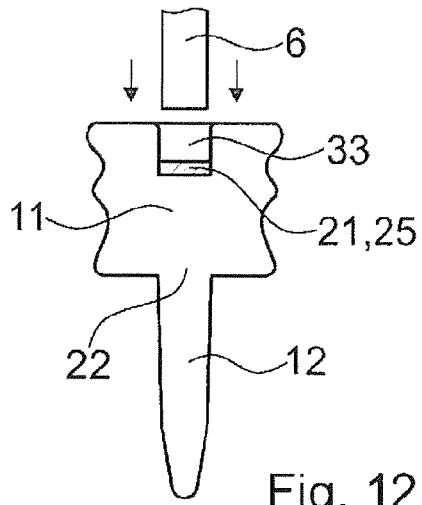


Fig. 12

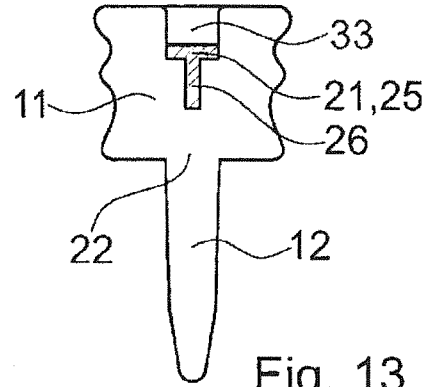


Fig. 13

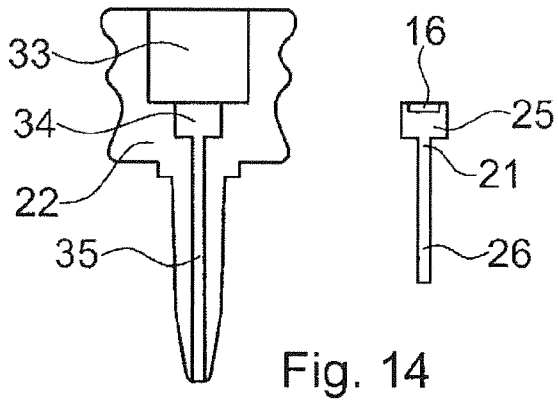


Fig. 14

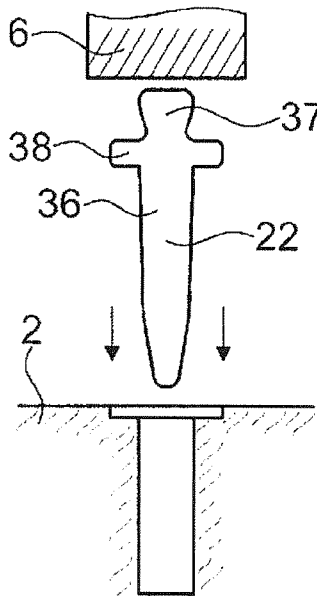


Fig. 15a

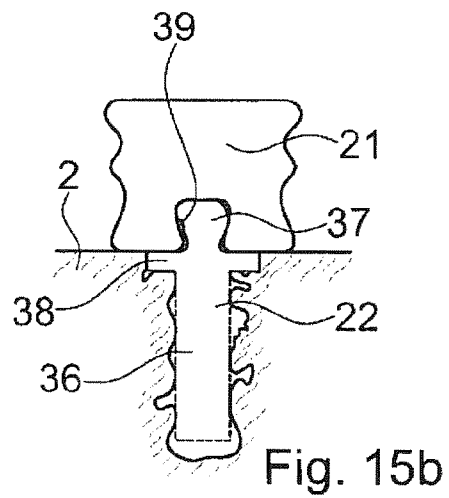


Fig. 15b

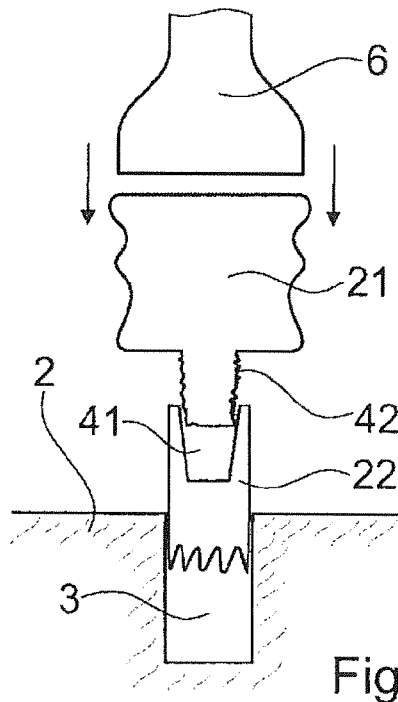


Fig. 16

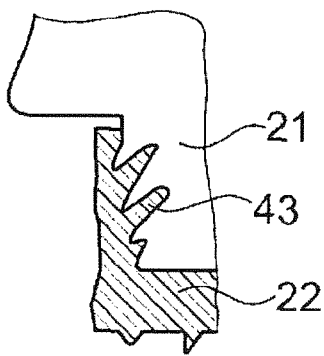


Fig. 17a

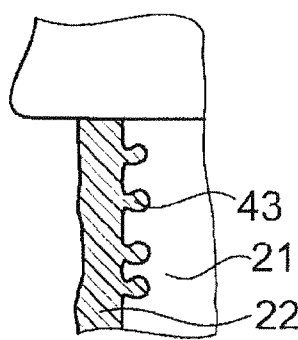


Fig. 17b

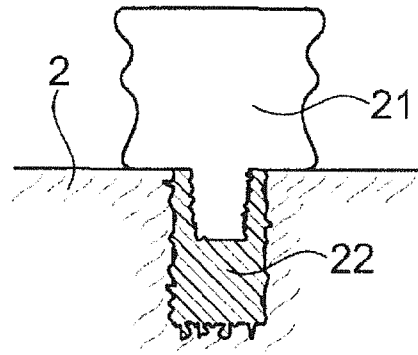


Fig. 17c

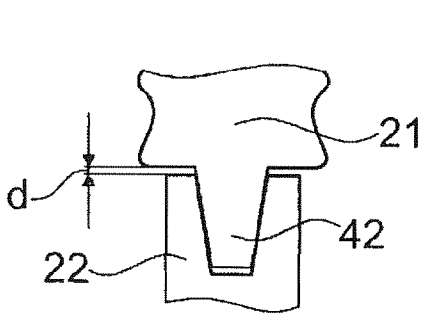


Fig. 18

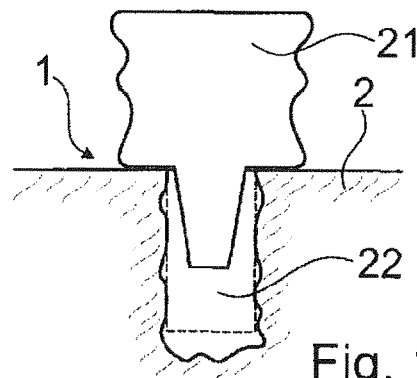


Fig. 19

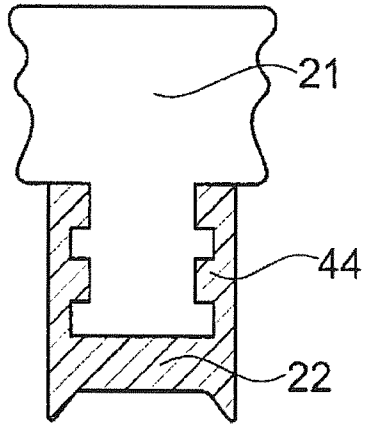


Fig. 20

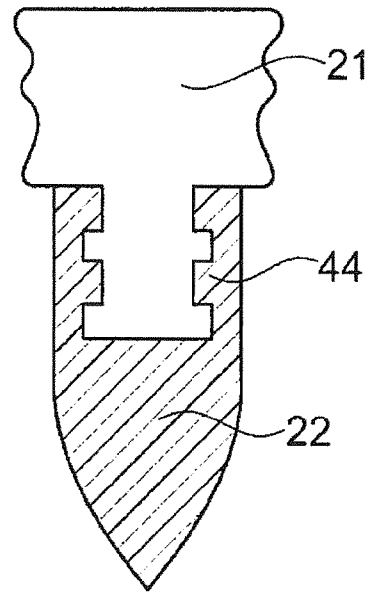


Fig. 21

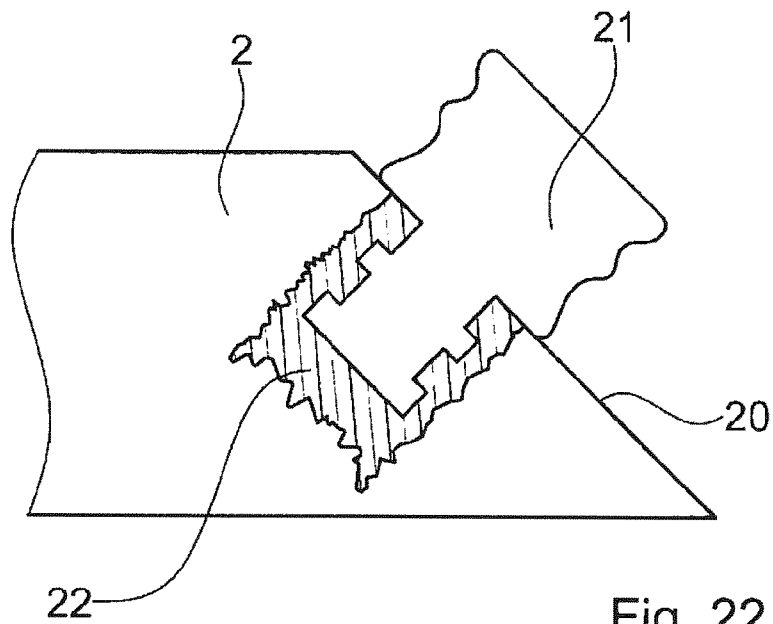


Fig. 22

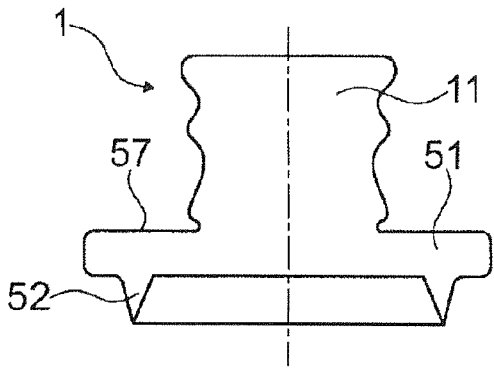


Fig. 23a

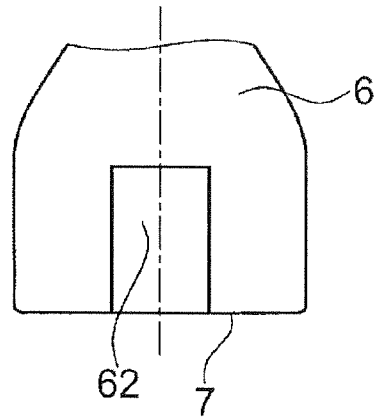


Fig. 24a

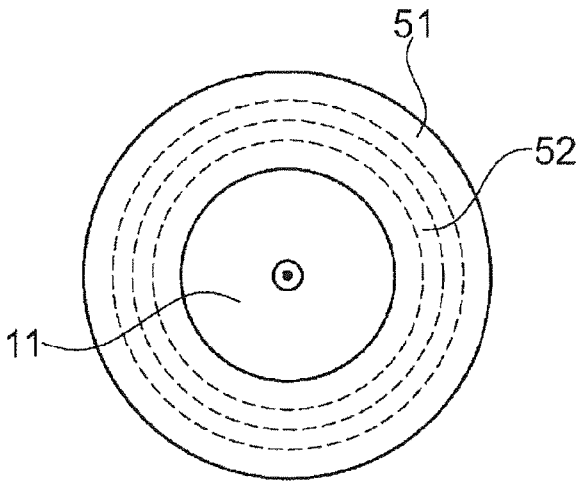


Fig. 23b

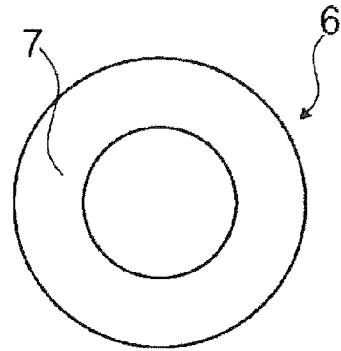


Fig. 24b

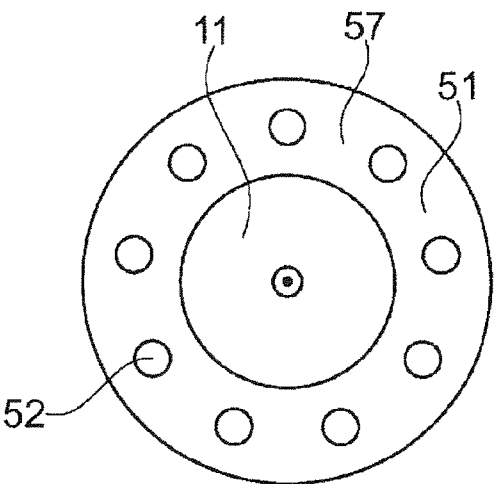


Fig. 25

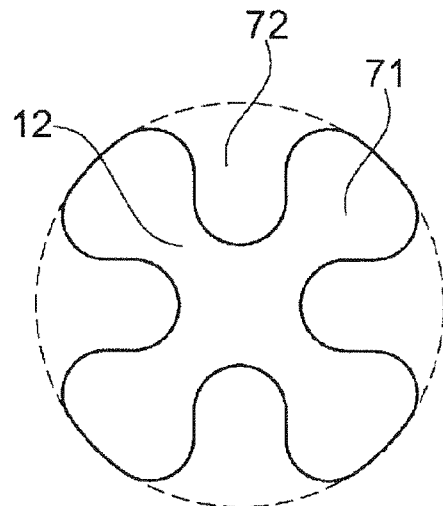


Fig. 26

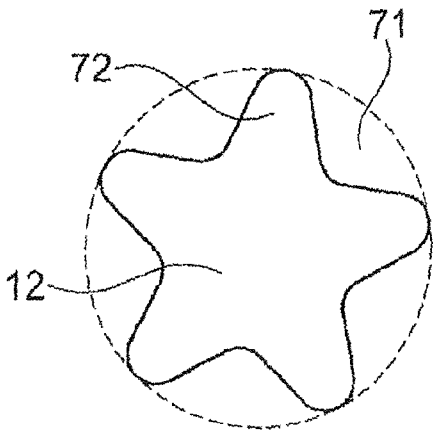


Fig. 27

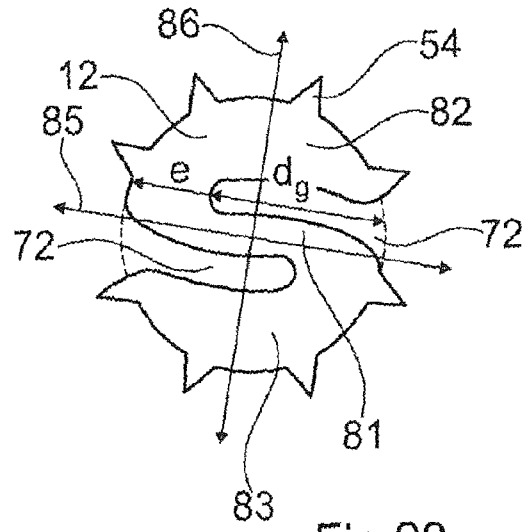


Fig. 28

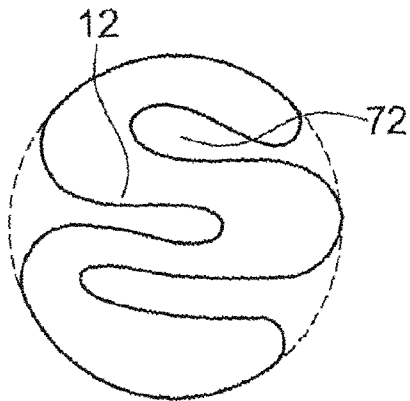


Fig. 29

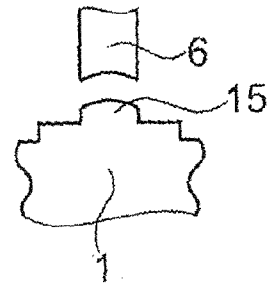


Fig. 30

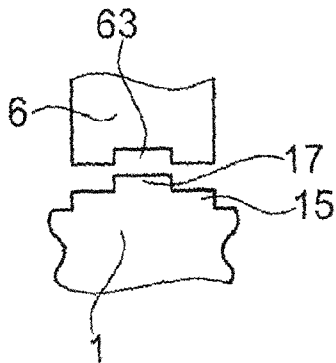


Fig. 31

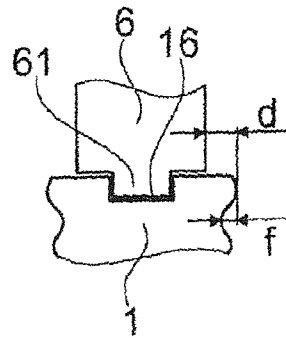


Fig. 32

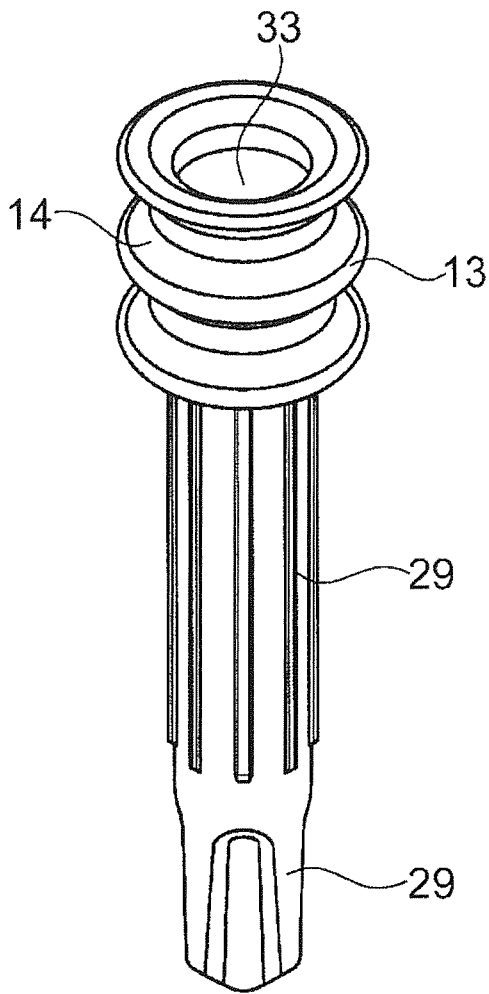


Fig. 33a

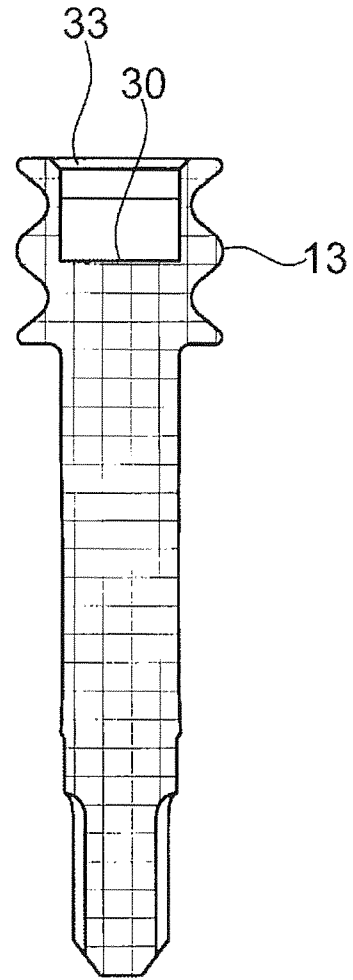


Fig.33b

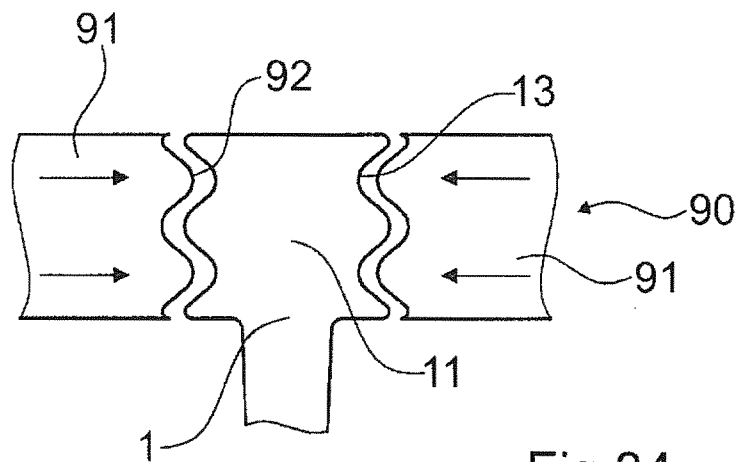


Fig.34

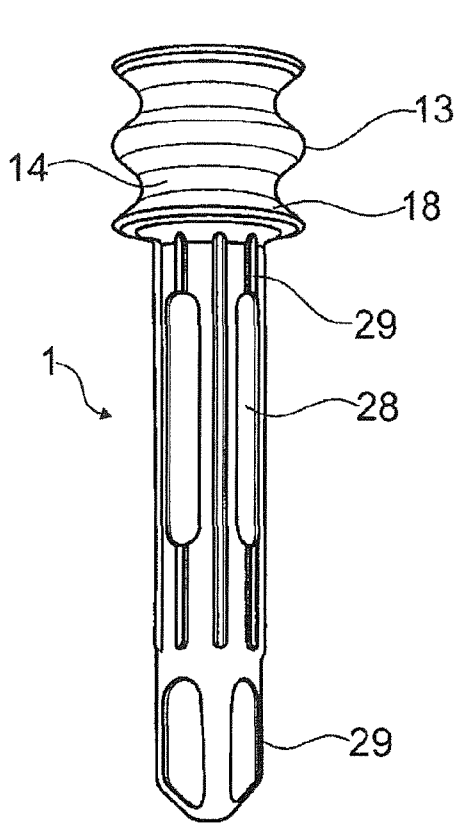


Fig. 35a

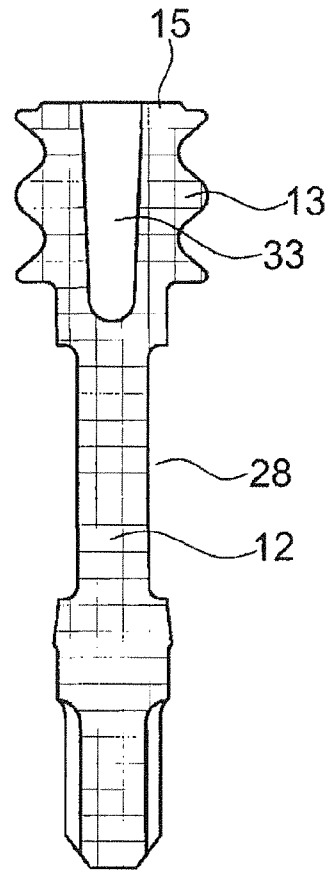


Fig. 35b

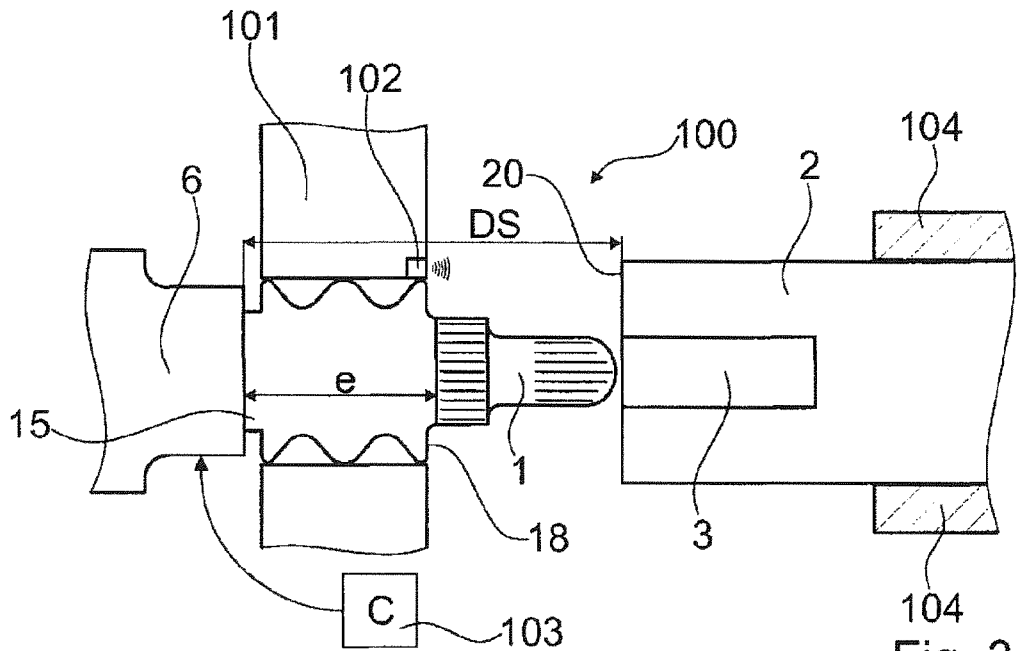


Fig. 36

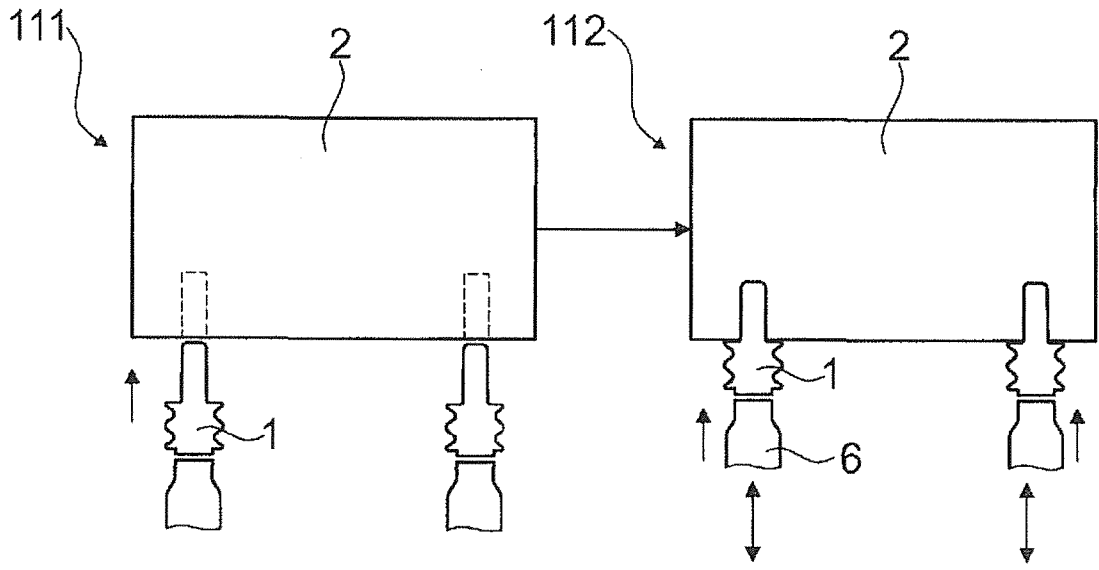


Fig. 37