

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 863 050**

(51) Int. Cl.:

F16B 5/00 (2006.01)
B29C 65/64 (2006.01)
B29C 65/56 (2006.01)
B29C 65/08 (2006.01)
B29C 65/48 (2006.01)
B29C 65/50 (2006.01)
B29C 65/60 (2006.01)
B29C 65/78 (2006.01)
F16B 3/00 (2006.01)
B29C 65/06 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2015 PCT/EP2015/061853**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2015 WO15181300**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2015 E 15725033 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2020 EP 3149345**

(54) Título: **Método de unión de dos objetos**

(30) Prioridad:

28.05.2014 CH 824142014

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.10.2021

(73) Titular/es:

WOODWELDING AG (50.0%)
Mühlebach 2
6362 Stansstad, CH y
INTER IKEA SYSTEMS B.V. (50.0%)

(72) Inventor/es:

MAYER, JÖRG;
LEHMANN, MARIO y
TORRIANI, LAURENT

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 863 050 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de unión de dos objetos

5 **Campo de la invención**

La invención se incluye en el campo de la ingeniería mecánica y construcción y se refiere a un método de unión de dos objetos. Uno de los objetos comprende una porción de inserto y el otro objeto comprende una abertura y, para unir los dos objetos, la porción de inserto se ancla dentro de la abertura, en donde, en la zona de anclado, uno de los 10 objetos comprende un material sólido que presenta propiedades termoplásticas, y el otro objeto comprende un material sólido por el que puede penetrar el material con propiedades termoplásticas cuando se licúa. El material penetrable es, por ejemplo, fibroso o poroso, es decir, una estructura de espuma.

15 **Antecedentes de la invención**

A partir de las publicaciones, por ejemplo, WO 96/01377 (Createc), WO 98/042988 (Woodwelding) y WO 2006/002569 (Woodwelding) o WO 2008/080238 se sabe anclar insertos que comprenden materiales con propiedades termoplásticas en materiales fibrosos o porosos como, por ejemplo, conglomerado o madera. Para este anclaje, el inserto se coloca con respecto a la abertura y, después, se aplican simultáneamente sobre este una vibración 20 mecánica, en particular, vibración ultrasónica, y una fuerza orientada para presionar el inserto hacia el interior de la abertura. En la etapa de colocación del inserto no se utiliza ninguna fuerza relevante, es decir, al aplicar la energía vibratoria, el inserto colocado vibrará libremente o, debido a la fuerza mencionada que lo presiona contra el material fibroso o poroso, transmitirá la energía vibratoria a este último. En la etapa en la que se aplican la vibración y la fuerza, el material con propiedades termoplásticas se licúa debido al calor por fricción, al menos donde está en contacto con 25 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.

Según la publicación WO 96/01377, el inserto y la abertura ciega en la que debe anclarse el inserto están adaptados entre sí, de modo que el inserto, tras colocarse con respecto a la abertura, no alcanza el fondo de esta. Esto se 30 consigue diseñando el inserto y/o la abertura con un ahusamiento continuo o escalonado. Simultáneamente, con la aplicación de la vibración ultrasónica, el inserto avanza aún más hacia la abertura gracias a la acción de una fuerza de prensado, que produce la licuación del material con propiedades termoplásticas principalmente en los laterales del inserto. En un método similar, se coloca un inserto ligeramente sobredimensionado sobre la boca de la abertura y, por 35 la acción de la fuerza de prensado y la vibración, avanza hacia la abertura y se ancla lateralmente en su interior. En ambos casos, es necesario mover el volumen del inserto en la dirección de la profundidad de la abertura durante la aplicación de la vibración.

Según las publicaciones WO 98/042988 y WO 2006/002569, el inserto y la abertura ciega en la que debe anclarse el inserto están adaptados entre sí, de modo que el inserto, tras ser colocado en la abertura, se asienta sobre el fondo 40 de la abertura. Durante la aplicación de la vibración ultrasónica, el inserto se presiona contra este fondo. Esto produce la licuación del material con propiedades termoplásticas, en concreto, en la región del extremo distal del inserto, es decir, en un anclaje sustancialmente distal en el fondo de la abertura pero casi ningún anclaje lateral, en donde el volumen del inserto no se mueve o se mueve muy poco durante la aplicación de la vibración.

45 Los documentos US 4.784.591 A y FR 2472351 A1 muestran la aplicación de dicho método de anclaje en el campo de los textiles. En particular, se muestra la fijación de sujeteciones en las prendas, tales como botones y cierres a presión, la conformación de dichas sujeteciones y los aparatos apropiados.

50 El documento US 5.879.115 enseña un método y un aparato para unir un inserto plástico a una base de plástico que tiene un rebaje en su interior. El proceso se basa en que el material plástico de ambos, el inserto y la base, se funde y fluye hacia espacios donde se combinan los plásticos del inserto y de la base para producir, tras volverse a solidificar, una junta integral (una soldadura). Las aplicaciones de este enfoque se limitan a la adhesión entre dos objetos que son, ambos, de material termoplástico, siendo capaces los materiales termoplásticos de entremezclarse integralmente entre sí.

55 **Sumario de la invención**

El objetivo de la presente invención es proporcionar un método alternativo para unir dos objetos, en donde uno de los 60 objetos comprende una porción de inserto y el otro comprende una abertura, en donde, para su unión, la porción de inserto se ancla en la abertura, y en donde, al menos en zonas en las que se desea este anclaje, uno de los objetos comprende un material sólido que presenta propiedades termoplásticas, y el otro objeto comprende un material sólido por el que puede penetrar el material con propiedades termoplásticas cuando se licúa.

65 Un objetivo adicional de la invención es mejorar los métodos conocidos descritos brevemente con anterioridad, en los que esta unión se consigue con la ayuda de energía proporcionada en forma de vibración mecánica, en particular, vibración ultrasónica. Con el uso del método según la invención y con el diseño más simple de inserto y abertura y

durante un tiempo mínimo de aplicación de vibración, es posible conseguir un anclaje, en especial, lateral, de gran uniformidad, incluso si la zona de anclaje deseada es relativamente grande.

- 5 En términos generales, los objetos anteriormente citados se consiguen estableciendo, en una primera etapa del método, un ajuste de interferencia entre la porción de inserto y la pared, en particular, la pared lateral, de la abertura, en la que debe anclarse la porción de inserto, y solo después de aplicar la energía que provoca la licuación, lo cual se consigue principalmente donde está activo el ajuste de interferencia. El anclaje conseguido con este método tiene una resistencia similar (por unidad de zona de anclaje) al anclaje conseguido con el método brevemente comentado con anterioridad según el documento WO 96/01377, pero se puede llevar a cabo sin la necesidad de mover el volumen de la porción de inserto una distancia importante dentro de la abertura durante la etapa de anclaje e independientemente de la ubicación en la que se deseé el anclaje. Este hecho reduce esencialmente el tiempo necesario para conseguir el anclaje. Así mismo, a medida que empieza la licuación en todas las ubicaciones a la vez en las que se desea el anclaje, el anclaje conseguido es muy homogéneo.
- 10 15 Según la invención, se proporcionan un primer objeto que comprende un primer material y un segundo objeto que comprende un segundo material, en donde el primer material es sólido (a temperatura ambiente) y comprende propiedades termoplásticas (es decir, se puede licuar con la ayuda de energía térmica; en lo sucesivo, este material se denomina "material termoplástico"), y el segundo material también es sólido (a temperatura ambiente) y, a través de él, puede penetrar el primer material cuando este último esté en un estado licuado (es decir, el segundo material es fibroso o poroso, comprende estructuras superficiales penetrables o no puede resistir la penetración bajo presión). En concreto, el segundo material es tal que no se vuelve fluido en las condiciones que se producen cuando el primer material penetra las estructuras superficiales. Por ejemplo, el segundo material puede ser un material que no presente propiedades termoplásticas, es decir, un material distinto a un material termoplástico. El segundo material puede ser uno que no experimente un proceso de licuación reversible, lo que significa que es un material incapaz de experimentar un proceso de licuación reversible o un material que tiene una temperatura de fusión sustancialmente por encima de una temperatura a la que se vuelve fluido el primer material. Por ejemplo, si se puede fundir el segundo material, su temperatura de fusión o temperatura de transición vítreo puede ser mayor que una temperatura de transición vítreo o temperatura de fusión del primer material en al menos 50 °C o al menos 80 °C o al menos 100 °C.
- 20 25 30 35 Uno del primer y segundo objeto comprende una abertura y el otro comprende una porción de inserto que se ancla en la abertura, en donde los materiales nombrados constituyen al menos parte de las superficies de la porción de inserto y de la pared de la abertura. La abertura y la porción de inserto están adaptadas entre sí a sus dimensiones para un ajuste de interferencia (ajuste a presión), es decir, la porción de inserto está sobredimensionada, al menos de forma local, en comparación con la abertura, lo que produce al menos una presión local entre la porción de inserto y la pared de la abertura cuando el inserto adopta una posición deseada dentro de la abertura, es decir, lo que produce la compresión elástica de la porción de inserto y/o de la pared de la abertura. Ahí dentro, el primer y segundo materiales citados se disponen opuestos entre sí al menos en parte de las zonas con esta compresión.
- 40 45 50 55 60 65 En una etapa del método para establecer el ajuste de interferencia, la porción de inserto se coloca en la posición deseada dentro de la abertura donde se retiene gracias al ajuste de interferencia anteriormente mencionado. Para conseguir el ajuste de interferencia, es decir, para generar la compresión entre la porción de inserto y la pared de la abertura, se necesita una fuerza de interferencia, bien para empujar la porción de inserto hacia la abertura de tamaño inferior o para presionar las secciones de pared de la abertura contra la porción de inserto. La magnitud de la fuerza de interferencia está correlacionada sustancialmente con la resistencia y la zona del ajuste de interferencia y depende principalmente de y está limitada por las dimensiones relativas de la porción de inserto y de la abertura y de la compresibilidad de cada uno de ambos materiales.
- En una etapa de anclaje que se lleva a cabo después de la etapa en la que se establecimiento el ajuste de interferencia, se aplica energía en uno o en el otro de los objetos, en donde la energía actúa como calor, en particular, en zonas (zonas de anclaje) en las que, debido al ajuste de interferencia, las zonas superficiales de la porción de inserto y de la pared de la abertura se presionan la una contra la otra y comprenden tanto el material termoplástico como el material penetrable. El calor hace que el material termoplástico se licue y la presión del ajuste de interferencia hace que los dos materiales penetren entre sí, en donde el ajuste de interferencia es al menos parcialmente moderado.
- Si la energía se aplica como vibración mecánica (por ejemplo, vibración ultrasónica), el ajuste de interferencia debe vencerse, de tal manera que, al menos en las zonas comentadas, la vibración provoque la fricción y, con ella, el calor

por fricción entre la porción de inserto y la pared de la abertura. Para vencer el ajuste de interferencia, es necesario aplicar una carga de cizalla entre la porción de inserto y la pared de la abertura, en donde esta carga de cizalla puede generarse mediante una vibración lo suficientemente potente de una de la porción de inserto o la pared de la abertura con respecto a la otra, o mediante la vibración y una fuerza de cizalla adicional que actúa entre los dos objetos. Para evitar el movimiento no deseado, en particular, el movimiento traslacional de los dos objetos entre sí debido a la fuerza de cizalla, puede ser necesario compensar esta última de manera adecuada.

5 En una etapa adicional del método, el suministro de energía se detiene hasta que el material termoplástico licuado y desintegrado en la etapa de anclaje vuelve a solidificarse, mediante lo cual se forma una especie de material compuesto en la zona de interpenetración, que conecta los dos objetos en una conexión de ajuste positivo.

10 Se proporciona la energía necesaria para licuar el material termoplástico en la etapa de anclaje, como se ha comentado anteriormente, bien en uno o los dos objetos, preferentemente en forma de vibración mecánica, en particular, vibración ultrasónica, para transformarla en fricción en la interfaz entre la porción de inserto y la pared de la abertura. La vibración 15 tiene preferentemente una dirección de vibración principal, paralela a las superficies de la porción de inserto y la pared de la abertura donde está activo el ajuste de interferencia. Por tanto, para conseguir un anclaje lateral, lo que se prefiere son vibraciones longitudinales sustancialmente paralelas a la profundidad de la abertura o vibraciones rotatorias con un eje sustancialmente paralelo a la profundidad de la abertura. La fuerza de cizalla adicional anteriormente comentada, si se aplica, se orienta preferentemente en paralelo a la dirección de vibración principal, es decir, en los dos casos anteriores comentados actúa paralela a la profundidad de la abertura o como par de torsión 20 con un eje paralelo a la profundidad de la abertura.

25 También pueden aplicarse otros tipos de energía como, por ejemplo, la irradiación con energía electromagnética para la cual deben proporcionarse medios de absorción apropiados en las ubicaciones donde esté activo el ajuste de interferencia, o un calentamiento correspondiente (por ejemplo, calentamiento inductivo o resistivo).

30 Como se ha mencionado anteriormente, el material termoplástico y el material penetrable que participan en el anclaje pueden estar presentes únicamente en superficies seleccionadas de la porción de inserto y sobre las paredes de la abertura. No obstante, estos también pueden constituir porciones más grandes de los dos objetos, que pueden comprender porciones adicionales de materiales distintos o pueden consistir, por completo, en el material termoplástico o el material penetrable.

35 En las zonas en las que actúa el ajuste de interferencia, cualquiera de las dos superficies que se están presionando entre sí puede comprender estructuras que funcionan como orientadores de la energía, es decir, elementos en forma de puntos o línea que sobresalen de una superficie principal. Estas estructuras de orientación de la energía pueden o no alterar la superficie opuesta cuando se cree el ajuste de interferencia y han de tenerse en cuenta correspondientemente al calcular el sobredimensionamiento de la porción de inserto.

40 El material penetrable y el material termoplástico deben presentar propiedades termoplásticas (en las condiciones de la etapa para establecer el ajuste de interferencia, es decir, normalmente a temperaturas ambiente) para poder soportar la presión del ajuste de interferencia. Preferentemente, debe evitarse el deslizamiento de cualquiera de los dos materiales que perjudique el ajuste de interferencia. Esto se consigue seleccionando materiales sin sustancialmente tendencia al deslizamiento a la temperatura de la etapa de establecimiento del ajuste de interferencia (polímeros amorfos por debajo de su temperatura de transición vítreo o preferentemente al menos 50 °C por debajo de su temperatura de transición vítreo y polímeros parcialmente cristalinos por debajo de su temperatura de fusión) o manteniendo un intervalo de tiempo lo suficientemente corto entre la etapa de establecimiento del ajuste de interferencia y la etapa de anclaje antes de que el ajuste de interferencia se vea demasiado perjudicado por el deslizamiento (cuanto más corto es el intervalo de tiempo, más tendencia al deslizamiento de cualquiera de los materiales se podrá tolerar, es decir, para polímeros: lo más cerca que pueda estar la temperatura utilizada de los límites de temperatura proporcionados con anterioridad). Si la energía se aplica en forma de vibración mecánica, el material penetrable necesita además poder soportar la fricción vibratoria de la etapa de anclaje.

45 Un material penetrable adecuado para el método según la invención es un sólido, al menos en las condiciones del método según la invención (etapa de establecimiento del ajuste de interferencia y etapa de anclaje), en donde "sólido", en el contexto de la presente divulgación, significa que este material es rígido, no es sustancialmente flexible de manera elástica (no presenta características de elastómero) y no es plásticamente deformable ni tampoco elásticamente compresible, o muy poco. Este comprende, además, espacios (reales o posibles) 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). Alternativamente, el material penetrable puede desarrollar estos espacios bajo la presión hidrostática del material termoplástico licuado, lo que significa que puede no ser penetrable o muy poco cuando está en condiciones ambiente. Esta propiedad (presentar espacios potenciales para la penetración) supone, por ejemplo, la falta de homogeneidad en términos de resistencia mecánica. Un ejemplo de un material que tiene esta propiedad es un material poroso cuyos poros se rellenan con un material que puede sacarse 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 penetrante. Así,

en general, el material penetrable comprende falta de homogeneidad en términos estructurales (espacios "vacíos", como poros, huecos, etc.) o en términos de composición material (material desplazable o materiales separables).

- 5 Para el método según la invención, para generar una calidad de unión adecuadamente reproducible, el material penetrable debe presentar propiedades mecánicas que sean previsibles y lo suficientemente homogéneas para dotar al ajuste de interferencia de una resistencia previsible. Ya que esto no ocurre con los huesos vivos, el método no es adecuado para fines médicos.
- 10 En realizaciones con una abertura, por ejemplo, una abertura ciega, en la que se inserta la porción de inserto introduciendo la porción de inserto en la abertura, el objeto de yunque se ve sometido a una carga mecánica considerable debido a la fuerza de interferencia. Dependiendo de la composición del material penetrable o de otros materiales posibles del objeto de yunque, puede existir el riesgo de aparición de grietas u otros daños, provocados por la introducción de la porción de inserto en la abertura antes de la etapa de anclaje.
- 15 Por ejemplo, en las realizaciones, el objeto de yunque puede comprender una porción con forma de tablero (por ejemplo, con forma de tablero o que comprende un componente con forma de tablero), con superficies amplias y una cara lateral estrecha entre las superficies amplias, extendiéndose la abertura hacia adentro desde la cara lateral estrecha (es decir, la abertura tiene una boca sobre la superficie lateral estrecha).
- 20 Por lo general, si es necesario, han de tomarse medidas para evitar que aparezcan estas grietas y otros daños (abultamiento o porciones que se desprenden, por ejemplo). En concreto, se pueden tomar estas medidas para reducir las zonas superficiales opuestas que se someten a la fuerza de interferencia:
- 25 - Las secciones transversales de la porción de inserto y de la abertura se adaptan entre sí al no tener la misma forma, de modo que el ajuste de interferencia se limita únicamente a partes de la circunferencia de las secciones transversales.
- 30 ◦ Si la distancia entre las partes que se someten a la fuerza de interferencia es similar a o menor que una distancia de flujo del material termoplástico durante la etapa de anclaje posterior, entonces el anclaje puede afectar a toda la circunferencia, sirviendo las porciones entre las porciones de fuerza de interferencia como espacio adicional por el que puede pasar el material termoplástico comprimido. Por ejemplo, si la sección transversal de la abertura es redondeada y la sección transversal de la porción de inserto tiene forma de estrella con dientes muy cerca los unos de los otros, entonces el material termoplástico durante el anclaje puede fluir para llenar los espacios entre los dientes.
- 35 ◦ Si hay mucha distancia entre las porciones de fuerza de interferencia, entonces el anclaje se verá limitado, en consecuencia, a las partes de la circunferencia que se corresponden esencialmente con las porciones de fuerza de interferencia.
- 40 ◦ En realizaciones de este concepto, los bordes de estas secciones transversales pueden funcionar como elementos de orientación de la energía y/o se pueden presionar hacia la pared lateral de la abertura al establecer el ajuste de interferencia.
- 45 - Además, o como alternativa, el acoplamiento entre la sección transversal de la porción de inserto y de la abertura puede ser distinto a lo largo de la profundidad de la abertura, de modo que el ajuste de interferencia se ve limitado a zonas predeterminadas dispuestas a lo largo de esta profundidad. En concreto, el ajuste de interferencia puede limitarse a zonas alejadas de la boca de la abertura (a porciones más profundas) porque el riesgo de grietas u otros daños es mayor en el borde de la abertura.
- 50 ◦ En ejemplos, la abertura puede estar escalonada o ahusada, teniendo un diámetro menor en posiciones más profundas, mientras que la porción de inserto no presenta escalonamiento/ahusamiento o está escalonada o ahusada de manera diferente.
- 55 - Además, o como otra alternativa más, la porción de inserto puede estar provista de una parte hueca, en concreto, si está hecha, por ejemplo, con un material ligeramente elástico. En ejemplos, el extremo distal puede estar hueco.
- 60 - Además, o como otra alternativa, la porción de inserto puede estar provista de pestañas rígidas o flexibles/blandas. De esta manera, por ejemplo, la porción de inserto puede inyectarse en la abertura mediante presión de aire o algo similar. Las pestañas pueden garantizar que la porción de inserto se sitúe en una posición correcta sin provocar grietas.
- 65 - Además, o como otra alternativa más, la fuerza de interferencia se puede generar solo inmediatamente antes de la etapa de anclaje y después de que los objetos se hayan colocado el uno con respecto al otro, desde el interior del primer objeto. En concreto, el primer objeto puede estar provisto de una abertura interior a la que se puede acceder desde el lado proximal, y un elemento de expansión puede ser empujado hacia el interior de la abertura, por ejemplo, con la herramienta vibratoria mediante la cual se transfiere después la energía al primer objeto. Dentro de esta, el elemento de expansión tiene una sección transversal mayor que la abertura interior, de modo que

expande el primer objeto y, de esta manera, genera la fuerza de interferencia desde dentro.

- Entre los ejemplos de materiales penetrables aplicables en el método según la invención se encuentran los materiales sólidos como la madera, contrachapado, 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 están rellenos originalmente de aire o de otro material desplazable o compresible. Otros ejemplos son materiales compuestos que presenten las propiedades mencionadas con anterioridad o materiales con superficies que comprendan una rugosidad apropiada, estructuras superficiales mecanizadas correctamente o revestimientos de superficie apropiados (por ejemplo, que consisten en partículas). Si el material penetrable tiene propiedades termoplásticas, es necesario que mantenga su resistencia mecánica durante la etapa de anclaje, bien comprendiendo adicionalmente una fase mecánicamente estable o bien presentando una temperatura de fusión considerablemente más elevada que el material termoplástico que debe licuarse en la etapa de anclaje.
- Un material termoplástico adecuado para el método según la invención, en las condiciones de la etapa de establecimiento del ajuste de interferencia, también es sólido en el sentido anteriormente descrito para el material penetrable. Este comprende preferentemente una fase polimérica (especialmente basada en las cadenas C, P, S o Si) que se transforma de sólido a líquido o fluido por encima del intervalo de temperatura crítica, por ejemplo, mediante fusión, y se vuelve a transformar en un material sólido cuando se enfria de nuevo por debajo del intervalo de temperatura crítica, por ejemplo, mediante cristalización, mediante lo cual la viscosidad de la fase sólida es muchos órdenes de magnitud mayor (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 reversiblemente 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 mayor que el intervalo de temperatura de fusión del polímero básico.
- 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), acilester-estiro-acrilonitrilo (ASA), estireno acrilonitrilo, cloruro de polivinilo, poliestireno o polietercetona (PEEK), polieterimida (PEI), polisulfona (PSU), polí(p-fenilen sulfuro) (PPS), polímeros de cristal líquido (LCP), etc. Los LCP son de particular interés ya que su caída pronunciada de la viscosidad durante la fusión les permite penetrar en espacios muy pequeños del material penetrable.
- Normalmente, cualquiera de los dos objetos que deben unirse tiene que ser capaz de transferir la energía de vibración, preferentemente, con un mínimo de pérdida de energía, desde un lado proximal del objeto, donde se utiliza una herramienta vibratoria, hasta un lado distal, donde se dispone la porción de inserto o la abertura. Si este objeto está hecho completamente de material termoplástico, este último necesitará un coeficiente de elasticidad (a temperatura ambiente) de al menos 0,5 GPa o, preferentemente, de al menos 1,0 GPa.
- El material termoplástico y el material penetrable deben adaptarse entre sí, de modo que se puedan dar un ajuste de interferencia apropiado y la penetración deseada y, como resultado, se produzca el anclaje adecuado. El acoplamiento de materiales que ha demostrado ser ventajoso es, por ejemplo, el acoplamiento de contrachapado (material penetrable) y poliamida (material termoplástico).
- 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 20 y 40 kHz) y una energía de vibración de 0,2 a 20 W por milímetro cuadrado de superficie activa). La herramienta vibratoria (por ejemplo, un sonotrodo) está diseñada, por ejemplo, de modo que su cara de contacto oscile predominantemente en la dirección del eje de la herramienta (vibración longitudinal) y con una amplitud entre 1 y 100 µm, preferentemente de aproximadamente 30 a 60 µm. Estas vibraciones preferidas se producen, por ejemplo, con dispositivos ultrasónicos como, por ejemplo, los que se conocen de la soldadura ultrasónica.
- En una realización preferida de la etapa de anclaje del método según la invención, uno de los objetos (objeto de yunque) está fijo en una posición estable y la herramienta vibratoria se utiliza en el otro objeto (objeto libre) y, si procede, la herramienta vibratoria no solo se utiliza para transmitir la vibración al objeto libre, sino también una fuerza de cizalla que se orienta en paralelo a la profundidad de la abertura. Dentro de esta, la herramienta vibratoria no tiene por qué estar conectada al objeto libre, o solo de forma holgada, es decir, actúa sustancialmente como martillo sobre este último. Alternativamente, puede fijarse al objeto libre de modo que la vibración se transmita por completo al objeto libre.
- El movimiento no deseado entre los dos objetos (o de la porción de inserto dentro de la abertura, respectivamente) debido a la fuerza de cizalla orientada en paralelo a la profundidad de la abertura se limita o previene, por ejemplo,

diseñando la abertura como una abertura ciega o que comprende una reducción importante de su sección transversal, o disponiendo un yunque auxiliar dentro o en la boca de una abertura pasante y colocando la porción de inserto dentro de la abertura, en la etapa en la que se consigue el ajuste de interferencia, de modo que su extremo distal haga tope con el fondo de la abertura ciega, o con la reducción de la sección transversal, o con el yunque auxiliar, o que haya una pequeña distancia predeterminada desde este último.

- 5 En una realización preferida de ejemplo del método según la invención, el objeto de yunque comprende la abertura (por ejemplo, un orificio ciego, es decir, una abertura con una sección transversal circular constante y un fondo) y comprende el material penetrable (por ejemplo, consiste en madera o conglomerado). El objeto libre comprende la porción de inserto (que tiene, por ejemplo, forma de clavo) y consiste en el material termoplástico (por ejemplo, poliamida, PA 6.6). El anclaje debe conseguirse principalmente en los lados laterales de la porción de inserto, pero preferentemente también en el fondo del orificio. La porción de inserto tiene una sección transversal que está sobredimensionada con respecto a la abertura, ya que tiene un diámetro mayor que el diámetro del orificio. En la etapa 10 en la que se establecimiento el ajuste de interferencia, la porción de inserto es empujada hacia el orificio hasta que su extremo distal hace contacto distalmente con el fondo del orificio gracias a la ayuda de la fuerza de interferencia que se aplica en el extremo proximal del clavo, utilizando cualquier herramienta adecuada, posiblemente la herramienta vibratoria en un estado pasivo (sin vibración). En la etapa de anclaje, se activa la herramienta vibratoria y, si procede, se presiona simultáneamente contra el extremo proximal del objeto libre con la fuerza de cizalla adicional.
- 15 20 En realizaciones de este tipo, el movimiento axial del volumen de la porción de inserto se puede limitar a la compensación de la compresión del fondo de la abertura y la penetración del material penetrable en la zona de este fondo. El extremo proximal de la porción de inserto puede moverse adicionalmente debido al acortamiento de la porción de inserto para compensar el material licuado lateralmente desplazado.
- 25 30 35 La porción de inserto cilíndrica puede comprender, por ejemplo, características de orientación de la energía en forma de salientes que se extienden axialmente, que pueden o no acanalar las paredes laterales de la abertura durante la establecimiento del ajuste de interferencia. Si el sobredimensionamiento de la sección transversal del clavo es menor que la altura radial de los salientes, el ajuste de interferencia y, por tanto, el anclaje se limitará a las zonas de los salientes y no afectará a las cavidades entre los salientes. Adicionalmente o como alternativa, es posible dotar a las paredes laterales de la abertura de estructuras de orientación de la energía. La porción de inserto está hecha preferentemente por completo de material termoplástico, pero alternativamente puede comprender un núcleo que se extienda sustancialmente a lo largo de un eje longitudinal central de la porción de inserto y que esté hecho de un material (por ejemplo, un material metálico o cerámico o un material termoplástico con una temperatura de fusión considerablemente elevada con respecto al material termoplástico que debe licuarse) que tenga preferentemente una resistencia mecánica mayor que el material termoplástico.

40 Los parámetros de ejemplo para la realización preferida descrita con anterioridad del método según la invención, en los que se utiliza la vibración anteriormente descrita para la etapa de anclaje, son: a) un sobredimensionamiento de la porción de inserto en sus laterales con respecto a las paredes laterales de la abertura: en la región de décimas de milímetros (por ejemplo, 0,1 a 0,5 mm), b) un ajuste de interferencia: en la región de décimas de N por mm² (por ejemplo, 0,1 a 1 N/mm²).

45 Los experimentos demuestran que con el uso de la realización preferida descrita brevemente con anterioridad del método según la invención, la etapa de anclaje se puede reducir a aproximadamente la mitad del tiempo necesario si, según el método conocido, se empuja la porción de inserto hacia el interior de la abertura a la vez que se aplica la vibración. Esta reducción de tiempo constituye un ahorro considerable de la energía vibratoria y una ventaja importante con respecto a un proceso automatizado. Así mismo, ejerce menos tensión sobre una cara proximal sobre la que trabaja la herramienta vibratoria y reduce el riesgo de que el material licuado se salga por la boca de la abertura. Esto 50 aumenta la calidad total del resultado del método ya que, incluso si la cara proximal comentada está hecha con el material termoplástico, no se deforma o queda marcada inapropiadamente durante la etapa de anclaje y la región de la boca de la abertura se mantiene despejada. Las alternativas de ejemplo a la realización preferida anteriormente comentada del método según la invención (en la medida en que no se hayan descrito adicionalmente con anterioridad) son, por ejemplo:

- 55 • La porción de inserto y la abertura no son cilíndricas sino que, por ejemplo, se ahúsan bien de manera continua o bien de forma escalonada, en donde el ángulo de ahusamiento total no es preferentemente de más de 10° a 15°.
- 60 • Cualquier sección transversal de la porción de inserto se acopla a una abertura en forma de ranura, en donde, en la ranura, se puede introducir una pluralidad de porciones de inserto, una al lado de la otra o con distancias entre ellas.
- 65 • La sección transversal de la porción de inserto y de la abertura son distintas, ya que la una comprende elementos de orientación de la energía y la otra no.
- Los elementos de orientación de la energía tienen forma de salientes que se extienden paralelos a la profundidad de la abertura.

- En un extremo proximal de la porción de inserto, se proporciona una porción proximal, en donde la porción proximal tiene, por ejemplo, una sección transversal mayor que la porción de inserto, de modo que la porción proximal no puede introducirse en la abertura. Esta porción proximal con forma de cabeza puede servir para trabajar con la herramienta de vibración sobre ella y, posiblemente, para limitar el movimiento de la porción de inserto hacia el interior de la abertura durante la etapa de establecimiento del ajuste de interferencia y/o durante la etapa de anclaje. Así mismo, la porción proximal puede tener varias funciones adicionales, por ejemplo, asociadas a su forma.
- Si se desea un anclaje resistente en el fondo de una abertura ciega, este extremo distal de la porción de inserto se ahúsa o comprende estructuras superficiales de orientación de la energía.
- Si se desea un mínimo de anclaje en el fondo de la abertura ciega, el extremo distal de la porción de inserto es preferentemente romo y/o no comprende el material termoplástico, y/o el fondo de la abertura comprende un material que no es penetrable o que es menos penetrable que el material de las paredes laterales de la abertura.
- La porción de inserto comprende un núcleo que se extiende, por ejemplo, en una dirección de la profundidad de la abertura y que consiste en un material que no se reblandece o licúa en las condiciones de la etapa de anclaje (por ejemplo, material metálico o cerámico o un material polimérico que es un polímero termoestable o un polímero termoplástico con un intervalo de temperatura de fusión considerablemente mayor que el del material termoplástico que debe licuarse en la etapa de anclaje). El número aumenta la resistencia mecánica de la porción de inserto.

Estas posibilidades se pueden combinar entre sí en combinaciones arbitrarias.

- La invención también se refiere a una máquina para llevar a cabo el método de manera automatizada. Esta máquina comprende un medio de inserción para insertar la porción de inserto en la abertura y establecer el ajuste de interferencia y un medio de anclaje para llevar a cabo el proceso de anclaje. El medio de inserción se puede combinar con el medio de anclaje (por ejemplo, con una herramienta vibratoria que primero empuja la porción de inserto hacia la abertura y después se somete a las vibraciones mecánicas para acoplar energía en la disposición para el proceso de anclaje) o puede ser independiente a este.
- La invención se refiere, además, a un conjunto de una máquina y una reserva de primeros objetos. Si la máquina comprende, además, un medio de fabricación de aberturas (como un taladro), el medio de fabricación de aberturas y los primeros objetos se adaptan entre sí, de modo que el ajuste de interferencia pueda establecerse mediante la inserción de la porción de inserto en la abertura.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describe con más detalle junto con las figuras adjuntas, en donde:

- La **figura 1** ilustra el ejemplo brevemente comentado con anterioridad de una realización preferida del método según la invención;
- las **figuras 2A/B** muestran dos ejemplos de transferencia de vibración desde la herramienta vibratoria hasta el objeto libre;
- las **figuras 3A/B** muestran dos ejemplos del acoplamiento entre el extremo distal de la porción de inserto y el fondo del anclaje de abertura en el fondo de la abertura además del anclaje lateral;
- la **figura 4** es un diagrama de flujo del método ilustrado en la figura 1;
- las **figuras 5 a 8** muestran ejemplos de pares combinados de secciones transversales de porciones de inserto y aberturas, que pueden aplicarse, por ejemplo, en el método ilustrado en la figura 1;
- las **figuras 9 y 10** muestran ejemplos de objetos libres con un núcleo que no puede licuarse;
- las **figuras 11 a 16** muestran ejemplos de secciones longitudinales de porciones de inserto y aberturas combinadas, aplicables, por ejemplo, en el método ilustrado en la figura 1;
- las **figuras 17 y 18** ilustran ejemplos de porciones proximales conectadas a porciones de inserto ancladas en una abertura, por ejemplo, en el método ilustrado en la figura 1;
- la **figura 19** ilustra una realización de una porción de inserto con un extremo distal hueco;
- la **figura 20** ilustra una realización del método según apretando las partes de pared de la abertura alrededor de la porción de inserto;

- la figura 21 muestra un ejemplo de una realización con una porción de inserto con una pluralidad de pestanas;
- 5 las figuras 22 y 23 ilustran otros ejemplos de realizaciones con un acoplamiento entre la sección transversal de la porción de inserto y de la abertura que es distinto a lo largo de la profundidad de la abertura, de modo que el ajuste de interferencia se ve limitado a zonas predeterminadas dispuestas a lo largo de esta profundidad;
- 10 la figura 24 muestra un ejemplo de una realización en la que la fuerza de interferencia se genera desde el interior de la porción de inserto; y
- la figura 25 representa esquemáticamente una máquina para llevar a cabo un proceso como el descrito en el presente documento.
- 15 En las figuras, los mismos números de referencia se refieren a elementos iguales o análogos.
- Descripción de las realizaciones preferidas**
- 20 La figura 1 ilustra la realización preferida brevemente comentada con anterioridad del método según la invención, en donde los dos objetos, o la porción de inserto y la abertura, respectivamente, se muestran en una sección paralela a una profundidad de la abertura (sección longitudinal). A la izquierda de la figura 1, se ilustran los dos objetos que van a unirse.
- 25 El objeto de yunque 1 comprende la abertura ciega 2 con una profundidad D, una pared lateral 3, que es sustancialmente paralela a o que forma un único ángulo pequeño con la profundidad D, y un fondo 4, por ejemplo, que es sustancialmente perpendicular a la profundidad D. El objeto de yunque 1 comprende, además, el material penetrable que se dispone para constituir al menos parte de la pared lateral 3, por ejemplo, el total de la pared lateral y, además, la pared de fondo. El interior del objeto de yunque 1 puede estar hecho totalmente de material penetrable o puede comprender, además, porciones de otros materiales. El objeto libre 5 comprende una porción de inserto 6 distalmente dispuesta y esta comprende, además, el material termoplástico que constituye al menos parte de la superficie lateral 7 de la porción de inserto 6. En su interior, el objeto libre 5 puede estar hecho, por completo, del material termoplástico, como se ilustra, o solo parcialmente.
- 30
- 35 La porción de inserto 6 y la abertura 2 están adaptadas entre sí de la manera anteriormente descrita (secciones transversales de interferencia, longitud axial de la porción de inserto suficiente para permitir que su extremo distal 10 haga tope sobre el fondo 4). El objeto libre 5 puede comprender, además, una porción proximal 8 (por ejemplo, con forma de cabeza), en donde la cara proximal 9 de esta se proporciona para trabajar sobre ella con las herramientas utilizadas durante la etapa de establecimiento del ajuste de interferencia y durante la etapa de anclaje.
- 40 En el medio de la figura 1, se muestran los dos objetos 1 y 5 después de haber establecido el ajuste de interferencia. El extremo distal 10 de la porción de inserto 6 que, por ejemplo, es roma, hace tope con el fondo 4 de la abertura 2 y la porción de inserto 6 queda retenida en la abertura 2 gracias al ajuste de interferencia que actúa principalmente en sentido lateral (las superficies laterales de la porción de inserto y la pared lateral de la abertura se presionan entre sí). Para colocar la porción de inserto 6 en la abertura 2, la fuerza de interferencia 20 se aplica en la cara proximal 9 del objeto libre 5 utilizando cualquier herramienta adecuada (no ilustrada). De manera alternativa, el ajuste de interferencia puede establecerse proporcionando el objeto de yunque 1, por ejemplo, dividido en una pluralidad de secciones, las cuales todas comprenden partes de la abertura y se cierran alrededor de la porción de inserto 6, en donde la fuerza por la cual se mueven las secciones las unas contra las otras constituye la fuerza de interferencia (véase la figura 20).
- 45
- 50 A la derecha de la figura 1, se ilustran los dos objetos 1 y 5 se muestran unidos, es decir, después de la etapa de anclaje. El elemento libre 5 se ancla en la abertura 2 en la zona de sus superficies laterales 7 (o en la región de la pared lateral 3 de la abertura 2, respectivamente) y en la región del extremo distal 10 de la porción de inserto (o el fondo 4 de la abertura 2, respectivamente). La etapa de anclaje se lleva a cabo con la ayuda de una herramienta vibratoria 21, que se presiona contra la cara proximal 9 del objeto libre 5.
- 55
- 55 La longitud L de la porción de inserto 6 que, al principio, es mayor que la profundidad D de la abertura 2, permite mover el objeto libre 5 o su porción proximal 8, respectivamente, contra el objeto de yunque 1 para compensar el material licuado que se desplaza durante la etapa de anclaje. Como tarde, cuando la porción proximal 8 hace tope con la superficie del objeto de yunque 1, acaba la etapa de anclaje, a no ser que se deseé un anclaje adicional entre la cara distal de la porción proximal 8 y la superficie del objeto de yunque 1. La finalización de la etapa de anclaje puede determinarse, alternativamente o además, mediante un intervalo de tiempo predeterminado de la etapa de anclaje o mediante un valor máximo predeterminado de la fuerza de cizalla 22.
- 60
- 65 Las figuras 2A y 2B ilustran dos alternativas para llevar a cabo la etapa de anclaje, alternativas relativas a la interfaz entre la herramienta vibratoria y la cara proximal del objeto libre, como ya se mencionó brevemente con anterioridad.

Para la alternativa ilustrada en la **figura 2A**, la herramienta vibratoria 21 solo se presiona contra (no se conecta a) la cara proximal del objeto libre 5 con la ayuda de la fuerza de cizalla 22, en donde es preferible diseñar la herramienta vibratoria para una vibración longitudinal máxima en su cara distal. Esto significa que solo una parte de la vibración orientada contra el objeto de yunque se transfiere al objeto libre 5 (efecto de martilleo, ilustrado por una pluralidad de pequeñas flechas 23). Si, con esta disposición, solo debe conseguirse un anclaje lateral, se debe tener cuidado de que todavía haya espacio en el fondo de la abertura para un pequeño desplazamiento del extremo distal de la porción de inserto y la fuerza de cizalla 22 puede ser pequeña. Si se desea el anclaje, también en el fondo de la abertura, como se ilustra en la figura 1, la fuerza de cizalla no solo ayuda a vencer el ajuste de interferencia para permitir la fricción, sino que también sirve para el anclaje al fondo, como se sabe, por ejemplo, gracias al documento 10 WO 98/042988.

Para la alternativa ilustrada en la **figura 2B**, la herramienta vibratoria 21 está conectada de forma rígida al objeto libre 5, pudiendo transmitir esta conexión la vibración total (flecha doble 24) al objeto libre 5. Si no se desea un anclaje en el fondo, si la energía vibratoria es lo suficientemente grande como para vencer el ajuste de interferencia y si el objeto de yunque está fijo de manera suficientemente estable o tiene la suficiente inercia, no se necesita fuerza de cizalla adicional para conseguir el anclaje lateral. Este método se puede aplicar, en particular, cuando la abertura no es una abertura ciega, sino un conducto pasante. Si la abertura sigue comprendiendo un fondo y un anclaje en su fondo, además de desearse el anclaje lateral, se necesita una fuerza "de cizalla" suficiente para este anclaje al fondo que, además, puede complementar la vibración que vence el ajuste de interferencia.

20 Las **figuras 3A y 3B** ilustran dos alternativas para conseguir un anclaje al fondo más resistente, en donde solo se muestran el extremo distal de la porción de inserto 6 del objeto libre 5 y la abertura 2 del objeto de yunque 1. Según la figura 3A, un extremo distal ahusado 10 de la porción de inserto 6 se acopla a una superficie de fondo sustancialmente plana 4 de la abertura 2. Según la figura 3B, un extremo distal sustancialmente romo 10 de la porción de inserto 6 se acopla a un fondo de la abertura 4, que comprende un cono o forma similar con al menos una elevación. Mientras que la alternativa según la figura 3A favorece la interpenetración paralela a la profundidad de la abertura, la alternativa según la figura 3B favorece la desviación lateral del material licuado.

30 La **figura 4** es un diagrama de flujo de un método según la invención. Este diagrama muestra que el método comprende las siguientes etapas: etapa 25 de provisión de los dos objetos, etapa 26 de establecimiento del ajuste de interferencia entre la porción de inserto y la abertura con la ayuda de la fuerza de interferencia, etapa 27 de anclaje de la porción de inserto en la abertura con la ayuda de energía vibratoria mecánica y, posiblemente, la fuerza de cizalla adicional, y la etapa final 28 de cese de la vibración y de resolidificación del material licuado en la etapa de anclaje. La secuencia temporal de las etapas 25 a 28 es la ilustrada y no puede alterarse. Sin embargo, puede haber pausas entre la etapa 25 y la 26 y/o entre las etapas 26 y 27, en donde, Como se ha mencionado anteriormente, una pausa entre la etapa 25 y 26 debe planearse con cuidado si cualquiera del material termoplástico y penetrable tiene tendencia 35 al deslizamiento.

40 Las **figuras 5 a 8** ilustran pares de ejemplo de las secciones transversales de la porción de inserto y la abertura, adaptadas entre sí para ser adecuadas, al menos, para la realización preferida del método según la invención, como se ilustra en la figura 1. En estas, la sección transversal 30 de la porción de inserto se muestra con una línea continua y se proyecta por la sección transversal 31 de la abertura, que se muestra con una línea discontinua. Las secciones transversales 30 y 31 dibujadas son las secciones transversales de los elementos proporcionados (antes de la etapa de establecimiento del ajuste de interferencia y antes de la etapa de anclaje). El sobredimensionamiento de la porción 45 de inserto no se dibuja a escala (demasiado grande). Para porciones de inserto estrictamente cilíndricas (circulares u otros cilindros) y aberturas, las secciones transversales 30 y 31 mostradas se extenderán por la mayor parte de la longitud axial del inserto y la profundidad de la abertura. Para otras formas de porciones de inserto y/o aberturas, las secciones transversales pueden cambiar de forma y/o tamaño a lo largo de la longitud del inserto axial y/o la profundidad de la abertura.

50 50 La **figura 5** muestra dos secciones transversales circulares 30 y 31 con el sobredimensionamiento requerido de la sección transversal 30 de la porción de inserto. Un acoplamiento de secciones transversales de este tipo producirá en un anclaje uniforme sobre toda la circunferencia de la porción de inserto y la abertura siempre y cuando el material penetrable de la abertura lateral sea uniforme en las zonas del ajuste de interferencia.

55 La **figura 6** muestra una sección transversal circular 31 de la abertura y una sección transversal 30 de la porción de inserto con una pluralidad de nervaduras 32. Las nervaduras 32 sirven como estructuras de orientación de la energía. Si son suficientemente afiladas, las nervaduras 32 pueden penetrar por la pared lateral de la abertura durante la establecimiento del ajuste de interferencia, hecho que debe tenerse en cuenta al determinar la interferencia de las 60 secciones transversales. Si lo único que está sobredimensionado son las nervaduras, pero no las cavidades entre estas, el anclaje se producirá en las proximidades de estas nervaduras. Se pueden conseguir efectos similares dotando a la sección transversal 31 de la abertura de puntas que sobresalen desde la pared de la abertura a la vez que se conserva la sección transversal 30 de la porción de inserto sustancialmente circular.

65 La **figura 7** muestra el acoplamiento de la sección transversal circular 31 de la abertura y de una sección transversal 30 de la porción de inserto con unas hendiduras 33 de profundidad suficiente, de modo que, en su zona, no se

establecerá ningún ajuste de interferencia y, debido a ello, no se producirá el anclaje. También en este caso, las hendiduras pueden proporcionarse en la pared de la abertura en lugar de en la porción de inserto.

- 5 En la realización de la **figura 8**, la porción de inserto en al menos una profundidad tiene una sección transversal con forma de estrella. La sección transversal con forma de estrella incluye bordes afilados 32 que, como en las realizaciones de las figuras 6 y 7, pueden servir como orientadores de la energía. La profundidad de las hendiduras 33 entre los bordes es tal que, incluso si los bordes cortan el material penetrable, sigue habiendo algo de espacio por el que puede fluir, en la etapa de anclaje, algo de material termoplástico. Esto puede ser especialmente ventajoso en caso de que el material penetrable tenga una porosidad comparativamente baja.
- 10 10 Al contrario que en las realizaciones de las figuras 6 y 7, en la realización de la figura 8, el anclaje se puede producir a lo largo de toda la periferia de la porción de inserto.
- 15 15 La **figura 9** representa un objeto libre 5 con un núcleo 82 de, por ejemplo, un material metálico incrustado en un revestimiento termoplástico 71.
- 20 20 En las realizaciones con el objeto que comprende el material termoplástico y comprende, además, material que no se reblandece o licúa en las condiciones de la etapa de anclaje, el material termoplástico no tiene que componer toda la superficie. En su lugar, es suficiente si al menos parte de la zona de superficie, cargada por el ajuste de interferencia, se compone por el material termoplástico. La **figura 10** muestra un ejemplo en el que el material termoplástico 81 solo está presente en el extremo distal. También son posibles alternativas con, por ejemplo, tiras de material termoplástico que se extienden axialmente.
- 25 25 Las **figuras 11 a 16** muestran el acoplamiento de las porciones de inserto y aberturas adecuadas para el método según la invención, en donde las porciones de inserto y las aberturas están seccionadas a lo largo de la longitud de la porción de inserto o la profundidad de la abertura, respectivamente, y en donde, de nuevo, la sección 35 de la porción de inserto se muestra con una línea continua y se proyecta por la sección 36 de la abertura, que está dibujada como una línea discontinua. De nuevo, las secciones 35 y 36 son las secciones de los elementos que se proporcionan (es decir, antes de la etapa en la que se consigue el ajuste de interferencia y antes de la etapa de anclaje).
- 30 30 La **figura 11** muestra el acoplamiento de una porción de inserto ahusada con una abertura ahusada, en donde el ahusamiento consiste en una pluralidad de escalones 37, en donde los escalones de la porción de inserto y de la abertura tienen sustancialmente las mismas longitudes axiales, y en donde las secciones transversales de la porción de inserto y de la abertura entre los escalones están adaptadas entre sí sustancialmente de la misma manera (sobredimensionamiento similar).
- 35 35 La **figura 12** muestra el acoplamiento de una porción de inserto ahusada con una abertura ahusada, en donde el ahusamiento en ambos casos es continuo y tiene un ángulo A con respecto a longitud de la porción de inserto y la profundidad de la abertura de no más de 10 a 15°. Las secciones transversales de la porción de inserto y de la abertura por la longitud de la porción de inserto y la longitud de la abertura tienen preferentemente las mismas formas pero tamaños decrecientes.
- 40 40 La **figura 13** ilustra la realización ya comentada con anterioridad que utiliza un yunque adicional 40 colocado en una abertura pasante y que sirve para compensar la fuerza de cizalla y, posiblemente también, la fuerza de interferencia.
- 45 45 Si hay que retirar el yunque auxiliar 40 de la abertura, debe tenerse cuidado de que, al diseñar la superficie de yunque y el extremo distal de la porción de inserto, no se efectúe ninguna conexión entre los dos en la etapa de anclaje. Como el fondo del orificio de la figura 3B, el yunque auxiliar puede tener una cara orientada hacia la porción de inserto, que comprende una elevación, que puede funcionar como elemento de orientación de la energía para la licuación en el extremo distal de la porción de inserto.
- 50 50 La **figura 14** ilustra la realización ya comentada con anterioridad en la que el movimiento de la porción de inserto en la abertura está limitado por un escalón 41 de la abertura, donde la sección transversal de la abertura está reducida de tal manera que el extremo distal de la porción de inserto no puede pasar este escalón ni por la influencia de la fuerza de interferencia ni por la influencia de la fuerza de cizalla.
- 55 55 La **figura 15** ilustra una realización de ejemplo adicional del método según la invención, en donde el objeto 5 que comprende la porción de inserto y el material termoplástico constituye un tipo de remache ciego. Una porción distal 5.1 del objeto 5 debe anclarse dentro de una abertura de un primer objeto 1.1, que comprende el material penetrable, y una porción proximal 5.2 del objeto 5 debe anclarse dentro de una abertura del segundo objeto 1.2, que comprende el material penetrable. Dentro de esta, la fuerza de interferencia, la vibración y, si procede, la fuerza de cizalla se aplican preferentemente sobre el objeto 1.2 (objeto libre) y el objeto 1.1 se mantiene estable (objeto de yunque), en donde el objeto 5 funciona como ambos objetos, el libre y el de yunque.
- 60 60 La **figura 16** ilustra el acoplamiento de las secciones longitudinales 35 y 36 de la porción de inserto y de la abertura, en la que el ajuste de interferencia y el anclaje están limitados a unas zonas predeterminadas que se alternan con zonas de no ajuste de interferencia y anclaje a lo largo del eje longitudinal de la porción de inserto o de la profundidad

de la abertura, respectivamente. Esto se consigue con secciones transversales de tamaños alternos. Este mismo efecto se puede conseguir acoplando una porción de inserto cilíndrica a una abertura que comprende porciones con tamaños de sección transversal diferentes o viceversa. Si la herramienta vibratoria 21 está diseñada y se activa para vibrar longitudinalmente, es ventajoso disponer las zonas anteriormente comentadas del ajuste de interferencia y anclaje en ubicaciones con una gran amplitud y, las zonas anteriormente comentadas sin ajuste de interferencia ni anclaje, en ubicaciones con una pequeña amplitud. Esto significa que con la amplitud longitudinal máxima en la cara distal de la herramienta vibratoria y la cara proximal del objeto libre, dichas zonas con ajuste de interferencia y anclaje se disponen preferentemente a unas distancias de la cara proximal de n veces $\lambda/2$ (n =número entero) y, entre ellas, las zonas sin ajuste de interferencia ni anclaje (a distancias de $\lambda/4$, $3\lambda/4$, $5\lambda/4$, etc.). Esto se muestra en el diagrama a la derecha de la figura 16.

Las **figuras 17 y 18** muestran otras realizaciones de ejemplo de los extremos proximales de las porciones de inserto ancladas en aberturas, que pueden conseguirse con el método según la invención y, en particular, con la realización preferida de este, como se ilustra en la figura 1. Ambas figuras, 17 y 18, son secciones parciales paralelas a la longitud axial de la porción de inserto o de la abertura, respectivamente, en donde solo se muestran una región de boca de la abertura y una porción proximal del objeto 5.

La **figura 17** muestra un objeto 5 únicamente con una porción de inserto (sin porción proximal) que está anclado en la abertura con su cara proximal 9 a ras con la superficie del objeto 1 o en la boca de la abertura, respectivamente. Esto se consigue dimensionando el objeto 5 con una longitud mayor que la profundidad de la abertura, en donde la diferencia se corresponde sustancialmente con el acortamiento esperado del objeto 5 durante la etapa de anclaje, ya que el material termoplástico penetra por la pared lateral y de fondo de la abertura. De la misma manera, es decir, con una diferencia correspondiente entre la longitud de la porción de inserto y la profundidad de la abertura, es posible conseguir cualquier posición deseada de la cara proximal 9 con respecto a la boca de la abertura.

La **figura 18** muestra un objeto con cabeza 5, por ejemplo, similar al que se muestra en la figura 1, en donde la porción proximal con forma de cabeza 8 está avellanada en una expansión correspondiente de la sección transversal de la abertura adyacente a la boca de la abertura.

La **figura 19** ilustra una realización de una porción de inserto 6 con un extremo distal hueco. El extremo distal de la porción de inserto 6 está provista de un espacio hueco 61, de modo que el extremo distal 10 es algo flexible y proporciona menos resistencia a las deformaciones cuando la porción de inserto se somete a una fuerza de compresión radial, en comparación con una realización con un extremo distal hueco. Debido a esto, durante la introducción en la abertura, la fuerza de interferencia va elevándose gradualmente en vez de ser particularmente pronunciada al principio.

La **figura 20** ilustra una realización del método según la invención, en la que, como ya se ha mencionado anteriormente, se establecimiento el ajuste de interferencia sin empujar la porción de inserto hacia el interior de la abertura, sino colocando la porción de inserto entre las partes de pared de una abertura y apretar las partes de pared contra la porción de inserto. En la realización de ejemplo ilustrada, las partes de pared se componen de superficies estrechas de tableros (objetos de yunque 1.3 y 1.4), por ejemplo, de conglomerado, que se extienden sustancialmente paralelas y que constituyen, entre ellas, la abertura 2. La porción de inserto 6 tiene la forma de listón. En la etapa en la que se establecimiento el ajuste de interferencia, la porción de inserto se coloca y aprieta entre las partes de pared, en donde los objetos de yunque 1.3 y 1.4 ejercen presión contra el objeto libre 5 (fuerza de interferencia 20). La figura 20 muestra arriba los objetos antes de la etapa de establecimiento del ajuste de interferencia y, debajo, después de la etapa de anclaje.

En la realización de la **figura 21**, el objeto libre 5 tiene una pluralidad de pestañas 62 fijadas a la porción de inserto 6. Las pestañas 62 pueden ser blandas en comparación y, por este motivo, ayudan a colocar la porción de inserto 6 en la posición correcta dentro de la abertura 2 sin provocar el agrietamiento del objeto de yunque 1. En concreto, en las realizaciones, la sección transversal del cuerpo de la porción de inserto (es decir, la parte de la porción de inserto que no está compuesta por las pestañas 62) puede corresponderse aproximadamente con la sección transversal de la abertura 2 o ser ligeramente inferior a esta última, de modo que solo se genere fuerza de interferencia en la ubicación de las pestañas 62. Esta realización puede ser la conveniente para materiales penetrables especialmente débiles o frágiles.

En una variante, las pestañas 62 pueden ser dimensionalmente estables y servir como hojas de corte. También en esta variante, las pestañas 62 pueden estabilizar la porción de inserto durante su inserción. Las realizaciones con las pestañas 62 son ejemplos de realizaciones que son particularmente convenientes para procesos en los que la porción de inserto 6 se inyecta en la abertura, por ejemplo, comparable con un proceso con una pistola de aire.

La **figura 22** muestra, además de la figura 16, un ejemplo de una realización con un acoplamiento entre la sección transversal de la porción de inserto y de la abertura que es distinto a lo largo de la profundidad de la abertura, de modo que el ajuste de interferencia se ve limitado a zonas predeterminadas dispuestas a lo largo de esta profundidad. En concreto, en la realización de la figura 22, el ajuste de interferencia se limita a secciones más profundas, minimizando así el riesgo de grietas u otros daños en el borde de la abertura, que es donde el segundo objeto 1 es más débil,

especialmente si tiene forma de tablero y la abertura se extiende desde la cara estrecha.

Para este fin, la abertura está escalonada, mientras que la porción de inserto es esencialmente cilíndrica (con la posible excepción de que haya orientadores de la energía y/o un ligero ahusamiento).

- 5 Una abertura que tiene una sección de diámetro interno (distal) menor 2.1 y una sección de diámetro externo (proximal) mayor 2.2 puede fabricarse, por ejemplo, mediante un proceso de taladrado doble con dos brocas distintas. También son posibles los taladros con una característica de escalón.
- 10 La sección transversal (diámetro d_1 en la realización ilustrada, que adopta una sección transversal aproximadamente circular) de la sección interna 2.1 será menor que la sección transversal (diámetro d_1) de la porción de inserto, para así generar el ajuste de interferencia, mientras que la sección transversal (diámetro d_2) de la sección externa 2.2 puede corresponderse aproximadamente con el diámetro de la porción de inserto o puede ser incluso ligeramente mayor.
- 15 La **figura 23** ilustra una variante de la realización de la figura 22 con varias etapas. Los diámetros de las respectivas secciones son tales que no existe ajuste de interferencia en la configuración representada, donde la porción de inserto está solo parcialmente insertada, y el ajuste de interferencia aparecerá si la sección más distal 6.2 de la porción de inserto es presionada hacia el interior de la porción más interna 2.1 de la abertura y la sección más proximal 6.1 entra en la sección intermedia 2.2 de la abertura, pero no en la sección más proximal 2.3 de la abertura.
- 20 La **figura 24** muestra otra realización. En esta, se supone que el objeto de yunque 1 es un tablero que tiene dos superficies amplias 81, 82 y una cara lateral estrecha 83, estando la abertura 2 en la cara lateral estrecha. En las realizaciones con una sección con forma de tablero del objeto de yunque, hay un riesgo particular de que se generen grietas tras introducir la porción de inserto en la abertura, o de que se desprendan porciones).
- 25 La realización de la figura 24 es un ejemplo de una realización en la que la fuerza de interferencia se genera desde el interior del objeto libre 5, empezando, por ejemplo, solo inmediatamente antes de la etapa de anclaje. Para este fin, el objeto libre 5 está provisto de una abertura interior 70 hacia la que se empuja un elemento de expansión 71, teniendo el elemento de expansión, al menos en algunas profundidades axiales, una sección transversal mayor que una sección transversal de la abertura interior. La porción de inserto 6 y la abertura 2 pueden estar adaptadas entre sí, de modo que no se cree el ajuste de interferencia o que se cree únicamente con una pequeña fuerza de interferencia cuando la porción de inserto 6 esté en la abertura 5 antes de colocar el elemento de expansión 71. El elemento de expansión 71 puede introducirse, por ejemplo, mediante una fuerza ejercida por la herramienta vibratoria 21 (sonotrodo) inmediatamente antes de la etapa en la que se provoca la vibración mecánica que incide sobre el objeto libre gracias a la herramienta vibratoria 21.
- 30 Una configuración con el objeto de yunque que tiene una sección con forma de tablero y extendiéndose la abertura desde la cara lateral estrecha puede aplicarse en todas las realizaciones descritas en este texto. Entre sus aplicaciones se incluyen la industria del mueble, donde una porción de cabeza 8 del objeto libre 5 puede servir como parte macho de una junta que coopera con partes hembra de una segunda parte de mueble, por ejemplo, como se describe en el documento WO 2013/104422 de Inter Ikea Systems B.V.
- 35 La **figura 25** ilustra esquemáticamente además los elementos de una máquina para llevar a cabo el método descrito en el presente documento de manera automatizada. La máquina comprende, además de la herramienta vibratoria 21, una disposición de agarre 91 para colocar el objeto libre 5 con respecto al objeto de yunque 1 antes de la etapa de establecimiento del ajuste de interferencia y, además, al menos en parte, durante esta etapa. Para establecer el ajuste de interferencia, la herramienta vibratoria 21 se puede utilizar, antes de someterse a las vibraciones, por ejemplo, para presionar la porción de inserto hacia la abertura. De manera alternativa, la máquina puede comprender una estación de inserción separada, donde el ajuste de interferencia se establecimiento gracias a una herramienta de inserción correspondiente, por ejemplo, una herramienta empujadora.
- 40 La herramienta vibratoria está conectada a una fuente de vibración 92, tal como a un transductor piezoelectrónico, que hace que la herramienta vibratoria vibre.
- 45 La máquina puede comprender opcional y adicionalmente un dispositivo de producción de aberturas, tal como un dispositivo taladrador 93, que comprende una broca 94 cuyo diámetro está adaptado al diámetro externo de la porción de inserto 6, de manera que, cuando la porción de inserto se inserta en la abertura, se establecimiento el ajuste de interferencia, es decir, la broca 94 está configurada para formar una abertura con un diámetro algo menor que el diámetro externo de la porción de inserto.
- 50 La máquina puede ser una máquina automática de producción en masa, que comprende varias estaciones y medios de transporte para transportar el objeto de yunque de estación en estación. Por ejemplo, la máquina puede comprender una estación de formación de aberturas (taladros), una estación de inserción y una estación de anclaje, así como medios para transportar objetos de yunque de estación en estación de manera cíclica. Una máquina puede comprender otras estaciones, tal como una estación de corte de tamaño, dispuesta antes de la estación de formación de aberturas. Además, o como alternativa, puede comprender depósitos para objetos de yunque sin procesar, objetos

de yunque procesados (hacia los que se transportan los objetos después de haberse llevado a cabo el método) y/u objetos libres.

Ejemplo

5 Un dispositivo de anclaje de poliamida (PA 6,6 con un 15 % de fibras de vidrio) se unió a una espuma estructural porosa con una densidad en el intervalo de 0,5 a 0,8 g/cm³, mediante el método que se ilustra en la figura 1. La abertura proporcionada en la espuma era un orificio ciego. La porción insertada del dispositivo era cilíndrica, tenía una sección transversal circular (sin estructuras de orientación de la energía) con un diámetro sobredimensionado un 3 % para establecer el ajuste de interferencia, un exceso de longitud del 25 % con respecto a la profundidad del orificio y un extremo distal romo. El dispositivo se empujó hacia al interior de la abertura, que necesitaba una fuerza de interferencia de aproximadamente 10 MPa relacionada con la sección transversal del dispositivo. En la posición insertada, el extremo distal del dispositivo hacía tope con el fondo del orificio ciego. Para la etapa de anclaje, la espuma se fijó localmente (objeto de yunque) y se acopló la vibración ultrasónica en la cara proximal del dispositivo (objeto libre) y, simultáneamente, el clavo se presionó contra el fondo de la abertura con una fuerza de cizalla de aproximadamente el doble la fuerza de interferencia, mediante el uso de un dispositivo ultrasónico estacionario de Branson (Serie 2000). En su interior, el dispositivo no estaba fijado al sonotrodo del dispositivo ultrasónico. La etapa de anclaje se llevó a cabo con una frecuencia de vibración de aproximadamente 20 kHz y una amplitud longitudinal en el extremo distal del sonotrodo en el intervalo de 50 a 90 µm. Después de aproximadamente 0,3 segundos de tiempo de anclaje, el dispositivo se había asentado totalmente en la espuma y la vibración se detuvo.

20 El exceso de longitud del dispositivo se utilizó mediante el desplazamiento del material termoplástico hacia el fondo de la abertura, y posiblemente también por un aumento de la profundidad de la abertura debido bien a la fuerza de interferencia o bien a la fuerza de cizalla, y así mismo, por el desplazamiento radial del material termoplástico. En 25 anclaje sobre los laterales del dispositivo fue muy uniforme alrededor de todo el dispositivo y, en particular, a lo largo de su longitud. Para extraer el dispositivo de la espuma había que aplicar una fuerza de aproximadamente el doble de la fuerza necesaria para extraer un dispositivo idéntico anclado mediante un método similar en un orificio sin un tamaño inferior (sin ajuste de interferencia lateral y, por tanto, casi sin anclaje lateral). Esto permite concluir que el anclaje 30 lateral inducido por el ajuste de interferencia lateral ejerce aproximadamente la misma cantidad de resistencia de retención que el anclaje en el fondo del orificio.

35 Si un dispositivo similar se ancla en una abertura similar con el uso del mismo equipo, pero ya aplicando la vibración durante el empuje del clavo hacia la abertura, es necesario mover el volumen del dispositivo durante la etapa de anclaje por toda la profundidad de la abertura, con lo que se tarda al menos el doble de tiempo que con la etapa de anclaje.

REIVINDICACIONES

1. Un método de unión de dos objetos (1 y 5), comprendiendo el método las etapas de:
 - 5 proporcionar los dos objetos (1, 5), comprendiendo uno de los dos objetos (1, 5) un primer material y comprendiendo el otro de los dos objetos (1, 5) un segundo material, en donde el primer material es sólido y presenta propiedades termoplásticas y en donde el segundo material es sólido y es penetrable por el primer material cuando está en un estado licuado, comprendiendo, además, uno de los dos objetos (1, 5) una abertura (2) con una profundidad (D) y comprendiendo, además, el otro de los dos objetos (1, 5) una porción de inserto (6) con una longitud (L), en donde la abertura (2) y la porción de inserto (6) están adaptadas entre sí para colocar la porción de inserto (6) en la abertura (2) con un ajuste de interferencia, y en donde dichos primer y segundo materiales constituyen al menos parte de las zonas superficiales opuestas de la porción de inserto (6) y de la abertura (2) presionadas entre sí en el ajuste de interferencia, estableciéndose el ajuste de interferencia colocando la porción de inserto (6) en la abertura (2) y aplicando una fuerza de interferencia (20);
 - 10 después de establecer el ajuste de interferencia, anclar la porción de inserto (6) en la abertura (2) transfiriendo la energía apropiada para licuar el primer material a las proximidades de dichas zonas superficiales opuestas en una cantidad y durante un tiempo suficientes para licuar el primer material mientras que el segundo material sigue siendo sólido y el primer y segundo materiales penetran entre sí en las proximidades de dichas zonas superficiales opuestas;
 - 15 detener la transferencia de energía durante un tiempo suficiente para que el primer material que se licúa durante la etapa de anclaje se vuelva a solidificar.
2. El método según la reivindicación 1, en donde, en la etapa de anclaje, la energía transferida es energía vibratoria mecánica.
- 25 3. El método según la reivindicación 2, en donde, además de la energía vibratoria mecánica, se aplica una fuerza de cizalla (22) en el ajuste de interferencia, actuando la fuerza de cizalla (22) entre los dos objetos (1, 5).
- 30 4. El método según la reivindicación 3, en donde la fuerza de cizalla (22) se orienta sustancialmente paralela a la longitud (L) y a la profundidad (D) y se aplica en una cara proximal (9) de uno de los dos objetos (1, 5).
- 35 5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde, la porción de inserto (6) se orienta dentro de la abertura (2) con la longitud (L) sustancialmente paralela a la profundidad (D), y en donde el ajuste de interferencia se establece entre los laterales (7) de la porción de inserto (6) y una pared lateral (3) de la abertura (2), y en donde el ajuste de interferencia se establece empujando la porción de inserto (6) hacia el interior de la abertura (2) con la ayuda de la fuerza de interferencia (20) que se orienta sustancialmente en paralelo a la longitud (L) y a la profundidad (D) y que se aplica en una cara proximal (9) de uno de los dos objetos (1, 5).
- 40 6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde dicho uno de los dos objetos (1, 5) que comprende la abertura (2) también comprende el segundo material, y en donde el otro de los dos objetos (1, 5) que comprende la porción de inserto (6) también comprende el primer material.
- 45 7. El método según la reivindicación 6, en donde los lados laterales de la porción de inserto (6) comprenden estructuras de orientación de la energía en forma de salientes que se extienden sustancialmente en paralelo a la longitud (L).
- 50 8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la energía transferida es energía vibratoria mecánica, y en donde la fuerza de interferencia (20), la energía vibratoria mecánica y, si procede, la fuerza de cizalla (22) se aplican en dicho uno de los dos objetos (1, 5) que comprende la porción de inserto (6) y el primer material.
- 55 9. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo material es uno de fibroso, poroso o que comprende estructuras superficiales penetrables, y en donde, por ejemplo, el segundo material es uno de conglomerado, tablero de fibra, madera, contrachapado y cartón.
- 60 10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde las secciones transversales de la porción de inserto (6) y de la abertura (2) se adaptan entre sí al no tener la misma forma, de modo que el ajuste de interferencia se limita únicamente a partes de la circunferencia de las secciones transversales.
- 65 11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde un acoplamiento de las secciones transversales de la porción de inserto (6) y la abertura (2) es diferente a lo largo de la profundidad (D) de la abertura (2), de modo que el ajuste de interferencia se limita a zonas predeterminadas a lo largo de la profundidad y en donde el ajuste de interferencia se limita a zonas que no se extienden hasta una boca de la abertura, en donde la boca de la abertura no presenta preferente y sustancialmente ningún ajuste de interferencia.
12. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde la porción de inserto comprende una abertura interna (70) a la que se puede acceder desde un lado proximal de dicho uno de los objetos que comprende

la porción de inserto (6), en donde la etapa de establecimiento del ajuste de interferencia comprende las etapas secundarias de colocar la porción de inserto (6) con respecto a la abertura (2) y, después, insertar un elemento de expansión (71) en la abertura interior (70) para provocar la expansión de la porción de inserto (6) dentro de la abertura (2) para establecer el ajuste de interferencia.

- 5 13. Una máquina para llevar a cabo el proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo la máquina un medio de inserción (21, 91) para insertar la porción de inserto (6) en la abertura (2) y establecer el ajuste de interferencia, y un medio de anclaje (21) para llevar a cabo la etapa de anclaje, **caracterizado por que** la máquina está configurada para llevar a cabo el proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores de manera automatizada.
- 10 14. La máquina según la reivindicación 13, que comprende una estación de inserción con el medio de inserción y una estación de anclaje separada de esta, y que comprende preferentemente, además, una cinta transportadora para transportar los segundos objetos desde la estación de inserción hasta la estación de anclaje.
- 15 15. La máquina de acuerdo con las reivindicaciones 13 o 14, que comprende, además, una estación de fabricación de aberturas con un medio de fabricación de aberturas (93) para fabricar la abertura antes de la etapa de inserción.
- 20 16. Un conjunto que comprende una máquina según la reivindicación 15 y que comprende, además, una reserva de primeros objetos, estando adaptadas entre sí las porciones de inserto (6) de los primeros objetos (5) y el medio de fabricación de aberturas (93) para poder establecer el ajuste de interferencia tras la inserción de la porción de inserto (6) en la abertura (2).

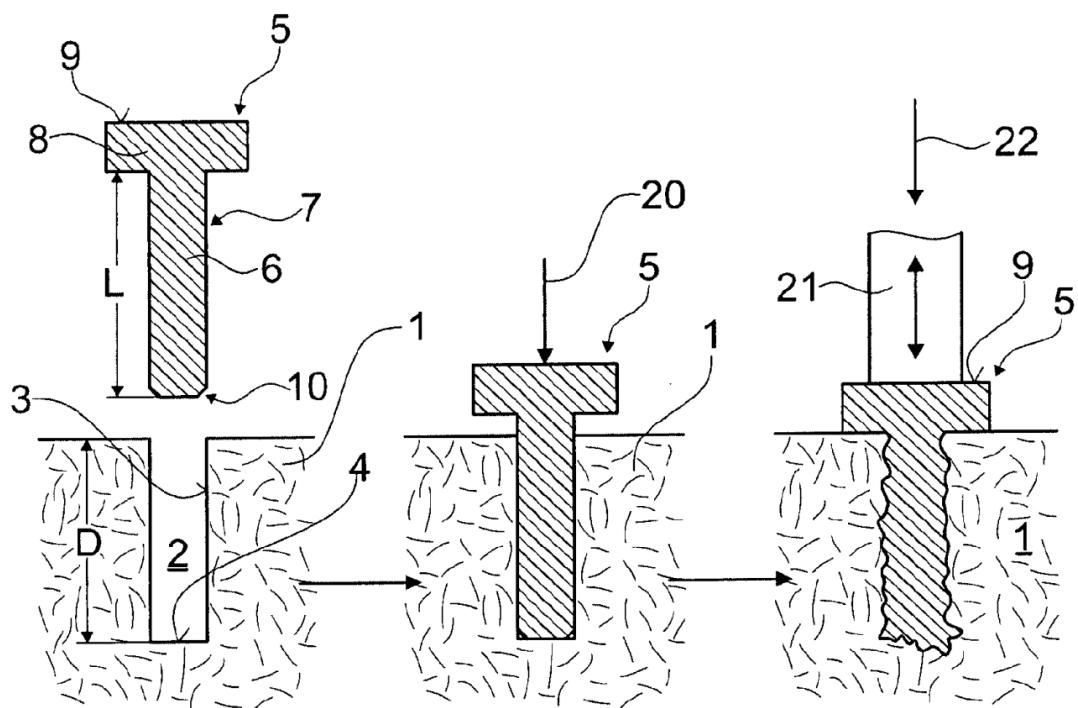


Fig. 1

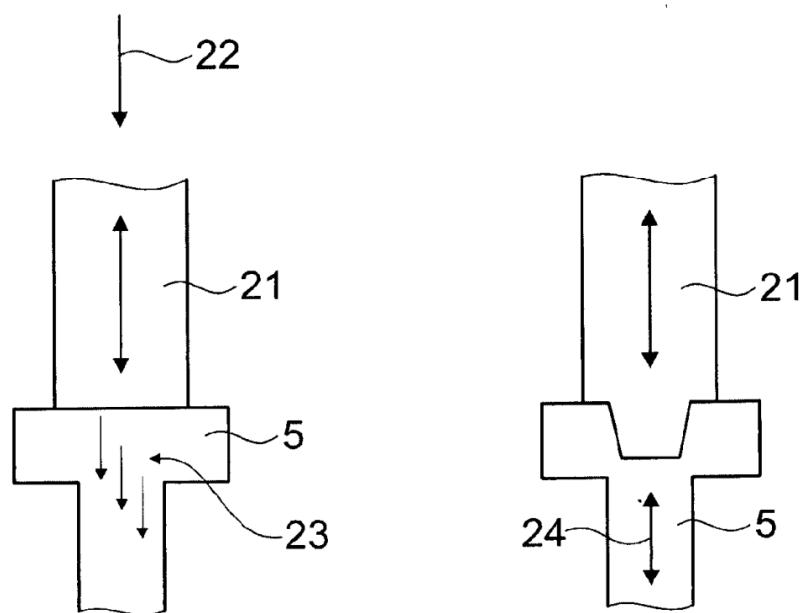


Fig. 2A

Fig. 2B

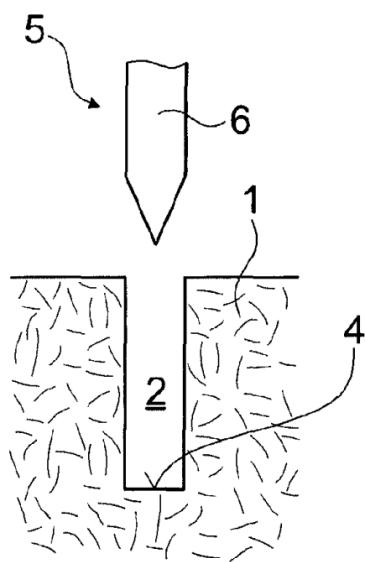


Fig. 3A

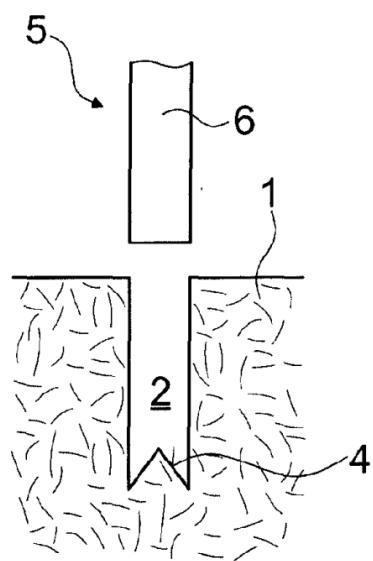


Fig. 3B

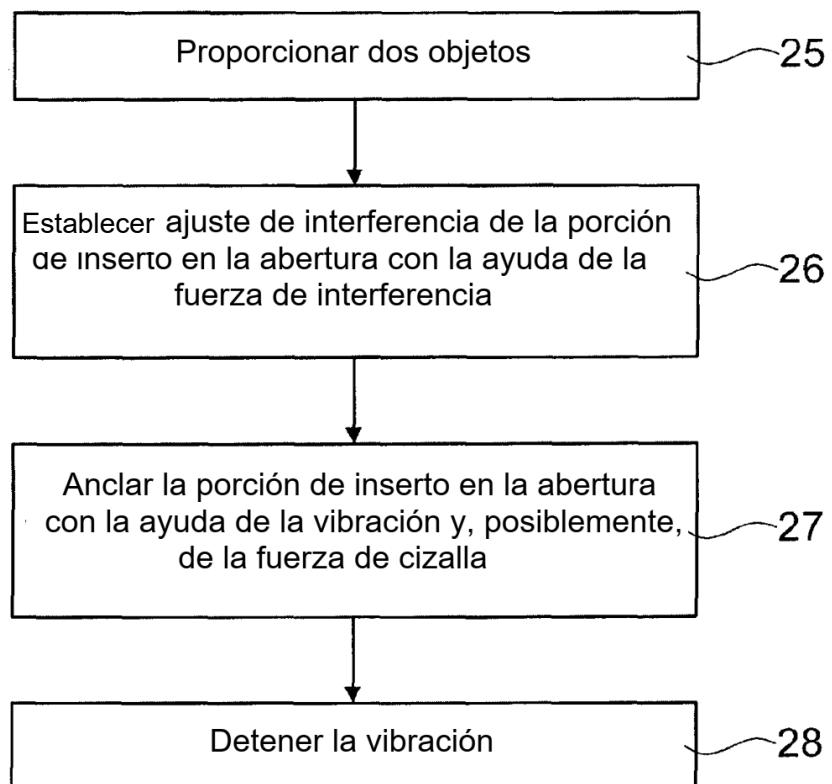
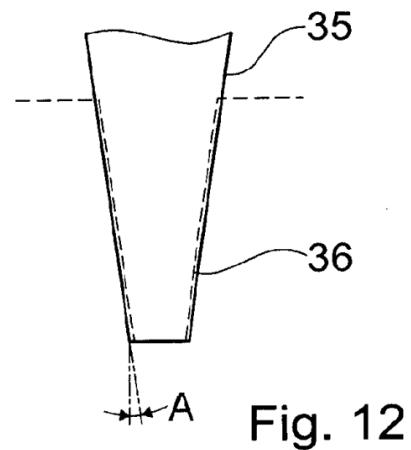
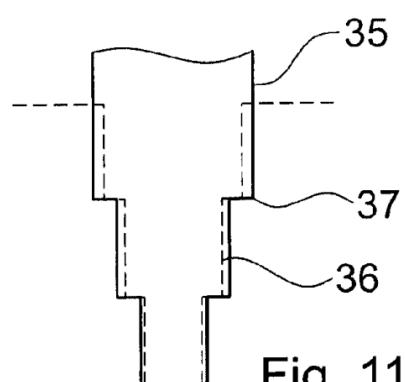
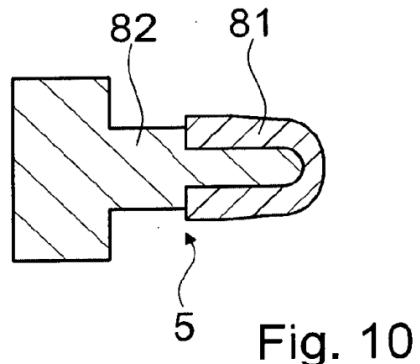
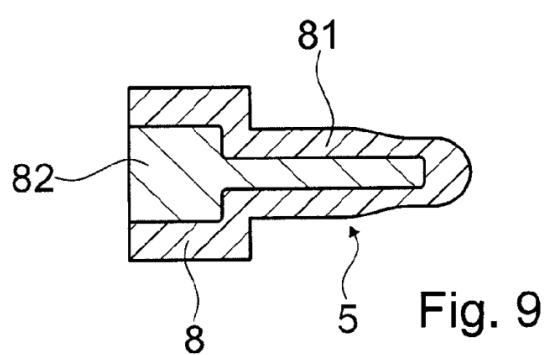
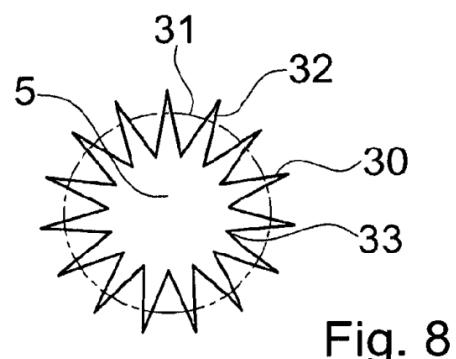
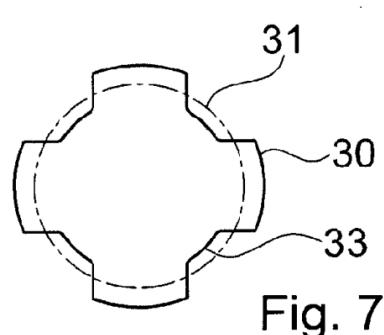
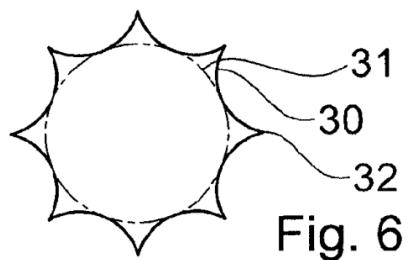
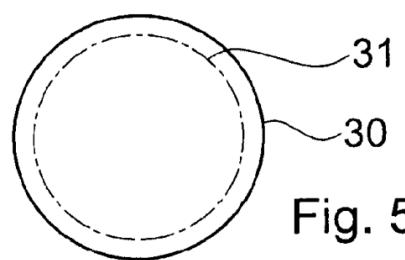


Fig. 4



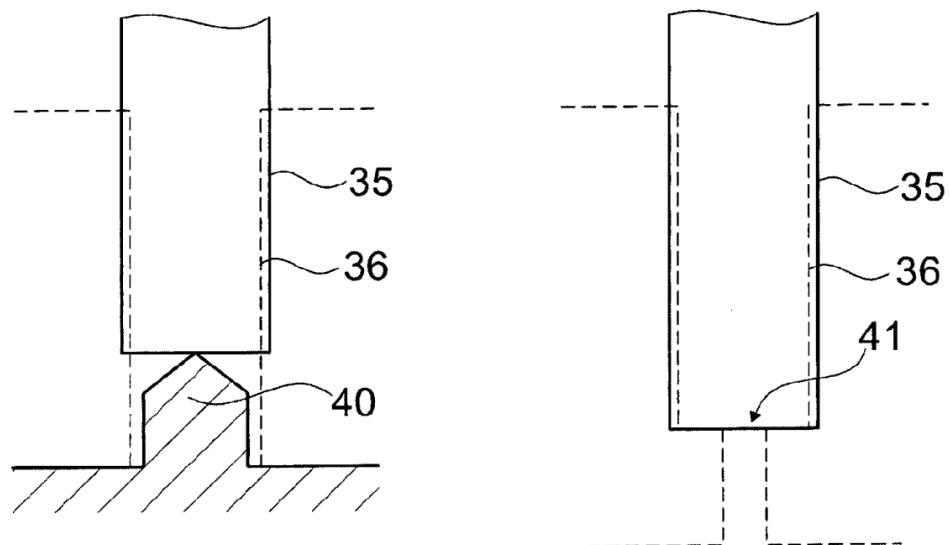


Fig. 13

Fig. 14

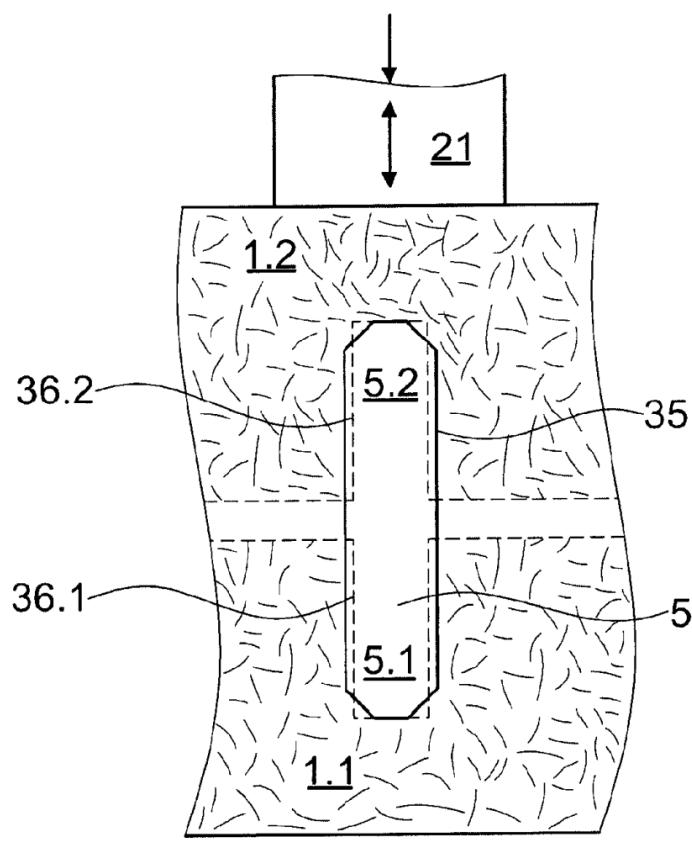


Fig. 15

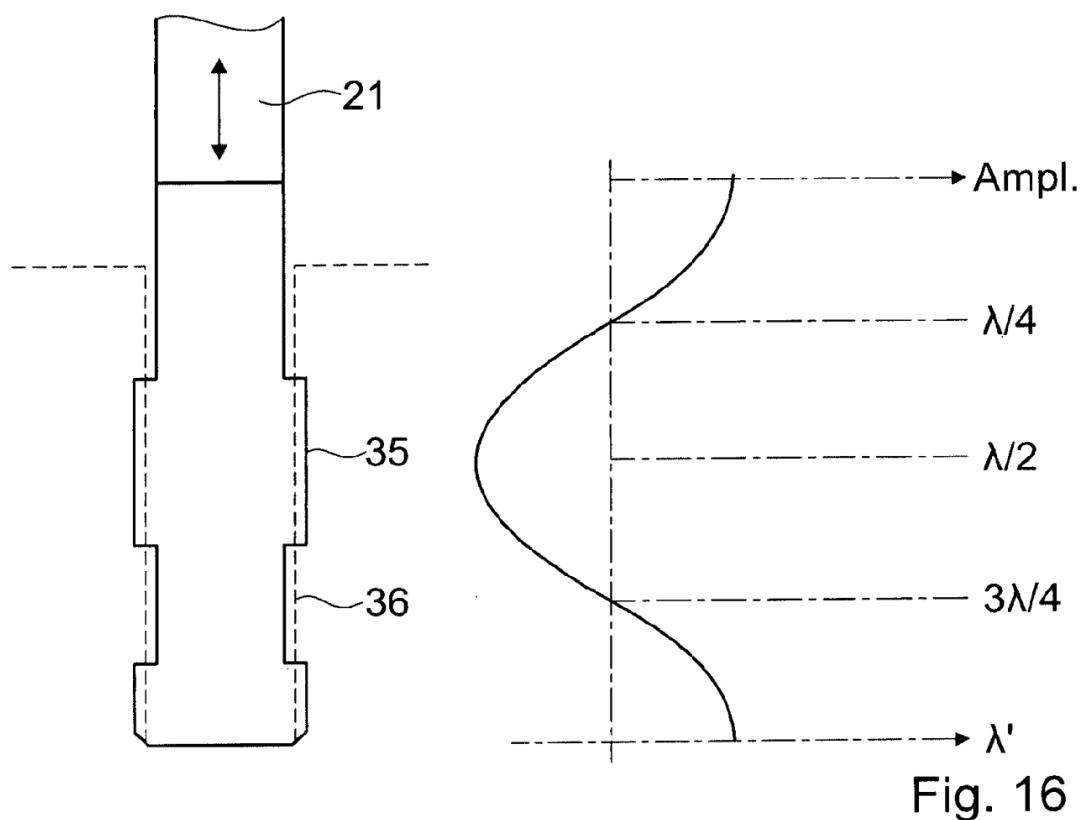


Fig. 16

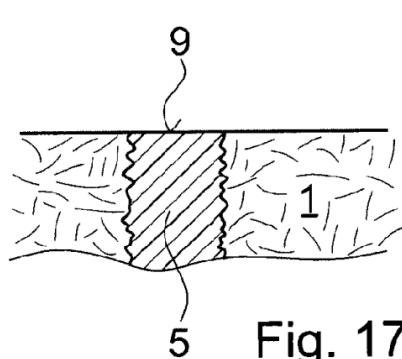


Fig. 17

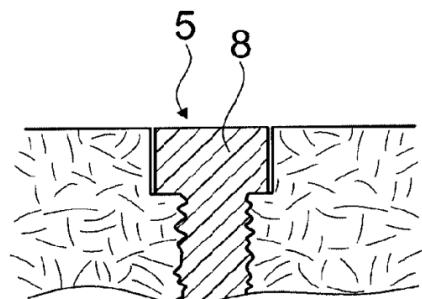


Fig. 18

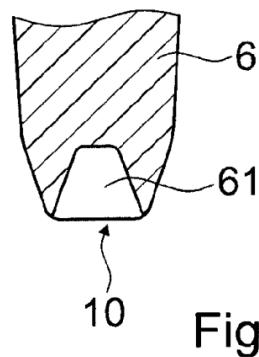


Fig. 19

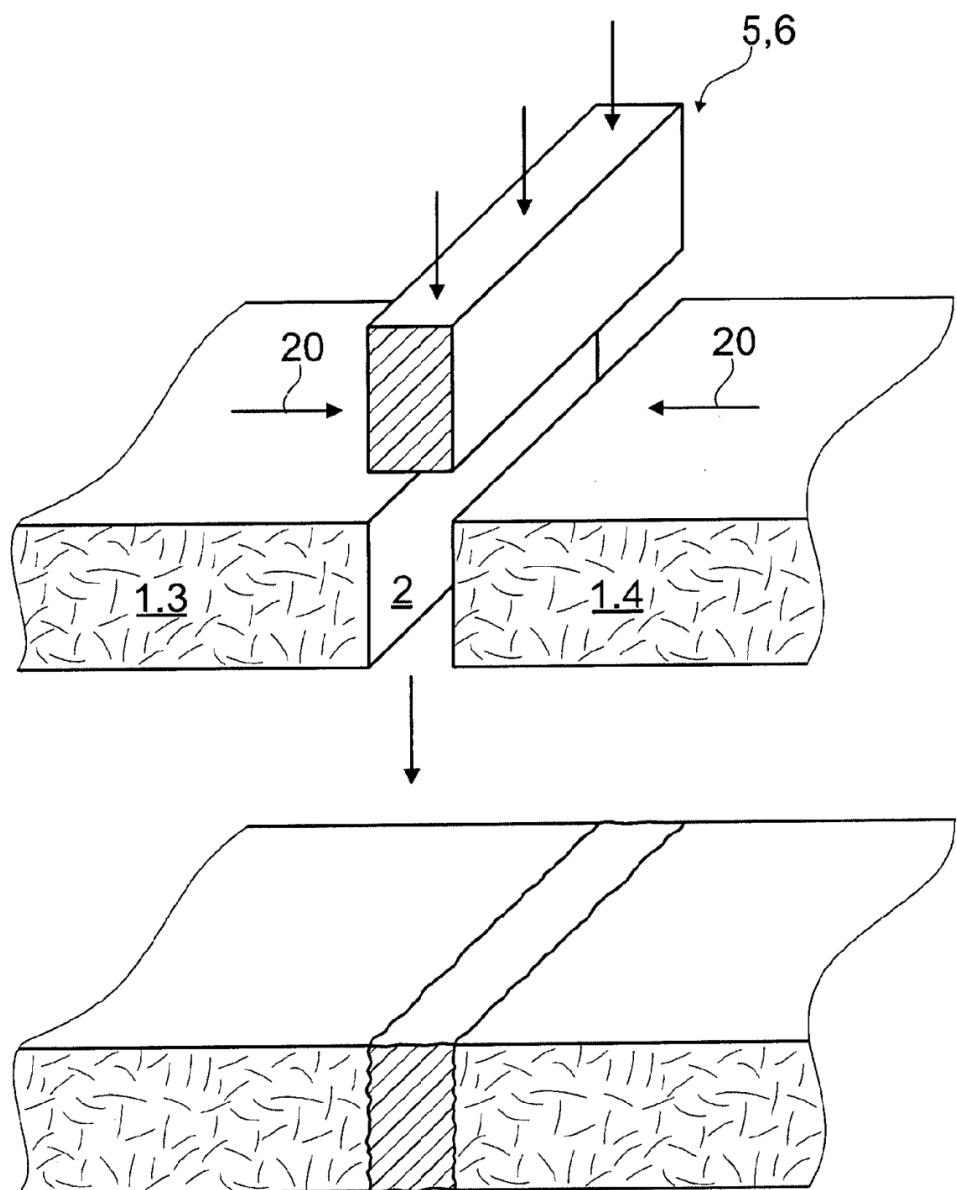


Fig. 20

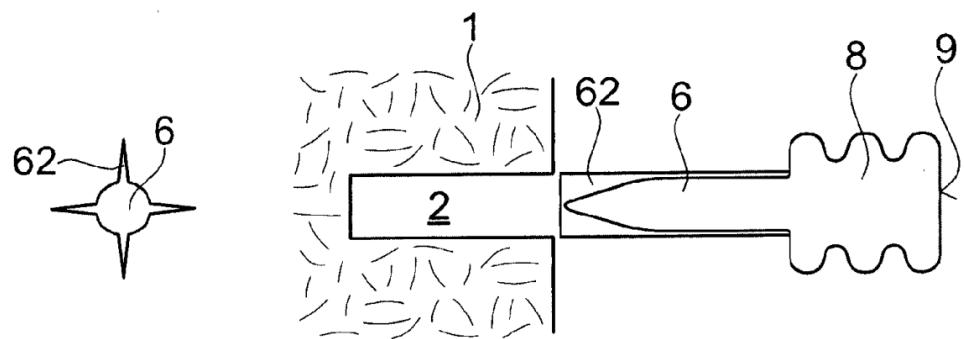


Fig. 21

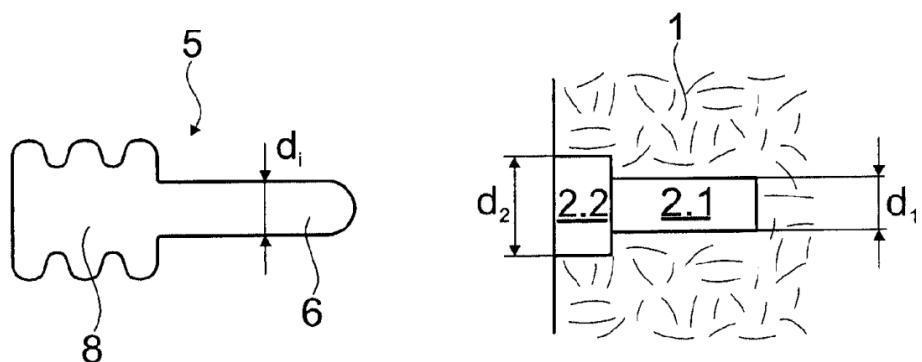


Fig. 22

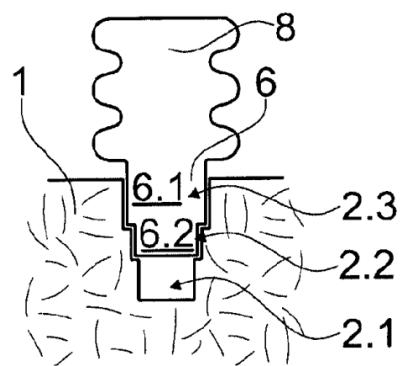


Fig. 23

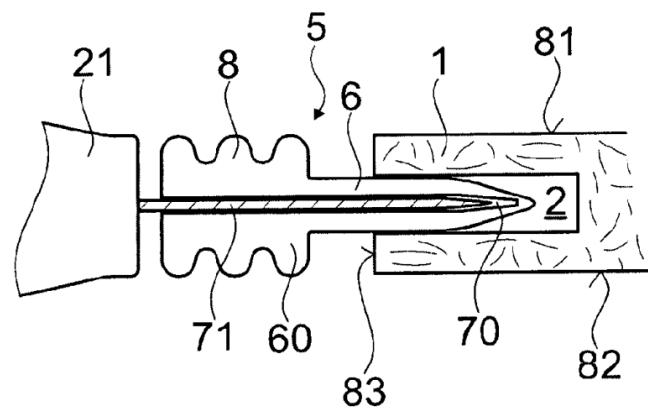


Fig. 24

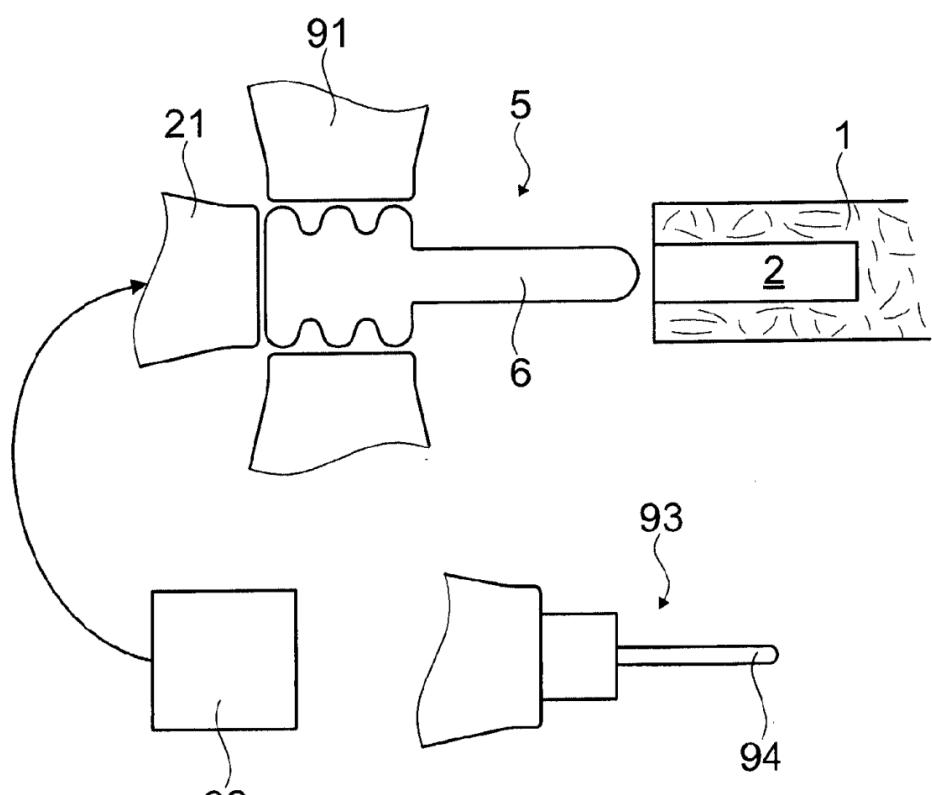


Fig. 25