



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112016016293-5 B1



(22) Data do Depósito: 03/02/2015

(45) Data de Concessão: 07/12/2021

(54) Título: MÉTODO DE LIGAÇÃO DE UM CONECTOR A UM PRIMEIRO OBJETO E A UM SEGUNDO OBJETO E CONECTOR A SER LIGADO A UM OBJETO COM UMA ABERTURA PASSANTE

(51) Int.Cl.: F16B 5/04; F16B 19/10; F16B 19/06; B21J 15/02; B21J 15/04; (...).

(30) Prioridade Unionista: 04/02/2014 CH 145/14.

(73) Titular(es): WOODWELDING AG.

(72) Inventor(es): JONAS GERMANN; JÖRG MAYER; JOAKIM KVIST; PATRICIA POSCHNER.

(86) Pedido PCT: PCT CH2015000010 de 03/02/2015

(87) Publicação PCT: WO 2015/117253 de 13/08/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 13/07/2016

(57) Resumo: CONECTOR E MÉTODO DE USO DO MESMO A presente invenção refere-se, em um aspecto, a um método de ligação de um conector (3) a um primeiro objeto (1), o qual compreende: - a provisão do primeiro objeto (1) com uma primeira abertura (11), em que a primeira abertura é uma abertura passante; - a provisão do conector, em que o conector é separado do primeiro objeto, e o conector compreende um material termoplástico; - o arranjo do primeiro objeto e do conector um em relação ao outro de modo que o conector alcance de um lado proximal através da primeira abertura; - o uso de uma fonte (6) de vibrações mecânicas para gerar vibrações, e a aplicação das vibrações e de pressão mecânica ao conector até que, sob o efeito das vibrações e da pressão, uma porção de fluxo do material termoplástico é liquefeita e levada a fluir para os lados radialmente rumo a um espaço aberto; e - a remoção da fonte de vibrações e a ressolidificação do material termoplástico liquefeito; - em que após a etapa de remoção, o conector compreende uma porção do pé, uma porção da cabeça (31) e uma porção do eixo mecânico (32) entre a porção do pé e a porção da cabeça,(...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
**"MÉTODO DE LIGAÇÃO DE UM CONECTOR A UM PRIMEIRO
OBJETO E A UM SEGUNDO OBJETO E CONECTOR A SER
LIGADO A UM OBJETO COM UMA ABERTURA PASSANTE".**

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção refere-se aos campos da engenharia mecânica e da construção, especialmente da construção mecânica, por exemplo, a engenharia automotiva, a construção de aeronaves, a construção naval, a construção de máquinas, a construção de brinquedos, etc.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[0002] Nas indústrias automotiva, da aviação e outras ainda, tem havido uma tendência de desviar das construções em aço e usar um material de pouco peso, tais como folhas metálicas de alumínio ou de magnésio ou peças fundidas, ou, ao invés disso, polímeros reforçados com fibras de carbono.

[0003] Os novos materiais acarretam novos desafios na ligação dos elementos desses materiais - especialmente a ligação de objetos achatados (tais como painéis ou placas) uns aos outros ou a ligação de um objeto achatado e um outro objeto um ao outro, tal como a ligação de um objeto achatado a um outro objeto, ou a ligação de um conector a um objeto achatado.

[0004] Surgem dificuldades especialmente se os objetos de materiais diferentes tiverem que ser conectados, tais como dois materiais do grupo que compreende o aço, o alumínio, o magnésio, polímeros reforçados com fibras – entre si. As conexões de rebites convencionais com rebites metálicos padecem primeiramente do inconveniente que o potencial eletroquímico de alguns desses materiais é intensamente diferente com as diferenças que correspondem a vários volts, de modo que ocorre uma corrosão

galvânica substancial. Além disso, as conexões que envolvem objetos lisos de polímeros reforçados com fibras padecem de um inconveniente adicional que o módulo de Young fora de plano desses materiais é muito baixo, e a força de atrito que advém da compressão dos objetos entre a cabeça do rebite e o pé do rebite não contribui substancialmente para a estabilidade mecânica da conexão. (Neste texto, em geral o alargamento na extremidade a partir da qual o rebite é acessado para um processo de deformação é chamado de "cabeça", ao passo que o alargamento na outra extremidade distal é chamado "pé". Na literatura, ambas as extremidades do rebite são chamadas frequentemente de 'cabeças').

[0005] Foi proposto o uso de uma laca nos rebites metálicos para isolar eletricamente os rebites metálicos do objeto ao qual eles são ligados. No entanto, a laca pode ficar quebradiça com o passar do tempo, especialmente quando sujeitada ao desgaste mecânico de longa duração devido à vibração, ou pode se dissolver.

[0006] Para as conexões entre objetos termoplásticos, também foi proposta a formação de um eixo mecânico do rebite como parte de um dos objetos a ser unidos e a formação de uma cabeça do rebite após o posicionamento em relação ao outro objeto por meio de deformação ultrassônica. No entanto, esse tipo da conexão fica restrinido à ligação de materiais termoplástico e não é adequado para resolver os problemas acima mencionados.

[0007] Para resolver esses problemas, as indústrias automotiva, da aviação e outras ainda começaram a utilizar pesadamente ligações adesivas. As ligações adesivas podem ser leves e fortes, mas apresentam a desvantagem que não há nenhuma possibilidade de controlar em longo prazo a confiabilidade, uma vez que uma ligação de adesivo degradante, por exemplo, devido a um adesivo com fragilização, é quase impossível de detectar sem liberar

completamente a ligação.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0008] Um objetivo da presente invenção consiste na ligação de um conector (mecânico) a um objeto com uma primeira abertura, em que a primeira abertura é uma abertura passante e um método que supera os inconvenientes dos métodos da técnica anterior.

[0009] Além disso, um objetivo consiste na ligação de um conector a dois objetos com aberturas alinhadas, em que o conector em seguida liga os dois objetos um ao outro.

[00010] Um outro objetivo da presente invenção consiste na provisão de um método de ligação de dois objetos um ao outro com um conector mecânico, em que o método supera os inconvenientes dos métodos da técnica anterior e é especialmente adequado para a ligação de objetos entre si que até o presente não podiam ser ligados por rebites metálicos devido à corrosão e outros problemas. Um outro objetivo consiste na provisão do equipamento para executar o método.

[00011] De acordo com um primeiro aspecto da invenção, um método de ligação de um conector a um primeiro objeto compreende

- a provisão do primeiro objeto com uma primeira abertura, em que a primeira abertura é uma abertura passante;

- a provisão do conector, em que o conector é separado do primeiro objeto, e o conector compreende um material termoplástico;

- o arranjo do primeiro objeto e do conector um em relação ao outro de modo que o conector alcance de um lado proximal através da primeira abertura;

- o uso de uma fonte de vibrações mecânicas para gerar vibrações, e a aplicação das vibrações e pressão mecânica ao conector até que, sob o efeito das vibrações e da pressão, uma porção de fluxo do material termoplástico é liquefeita e levada a fluir para os lados radialmente rumo a um espaço aberto; e

- a remoção da fonte de vibrações e a ressolidificação do material termoplástico liquefeito;

- em que, após a etapa de remoção, o conector compreende uma porção do pé, uma porção da cabeça, e uma porção do eixo mecânico entre a porção do pé e a porção da cabeça, em que a porção do eixo mecânico estende-se ao longo de um eixo geométrico através da primeira abertura e fixa desse modo o conector ao primeiro objeto;

- em que a porção de fluxo forma pelo menos uma parte da porção do pé ou da porção da cabeça ou de ambas, a porção do pé e a porção da cabeça; e

- em que pelo menos uma das seguintes condições é satisfeita:

o o conector, além do material termoplástico, compreende um corpo de um material que não pode ser liquefeito ou só é liquefeito a temperaturas substancialmente mais altas do que o material termoplástico;

o a etapa de aplicação de vibrações e pressão compreende o acoplamento das vibrações através de uma face de acoplamento interno proximal do conector e a transmissão das vibrações através do conector a uma face de extremidade distal do conector.

[00012] Neste caso, o corpo do material que não pode ser liquefeito é diferente de uma mera carga de um grande número de partículas, mas é um corpo macroscópico com uma posição e uma orientação definidas e de um tamanho substancial, por exemplo, de pelo menos 10% de um volume do conector, e/ou com uma dimensão característica de pelo menos 0,1 mm em qualquer dimensão. Especialmente, o corpo pode ser metálico ou de cerâmica. Especialmente, o corpo pode ser tal como dotado de um formato definido e desse modo conferir rigidez ao conector. Pelo corpo, o

conector é definido em pelo menos duas regiões espacialmente separadas, ou seja, a região do corpo e a região termoplástica.

[00013] O método também pode compreender a provisão de um segundo objeto, em que o segundo objeto tem uma abertura em que, na etapa de arranjo compreende o arranjo do primeiro e do segundo objetos e do conector uns em relação aos outros de modo que a primeira e a segunda aberturas sejam alinhadas e que o conector alcance de um lado proximal através da primeira abertura distalmente a segunda abertura, e em que o primeiro e o segundo objetos são presos um ao outro pelo conector depois da etapa de ressolidificação do material termoplástico liquefeito.

[00014] De acordo com um segundo aspecto, a invenção também se refere a um método de ligação de um primeiro objeto e um segundo objeto um ao outro, em que o método compreende:

- a provisão do primeiro objeto com uma primeira abertura e do segundo objeto com uma segunda abertura, em que pelo menos a primeira abertura é uma abertura passante;

- a provisão de um conector separado do primeiro e do segundo objetos, em que o conector compreende um material termoplástico;

- o arranjo do primeiro e do segundo objetos e do conector uns em relação aos outros de modo que a primeira e a segunda aberturas sejam alinhadas e que o conector alcança de um lado proximal através da primeira abertura distalmente a segunda abertura;

- o uso de uma fonte de vibrações mecânicas para gerar vibrações, e a aplicação de vibrações e pressão mecânica ao conector até que, sob o efeito das vibrações e da pressão, uma porção de fluxo do material termoplástico seja liquefeita e levada a fluir para os lados radialmente rumo a um espaço aberto; e

- a remoção da fonte de vibrações e a ressolidificação do

material termoplástico liquefeito;

- em que, após a etapa de remoção, o conector compreende uma porção do pé, uma porção da cabeça, e uma porção do eixo mecânico entre a porção do pé e a porção da cabeça, em que a porção do eixo mecânico estende-se ao longo de um eixo geométrico através da primeira abertura e através de pelo menos uma parte da segunda abertura, e desse modo prende o primeiro e o segundo objetos um no outro;

- e em que a porção de fluxo forma pelo menos uma parte da porção do pé ou da porção da cabeça ou de ambas a porção do pé e a porção da cabeça.

[00015] De modo geral, pertencendo a várias modalidades da invenção, a porção de fluxo do material termoplástico é a porção do material termoplástico que, durante o processo e devido ao efeito das vibrações mecânicas, é levada a ser liquefeita e flua. Em algumas modalidades do método, todo o material termoplástico do conector pode ser levado a fluir, isto é, a porção de fluxo constitui todo o material termoplástico. Em outras modalidades, o parâmetro do processo - especialmente o tempo durante o qual a energia na forma de vibrações mecânicas é acoplada ao arranjo - pode ser escolhido de modo que nem todo o material termoplástico seja liquefeito.

[00016] A porção da cabeça e a porção do pé são formadas para manter o conector em seu lugar em relação ao primeiro objeto e, se aplicável, ao segundo objeto. Especialmente, elas impedem que o conector escape para as direções axiais - a porção do pé prende o conector contra os movimentos nas direções proximais mediante o apoio contra uma superfície distalmente confrontante do segundo objeto, ao passo que a porção da cabeça prende o conector contra os movimentos na direção distal mediante o apoio contra uma porção de superfície proximalmente confrontante do primeiro objeto.

[00017] Nas modalidades em que o método compreende a provisão de dois objetos, a porção do eixo mecânico será arranjada de maneira tal que atravessa, na primeira e segunda aberturas alinhadas, o plano de cisalhamento entre o primeiro e o segundo objetos. Se o primeiro e o segundo objetos na vizinhança das aberturas não forem apoiados diretamente um contra o outro, isto implica que o eixo mecânico atravessa ambos o plano definido pela superfície do primeiro objeto ao lado da abertura e voltado para o segundo objeto e o plano definido pela superfície do segundo objeto ao lado da abertura e voltado para o primeiro objeto.

[00018] Devido a esse arranjo, nestas modalidades o conector cumpre a função de um rebite. Ele pode prender o primeiro e o segundo objetos um ao outro por um ou mais dos mecanismos a seguir:

- A porção do eixo mecânico que atravessa o plano de cisalhamento entre os objetos prende os objetos contra os movimentos de cisalhamento.

- As porções da cabeça e do pé fazem com que o primeiro e o segundo objetos sejam apoiados um contra o outro.

- Dependendo do material escolhido, a fixação pelas porções da cabeça e do pé pode ficar sob alguma tensão, de modo que resulta um ajuste de interferência do primeiro e do segundo objetos, causando uma resistência adicional contra os movimentos de cisalhamento.

- Nas modalidades, a primeira e a segunda aberturas, assim como a porção do eixo mecânico, podem ter uma seção transversal que seja diferente da circular. Então, o conector também é impedido contra os movimentos de rotação.

[00019] Para o primeiro e o segundo objetos, uma ou mais das seguintes condições podem prevalecer:

- o primeiro e o segundo objetos são de materiais diferentes;

- pelo menos um dentre o primeiro objeto e o segundo objeto compreende um material compósito reforçado com fibras.

[00020] Também é possível que o primeiro e o segundo objetos sejam de um mesmo material. De modo geral, além de impedir a corrosão, as possíveis vantagens da abordagem de acordo com a invenção podem incluir:

- a compensação de tolerâncias,

- a conexão, por exemplo, do primeiro e do segundo objetos facilmente deformáveis e/ou delicados, com forças pequenas,

- o umedecimento,

- a perda de peso,

- a otimização das propriedades e/ou custo dos materiais (por exemplo, a densidade e o custo de um conector com um corpo que não pode ser liquefeito podem ser comparáveis com um tarugo compósito da técnica anterior, mas não têm as suas desvantagens);

- a prevenção de anisotropia,

- etc.

[00021] Em adição a ou como uma alternativa à fixação de pelo menos dois objetos (o primeiro e o segundo objetos) um ao outro, o conector também pode cumprir pelo menos uma finalidade adicional.

[00022] Uma primeira de tal finalidade adicional é a finalidade de servir como uma âncora para unir outros objetos. Para esta finalidade, o corpo do material que não pode ser liquefeito (neste texto, "que não pode ser liquefeito", a menos que esteja especificado de alguma outra, maneira inclui "pode ser liquefeito somente a temperaturas substancialmente mais altas do que o material termoplástico") pode ter uma porção acessível de uma parte externa, tal como uma haste com uma rosca ou uma haste que serve como parte de uma outra conexão

mecânica, ou uma abertura com uma rosca interna (rebite de porca) ou outra conexão mecânica, etc.

[00023] Em um grupo de modalidades que cumprem esta finalidade também é compreendida a formação da porção do pé entre o primeiro objeto com a primeira abertura e um segundo objeto, em que o segundo objeto serve como contraelemento na etapa de formação do pé.

[00024] Uma segunda de tal finalidade é a vedação de um lado proximal em relação a um lado distal. Por exemplo, o corpo do material que não pode ser liquefeito pode então compreender um cabo através de pelo menos o primeiro objeto.

[00025] O encaixe entre o conector e o primeiro e (se aplicável) o segundo objetos em geral não será uma solda. O material do primeiro e do segundo objetos que entram em contato com o conector não será de material termoplástico nem será de um material termoplástico que se liquefaz somente a temperaturas substancialmente mais altas do que o material termoplástico do conector de modo que durante o processo este não se liquefaz.

[00026] No entanto, um elemento termoplástico adicional que solde ao conector pode ser provido. Especialmente, uma camada de separação termoplástica entre o primeiro e o segundo objetos pode estar presente. Uma camada de separação pode ser provida como um revestimento de um ou ambos os objetos ou então adicional ou alternativamente como uma folha separada. Entre outros, pode ter a vantagem que define uma separação galvânica do primeiro e segundo objetos, por exemplo, benéfica se estes objetos forem ambos materiais eletricamente condutores, mas diferentes. Em tal caso, pode ser vantajoso executar o método de uma maneira tal que a camada de separação se solde ao material termoplástico do conector. Por exemplo, uma solda entre estes pode ser contínua em torno de uma

periferia completa do conector de modo que uma vedação completa seja formada. Esta pode ser uma boa proteção contra a corrosão, por exemplo, devido à água do mar à qual a conexão pode ser exposta.

[00027] Em adição a ou como uma alternativa a este tipo de vedação, o método pode ser executado para prover uma vedação entre as paredes circunferenciais da primeira e segunda aberturas (ou de pelo menos uma delas) por um lado e o material termoplástico do conector por outro lado. Para esta finalidade, o processo pode ser executado de uma maneira tal que o material termoplástico do conector não seja liquefeito somente para formar a porção do pé e/ou a porção da cabeça, mas também para revestir a(s) dita(s) parede(s) circunferencial(is), entrar em contato íntimo com ela e preencher possíveis irregularidades/estruturas do primeiro e/ou segundo objetos ou aberturas entre o primeiro e o segundo objeto. Nesta segunda maneira, é formada uma vedação que protege a conexão contra a corrosão ou outras influências. Embora não seja necessário que todas as regiões da parede sejam revestidas nesta etapa, a fim de que essa vedação cumpra a sua função, frequentemente é necessário que a parede circunferencial seja revestida pelo menos ao longo de uma circunferência completa.

[00028] De modo geral, na etapa de fazer com que o material termoplástico se liquefaça, a liquefação pode ser causado até uma extensão que o material liquefeito perde qualquer memória da forma que tinha antes da liquefação, isto é, até uma extensão que vai além de uma mera plastificação.

[00029] Em uma primeira categoria das modalidades, na etapa de geração de vibrações, as vibrações são geradas no lado proximal e transmitido a um lado distal, em que a porção de fluxo forma pelo menos uma parte da porção do pé - em outras palavras, as vibrações geradas no primeiro lado do objeto ou no "lado da frente" são levadas

a formar a porção do pé ou ajudam a formar a porção do pé no segundo lado do objeto ou no "lado de trás".

[00030] Neste caso, a porção da cabeça pode ser pré-formada, isto é, provida como uma característica do conector em seu formato inicial, antes que ele seja arranjado em relação ao primeiro e ao segundo objetos. Alternativamente, a porção da cabeça pode ser formada ao deformar o conector depois de ter arranjado o mesmo em relação ao primeiro objeto e, se aplicável, ao segundo objeto. De acordo com esta alternativa, especialmente o método pode compreender um processo de duas fases. Neste caso, primeiramente a extremidade distal do conector é deformada em uma porção do pé e o material termoplástico na extremidade proximal é levado a fluir até que a porção da cabeça seja formada.

[00031] As vibrações mecânicas podem ser acopladas - em uma configuração "para diante" - no conector de uma face de acoplamento interno no lado proximal de encontro à qual é empurrada uma face distalmente confrontante de um sonotrodo - acoplado à fonte de vibrações. As vibrações mecânicas são então transmitidas desse modo através de e predominantemente pelo próprio conector.

[00032] Em uma outra configuração "para trás", o sonotrodo, que é usado para aplicar as vibrações ao material termoplástico do conector, é sujeitado a uma força de empuxo. Para esta finalidade, o sonotrodo irá compreender um eixo mecânico que alcança além de ou através do material termoplástico do conector, com uma face de acoplamento distal externo proximalmente confrontante em contato com uma face de acoplamento interno distal distalmente confrontante do material termoplástico do conector. Tal sonotrodo depois da etapa de aplicação de vibrações pode ser removido ou, alternativamente, pode servir como uma parte (não termoplástica) do conector.

[00033] Em um primeiro grupo das modalidades da primeira

categoria de modalidades com um primeiro e um segundo objetos conectados um ao outro, a segunda abertura é uma abertura passante. Então o espaço aberto é um espaço distal do segundo objeto e/ou compreende o alargamento da segunda abertura, em que tal alargamento define um rebaixo.

[00034] Em um segundo grupo das modalidades com um primeiro e um segundo objetos conectados um ao outro, a segunda abertura é uma abertura cega. Então, o espaço aberto pode ser uma cavidade com um rebaixo que pertence à segunda abertura.

[00035] Em uma segunda categoria de modalidades, o conector é provido com uma porção do pé pré-manufaturada, inserida pelo lado distal, e as vibrações são causadas para formar a porção da cabeça. Neste caso, a liquefação é causada no contato direto entre o sonotrodo e o material termoplástico na face de extremidade proximal do conector.

[00036] Nas modalidades desta segunda categoria com o primeiro e o segundo objetos conectados um ao outro, a primeira e a segunda aberturas são aberturas passantes.

[00037] Em uma terceira categoria de modalidades adicional que combina ambos os aspectos e as características da primeira categoria e da segunda categoria, as vibrações são aplicadas de ambos os lados, por exemplo, simultaneamente. Nestas modalidades, a segunda abertura (se houver alguma) será uma abertura passante.

[00038] Um lado (que será então definido normalmente como o lado distal), ou ambos os lados do conector é/são introduzível(is) nas aberturas e, pela aplicação, será(serão) deformado(s) no formato da porção do pé/porção da cabeça final, respectivamente, que se estendem, em pelo menos uma direção radial, mais do que a abertura. Para esta finalidade, o sonotrodo (distal/proximal) correspondente ou um contraelemento relevante (na primeira e terceira categorias) pode

ser provido com uma característica de molde que define o formato da porção da cabeça/porção do pé.

[00039] Tal característica de molde opcional do sonotrodo ou possivelmente um contraelemento – este também pertence a outras categorias de modalidades – pode ser, por exemplo, uma porção de superfície recortada, com uma porção da superfície de bloqueio que confina de encontro à superfície do primeiro/segundo objeto durante o processo, ao lado da mesma.

[00040] Em um grupo especial das modalidades, em vez do sonotrodo e/ou do contraelemento com uma característica de molde, ou em adição a este, o primeiro objeto e/ou (se aplicável) segundo objeto pode ter uma superfície externa com um recorte ao lado da abertura. Especialmente, tal recorte pode circundar a borda externa (a boca) da abertura. Por este meio, se o sonotrodo e/ou o contraelemento, respectivamente, tiver uma superfície plana, o conector depois do processo pode ficar nivelado com a superfície externa do respectivo objeto. Este pode ser o caso para uma porção da cabeça (ou do pé) pré-formada, bem como com uma porção da cabeça ou do pé formada que compreende o material termoplástico da porção do fluxo.

[00041] Nas modalidades em que o método é executado de uma maneira automatizada, as vibrações podem ser, por exemplo, aplicadas por ferramentas geradoras de vibração guiadas por braços de robôs. Em adição a ou como uma alternativa, as ferramentas que aplicam as vibrações nos dois lados podem ser arranjadas em um arranjo do tipo cinta.

[00042] Nas modalidades de todas as categorias e grupos de modalidades, uma ou mais das seguintes opções podem ser realizadas:

[00043] De acordo com uma primeira opção, o conector tem uma

zona fluível em que, pelo efeito das vibrações mecânicas, o material, que tem propriedades termoplásticas, é liquefeito, e uma zona não fluível em que o material não é liquefeito. As zonas fluível e não fluível são pelo menos parcialmente paralelas uma à outra, uma vez que elas se estendem uma ao longo da outra na direção proximal-distal, isto é, há uma região que é estendida ao longo do eixo proximal-distal em que a seção transversal perpendicular ao eixo proximal-distal comprehende ambas as partes da zona fluível e da zona não fluível. Essa região pode, por exemplo, se estender ao longo de todo o comprimento da porção do eixo mecânico, ou pode se estender pelo menos ao longo de todo o comprimento da primeira abertura ou pelo menos ao longo de todo o comprimento da segunda abertura ou de uma porção de pequeno diâmetro da segunda abertura.

[00044] Especialmente, a zona fluível pode circundar a zona não fluível em uma seção transversal perpendicular ao eixo proximal-distal e desse modo proteger a zona não fluível de pelo menos um dentre o primeiro e o segundo objetos de modo que não haja nenhum contato direto entre a zona não fluível e o primeiro ou o segundo objeto, ou ambos.

[00045] De acordo com uma primeira subopção, a zona não fluível comprehende o corpo mencionado de um material que não pode ser liquefeito ou só pode ser liquefeito a temperaturas substancialmente mais altas do que o material termoplástico. Por exemplo, tal corpo pode ser de um material metálico ou cerâmica, ou de um material de plástico termorrígido, ou de um material termoplástico que pode ser liquefeito a uma temperatura muito mais alta, em ambos os casos possivelmente reforçado por uma carga apropriada, tais como fibras de carbono.

[00046] Tal corpo pode especial ser um núcleo. Tal núcleo pode ser circundado pelo menos em uma região do eixo mecânico pelo material

termoplástico ou um outro material eletricamente isolante.

[00047] Um núcleo desse tipo pode, por exemplo, ter pelo menos uma das seguintes propriedades:

- O núcleo pode ter, em uma superfície externa, especialmente em uma porção de superfície que segue essencialmente paralela ao eixo proximal-distal, pelo menos um elemento de travamento, por exemplo, uma porosidade, um recorte, uma protuberância, uma corrugação, uma rosca ou algo similar. Tal elemento de travamento pode ser encaixado no material termoplástico inicialmente (isto é, quando o conector é provido), ou ser encaixado no material termoplástico pelas porções do material termoplástico que são fluíveis durante o processo e desse modo interpenetrar os elementos de travamento. Os elementos de travamento interpenetrados estabilizam o núcleo dentro do conector.

- O núcleo pode compreender um recorte guia proximal e/ou distal que coopera com uma protuberância correspondente da ferramenta ou do contraelemento (tal como da porção do molde) para estabilizar a orientação e a posição lateral do núcleo durante o processo.

- O núcleo pode ter uma extensão axial que corresponde à espessura do primeiro objeto na região em torno da primeira abertura (se o conector for prendido a um objeto apenas), ou a espessura cumulada do primeiro e do segundo objetos (se o conector for preso a um primeiro e um segundo objetos a ser presos um ao outro).

[00048] Como uma alternativa a consistir em um núcleo, tal corpo pode ser um elemento de bainha com uma abertura longitudinal que se abre para o lado proximal e com pelo menos uma abertura de saída lateral através da qual o lúmen na abertura longitudinal se comunica com a periferia circunferencial do elemento de bainha. O material termoplástico pode então ser provido como um enchimento termoplástico da abertura longitudinal ou pode ser alternativamente

provado como um elemento termoplástico separado inserível pelo lado proximal na abertura longitudinal. Um sonotrodo para aplicar as vibrações pode então ser formado para que seja comprimível contra a face de extremidade proximal do material termoplástico e ter uma porção de extremidade distal inserível na abertura longitudinal para comprimir o material termoplástico ainda mais na abertura longitudinal e para fora da abertura lateral (abertura de saída).

[00049] Em outras modalidades, o corpo pode ter qualquer outro formato apropriado, incluindo um formato com uma porção da cabeça ou do pé pré-formada, etc.

[00050] De acordo com um grupo de modalidades da primeira subopção, o método pode compreender a etapa de deformação de uma parte do corpo após a etapa de arranjo e antes e/ou durante a etapa de aplicação de vibrações mecânicas para liquefazer o material termoplástico do conector. Esta etapa de deformação pode compreender especialmente uma expansão, isto é, uma deformação para fora. Especialmente, a parte deformada *in situ* pode compreender um alargamento distal distalmente da porção do eixo mecânico e pertencente à porção do pé se o conector for introduzido pelo lado proximal e/ou um alargamento proximal proximalmente da porção do eixo mecânico e pertencente à porção da cabeça se o conector for introduzido pelo lado distal. Por isto, o corpo pode contribuir para o efeito de aperto do conector. A característica de propagação pode se estender para pelo menos uma direção mais radial do que a seção transversal da porção do eixo mecânico.

[00051] Conectores mecanicamente deformáveis, especialmente rebites de metal plasticamente deformados, são conhecidos no estado da técnica há um tempo muito longo. As modalidades deste grupo de modalidades, tal como todas as outras modalidades da presente invenção que incluem um corpo de um material que não pode ser

liquefeito, no entanto, têm uma vantagem significativa em relação à técnica anterior. Devido à combinação, por exemplo, de um corpo metálico (ou de cerâmica ou de plástico duro ou de vidro, etc.) com a abordagem de liquefação do material termoplástico e de fazer com que ele seja resolidificado, as vantagens das propriedades materiais do material que não pode ser liquefeito, tais como a resistência a força de cisalhamento elevada, alta ductilidade, ou ainda, dependendo da aplicação, outras propriedades tais como a condutividade elétrica, etc., podem ser usadas.

[00052] No entanto, devido à abordagem do material termoplástico fluido "com congelamento", o conector é adaptado em seu formato ao(s) objeto(s) em um estado relaxado, sem nenhuma força de restauração. Isso é contrário, por exemplo, aos rebites metálicos nos quais em qualquer deformação há uma porção elástica, e assim que a força de deformação para, a parte deformada (parte do rebite) vai tender a um ligeiro movimento de afastamento do objeto (efeito de retorno da mola) contra o qual é pressionado. Nas conexões dos rebites de metal a um objeto de metal, isto é resolvido ao superpressionar a parte de rebite deformada no metal ao qual é conectada, resultando em uma conexão adicional e tensões residuais consideráveis no rebite e/ou no material de folha. No entanto, esta não é uma opção, por exemplo, para objetos não metálicos. Devido à abordagem de acordo com as modalidades aqui discutidas da invenção, esse problema é resolvido, e resulta uma conexão íntima entre o objeto e o conector independente das propriedades materiais do objeto. Qualquer força de restauração por um corpo metálico do conector só pode agir dentro do conector e não tem nenhuma influência na conexão.

[00053] Especialmente, nas modalidades, a característica de propagação pode compreender uma pluralidade de braços dobráveis

para fora ou algo similar.

[00054] De acordo com uma segunda subopção, a zona não fluível é do material termoplástico (especialmente com reforço de fibras), mas os parâmetros do processo são escolhidos de modo que o material não se liquefaça na zona não fluível. Para esta finalidade, por exemplo, a circunferência do conector pode ser levada a entrar em contato com a parede circunferencial da abertura e as vibrações mecânicas podem causar uma fricção entre a circunferência e a parede circunferencial, fricção essa que faz com que o material se liquefaça. O processo é parado então antes que o conector se liquefaça no interior, isto é, na zona não fluível.

[00055] Nesta segunda subopção, o conector especialmente na zona não fluível pode ser feito de um material reforçado com fibras com um reforço de fibras orientadas, especialmente com fibras axialmente orientadas.

[00056] Especialmente (mas não somente) de acordo com a segunda opção, o material termoplástico do conector pode ser levado a fluir de uma maneira que uma vedação é formada com a parede circunferencial, isto é, não há nenhum espaço restante entre pelo menos uma região da parede circunferencial da primeira e/ou da segunda abertura e o conector após o processo de liquefação.

[00057] De acordo com um grupo adicional de modalidades, a liquefação do material termoplástico compreende um processo de dois estágios. Nestas modalidades, o conector compreende dois tipos de material termoplástico que formam uma primeira e uma segunda porção de material termoplástico. O conector é configurado de modo que quando, após a etapa de arranjo, as vibrações e a força de compressão mecânica são aplicadas ao conector, primeiramente a porção do primeiro material termoplástico é excitada e começa a se liquefazer (neste texto, "liquefação" refere-se de modo geral a uma

mudança de estado que reduz a viscosidade até uma extensão que o material é pelo menos plasticamente deformado pelas forças de compressão aplicadas). Devido à deformação que advém no processo, a porção do segundo material termoplástico entra em contato com porções não vibrantes (por exemplo, do(s) objeto(s) ou de um contraelemento) e também começa a se liquefazer, em que as porções do primeiro material termoplástico podem ser arranjadas para confinar o fluxo das porções do segundo material termoplástico. Mais particularmente, as porções do segundo material termoplástico neste caso podem ser mais moles e/ou ter uma temperatura de transição vítreia mais baixa do que as porções do primeiro material termoplástico e servir como uma vedação ou como uma porção do conector que mantém a elasticidade até mesmo a baixas temperaturas. Além disso, o segundo material termoplástico pode compreender componentes reativos que podem formar uma ligação adesiva ou coesiva ao(s) objeto(s) com o(s) qual(is) entra em contato.

[00058] Neste grupo adicional de modalidades, a porção do primeiro material termoplástico pode formar especialmente um flange circunferencial que, quando em contato com uma face de extremidade do primeiro objeto e/ou (se aplicável) segundo objeto, forma um confinador de fluxo para as porções do segundo material termoplástico.

[00059] Um primeiro exemplo de um emparelhamento de dois tipos de material termoplástico para as porções do primeiro e do segundo materiais termoplásticos é um material termoplástico com uma temperatura de transição vítreia relativamente alta, tais como PEEK ou ABS, em combinação com um adesivo de fusão a quente. Um segundo exemplo é material termoplástico em combinação com um elastômero, especialmente com um elastômero termoplástico.

[00060] Nas modalidades deste grupo adicional de modalidades

(esta também pertence ao conector relevante com dois tipos de materiais termoplásticos descritos mais adiante), o primeiro material termoplástico tem por finalidade conferir a estrutura/estabilidade mecânica da conexão (possivelmente junto com o corpo que não pode ser liquefeito se aplicável), ao passo que o segundo material termoplástico pode ter a função de vedar e/ou umedecer.

[00061] Em um subgrupo A de modalidades, pode haver diferenças na viscosidade em fusão a uma determinada temperatura de liquefação. Por exemplo, a viscosidade do primeiro material termoplástico pode ser mais elevada do que a viscosidade do segundo material termoplástico em pelo menos um fator de 10, ou em pelo menos um fator de 100. Exemplo: o primeiro material termoplástico pode ter cerca de 30% (por cento em peso) ou mais de uma carga, por exemplo, ABS com reforço de fibras de vidro, ao passo que o segundo material termoplástico não tem uma carga (por exemplo, ABS nativo). Um outro exemplo: o primeiro material termoplástico pode ser HDPE altamente cristalino ou UHMWPE, ao passo que o segundo material termoplástico pode ser LDPE cristalino inferior. Ainda um outro exemplo: o primeiro material termoplástico pode ser PEEK, e o segundo material termoplástico pode ser policarbonato.

[00062] Em um subgrupo B de modalidades, pode haver fortes diferenças no módulo de elasticidade. Por exemplo, o módulo de elasticidade (módulo de Young) do primeiro material termoplástico pode ser de pelo menos 0,5 GPa, ao passo que o módulo de elasticidade do segundo material termoplástico pode ser de no máximo 0,05 GPa. Exemplo: O primeiro material termoplástico pode ser policarbonato ou PET ou ABS ou poliamida (PA 6, 66, 11, 12), e o segundo material termoplástico pode ser um elastômero de poliuretano (os elastômeros são especialmente interessantes devido às suas propriedades de umedecimento).

[00063] Em um subgrupo C de modalidades, o peso molecular pode diferir bastante. Por exemplo, o peso molecular do primeiro material termoplástico pode ser maior do que o peso molecular do segundo material termoplástico em pelo menos um fator de 10 ou em pelo menos um fator de 100 (com então, por exemplo, as mesmas composições). Os exemplos incluem o polietileno e o polipropileno.

[00064] As características dos subgrupos A, B, C, podem ser combinadas, uma vez que podem existir emparelhamentos de materiais que têm propriedades dos subgrupos A e B, dos subgrupos A e C ou dos subgrupos B e C, ou de todos os grupos A, B e C.

[00065] A invenção também se refere a um conector a ser usado nas modalidades do método discutido acima, em que o conector compreende um material termoplástico e um corpo de um corpo de um material que não pode ser liquefeito ou só pode ser liquefeito a temperaturas substancialmente mais altas do que o material termoplástico, em que o conector estende-se entre uma extremidade da cabeça e uma extremidade do pé ao longo de um eixo longitudinal do eixo mecânico, o corpo compreende uma porção deformável que é uma porção da extremidade da cabeça e/ou da extremidade do pé que é deformável ao ser dobrada para fora com respeito ao eixo geométrico sob o efeito de uma força de compressão e vibrações mecânicas que agem sobre uma face de extremidade do conector, e em que o material termoplástico é arranjado para abranger pelo menos parcialmente a porção deformável após a deformação causada pela força de compressão e pelas vibrações mecânicas.

[00066] Neste caso, o corpo pode ser inicialmente pelo menos parcialmente incrustado pelo material termoplástico.

[00067] Além disso, o material termoplástico pode ser arranjado para abranger pelo menos parcialmente a porção deformável depois da deformação pela força de compressão e pelas vibrações mecânicas

ao se tornar fluível, ao fluir e ao se tornar resolidificado.

[00068] O conector pode ser um conector a ser usado nas modalidades descritas no presente documento, e as propriedades dos conectores descritos neste texto que se referem a várias modalidades diferentes da invenção, incluindo as modalidades sem uma porção do corpo deformável, também são características opcionais do conector, incluindo características de travamento e de direcionamento de fluxo, formatos circulares ou não circulares, etc.

[00069] A invenção também se refere a um conector a ser usado nas modalidades do método discutido acima, em que o conector compreende dois tipos do material termoplástico que formam uma primeira e uma segundo porções de material termoplástico, em que a segunda porção de material termoplástico é mais mole e/ou tem uma temperatura de transição vítreia mais baixa do que a primeira porção de material termoplástico e/ou compreende um componente reativo que pode formar uma ligação adesiva ou coesiva ao(s) objeto(s) com o(s) qual(is) entra em contato, em que a segunda porção de material termoplástico forma uma parte de uma superfície do conector.

[00070] Por exemplo, a segunda porção de material termoplástico pode formar um aro em torno de um eixo geométrico (eixo proximal-distal, paralelo a uma eixo geométrico através da abertura passante no estado montado) do conector. Especialmente, o conector pode ter uma porção do eixo mecânico se estendendo ao longo do eixo geométrico, e o segundo material termoplástico pode formar um aro em torno da porção do eixo mecânico.

[00071] Nas modalidades, o conector tem uma porção da cabeça com um flange externo projetado distalmente do primeiro material termoplástico que abrange pelo menos parcialmente a segunda porção de material termoplástico.

[00072] Desse modo, a primeira porção de material termoplástico é

arranjada para confinar o fluxo da segunda porção de material termoplástico.

[00073] Nas modalidades, o conector também compreende um corpo, especialmente um núcleo, de um material que não pode ser liquefeito.

[00074] De modo geral, várias modalidades dos conectores descritos no presente documento podem compreender um material termoplástico (e opcionalmente também um segundo material termoplástico) com um corpo que não pode ser liquefeito, em que o corpo pode compreender pelo menos um de:

- pelo menos um elemento de travamento em sua superfície lateral, tal como um recorte, uma corrugação, uma porosidade, etc., em que o elemento de travamento coopera com o material termoplástico que circunda o mesmo para estabilizar a posição, especialmente a posição axial, do corpo dentro do material termoplástico incrustado. Tal elemento de travamento pode ser incrustado no material termoplástico inicialmente (isto é, quando o conector é provido), ou ser incrustado no material termoplástico pelas porções de material termoplástico que são fluíveis durante o processo e interpenetrar desse modo os elementos de travamento;

- um recorte guia proximal e/ou um recorte ou uma protuberância guiando distal, cooperando com uma protuberância guia ou um recorte guia, respectivamente, do sonotrodo ou do molde para definir uma posição do corpo durante o processo.

[00075] Em todas as categorias e grupos de modalidades do método e/ou do conector de acordo com a invenção, o conector e/ou o corpo (se aplicável) (núcleo, bainha ou um outro ainda) do conector e/ou as aberturas podem ser rotacionalmente simétricos em torno do eixo geométrico - no caso de um corpo no formato de uma bainha com exceção das aberturas de saída. Alternativamente, o conector e/ou o

corpo (se aplicável) e/ou as aberturas ou uma das aberturas podem ter um formato desviado da simetria de rotação. Por isso, além da prevenção contra os movimentos de cisalhamento e contra os movimentos relativos axiais, a conexão também pode prevenir contra os movimentos relativos de rotação.

[00076] Em todas as categorias e grupos de modalidades, o conector pode não ser tubular, mas sólido. Alternativamente, o conector também pode ser tubular, isto é, compreender uma abertura passante axial. Tal abertura passante axial pode, em aplicações especiais, ser usada como abertura de alimentação ou de exalação, ou algo similar.

[00077] Em todas as categorias e grupos de modalidades, o método pode ser executado por um aparelho para uma ligação automatizada. Especialmente, a fonte de vibrações mecânicas pode ser provida guiada por um braço de robô, por exemplo.

[00078] Além disso, o aparelho pode compreender um meio para colocar automaticamente o conector nas aberturas alinhadas. Por exemplo, um braço de robô ou uma outra ferramenta que prende a fonte de vibrações pode ser provido com uma alimentação automática para o conector. Por exemplo, a alimentação pode compreender um compartimento para conectores e uma unidade de separação e de alimentação para alimentar os conectores um após o outro no lugar do arranjo.

[00079] Por conseguinte, a invenção também se refere a um aparelho que tem um meio e é configurado para executar o método tal como definido nas reivindicações de uma maneira automatizada.

[00080] A vibração mecânica ou a oscilação apropriada para os métodos e dispositivos de acordo com aspectos da invenção tem de preferência uma frequência entre 2 e 200 kHz (ainda com mais preferência entre 10 e 100 kHz, para a liquefação na extremidade

distal ou até a extremidade distal entre 15 e 30 kHz, para a liquefação na extremidade proximal (formação da cabeça) somente entre 15 e 70 kHz) e uma energia de vibração de 0,2 a 20 W por milímetro quadrado da superfície ativa. Tais vibrações, por exemplo, são produzidas por dispositivos ultrassônicos tais como, por exemplo, aqueles conhecidos da soldagem ultrassônica. O elemento de vibração (ferramenta, por exemplo, o sonotrodo), por exemplo, é projetado de maneira tal que a sua face de contato oscila predominantemente na direção do eixo geométrico do elemento (vibração longitudinal) e com uma amplitude entre 1 e 100 μm , de preferência de cerca de 10 a 30 μm . A oscilação de rotação ou radial também é possível.

[00081] O fato que o material termoplástico liquefeito pela vibração mecânica acarreta a vantagem de que o processo é potencialmente muito rápido. Os testes revelaram que, sob as condição descritas acima, um tempo tão curto quanto cerca 1 s ou até mesmo tão curto quanto 0,5 s pode ser suficiente.

[00082] Tal como explicado anteriormente neste texto, as modalidades do método compreendem a transmissão das vibrações mecânicas de uma face de contato proximal entre um sonotrodo e o conector através do conector a uma porção distal. Algumas modalidades além de ou por outro lado compreendem a realização de uma liquefação na interface proximal ou perto da mesma. Se as vibrações tiverem que ser transmitidas à extremidade distal, a liquefação na interface com o sonotrodo ("fusão da cabeça") pelo menos inicialmente em muitas situações deve ser impedidas. Para fazer isso, um sistema de oscilação comum do sonotrodo e do conector pode ser criado. Isso é conseguido por um acoplamento mecânico forte (tal como por uma forte força de compressão) e/ou por um comprimento de onda comparavelmente longo das vibrações, isto é, uma frequência comparavelmente baixa. Especialmente, para as

características de dimensões para os conectores do tipo discutido no presente documento (comprimento do conector, por exemplo, entre 0,3 cm e 20 cm; diâmetros tipicamente entre 8 e 12 mm, correspondendo a uma área de acoplamento tipicamente entre 50 e 120 mm²), a pressão pela qual o sonotrodo é pressionado de encontro ao conector pode ser escolhida ser ao redor de 100 a 800 N, especialmente de 200 a 500 N, e a frequência ao redor de 15 a 30 kHz. Para a liquefação na interface ("fusão da cabeça"), a pressão pode ser reduzida, por exemplo, a menos de 100 N. Além disso, possivelmente e dependendo do aparelho gerador de vibração, a frequência pode ser aumentada.

[00083] De modo geral, esses parâmetros irão depender da geometria. Para uma determinada geometria, o elemento versado no ensinamento da presente invenção e nas normas gerais acima pode encontrar os parâmetros de operação (curva de pressão-tempo, frequência) por meio de testes.

[00084] O início da liquefação também pode ser controlado por estruturas geométricas na forma de direcionadores de energia tal como é conhecido a partir da soldagem ultrassônica. Os direcionadores de energia (ou estruturas de concentração de energia) podem ter a forma de nervuras ou calombos ou algo similar, tanto de material termoplástico quanto da superfície que entra em contato com o material termoplástico. De modo geral, os direcionadores de energia serão formados para resultar em uma área de interface comparavelmente pequena na qual a liquefação deve ser iniciada para concentrar a energia da vibração nessa área pequena de modo que haja uma absorção de energia mais elevada por unidade de área que vai causar um aquecimento mais forte. Uma vez que a temperatura nesses locais fique acima da temperatura de transição vítreia, haverá uma fricção interna realçada, e esta irá promover ainda mais a

absorção de energia e a liquefação.

[00085] Um parâmetro adicional que pode ser opcionalmente usado para controlar o local em que a liquefação é ajustada em sua temperatura inicial. Devido ao fato que a fricção interna se eleva somente quando a temperatura local está acima da temperatura de transição vítreia, a eficiência da etapa de liquefação (tal como na soldagem ultrassônica da técnica anterior) se eleva somente quando essa temperatura é atingida em algum local. Antes disso, a eficiência da absorção de energia - necessária para colocar localmente o material acima da temperatura de transição vítreia – é relativamente mais baixo. Este fato pode ser usado para exercer um controle adicional. Mais particularmente, o método pode compreender opcionalmente a etapa de

- colocação de uma porção do material termoplástico acima da temperatura de transição vítreia mediante o aquecimento direto ou indireto local enquanto outras porções do material termoplástico permanecem abaixo da temperatura de transição vítreia.

[00086] Neste caso, o aquecimento direto pode, por exemplo, ser obtido pela irradiação dirigida, tal como a irradiação por um laser (por exemplo, infravermelho ou vermelho) no local desejado, imediatamente antes da etapa de arranjo ou depois desta (se a configuração geométrica assim permitir).

[00087] O aquecimento indireto pode, por exemplo, ser obtido mediante o aquecimento da região do objeto com o qual o conector entra em contato, tal como pelo aquecimento local do segundo objeto em torno da abertura.

[00088] A etapa de aquecimento é realizada pelo menos antes ou durante da etapa de aplicação. Isto implica, por exemplo, que a etapa de aquecimento também pode começar antes da etapa de aplicação e ser continuada por algum tempo enquanto as vibrações são aplicadas.

[00089] Neste texto, a expressão "material termoplástico que pode se tornar fluível, por exemplo, pela vibração mecânica" ou resumidamente "material termoplástico que pode ser liquefeito" ou "material que pode ser liquefeito" ou "termoplástico" é usada para descrever um material que compreende pelo menos um componente termoplástico, em que o material se torna líquido (fluível) quando aquecido, em particular quando aquecido através de fricção, isto é, quando arranjado em uma superfície de um par de superfícies (faces de contato) que ficam em contato uma com a outra e se movem vibracional ou rotacionalmente uma em relação à outra, em que a frequência da vibração tem as propriedades discutidas anteriormente. Em algumas situações, é vantajoso se o material tiver um coeficiente de elasticidade de mais de 0,5 GPa, especialmente se nenhum corpo que não pode ser liquefeito for usado.

[00090] Para o material termoplástico do conector, especialmente pelo menos uma das três condições a seguir pode ser satisfeita:

- A temperatura de transição vítreia está acima da temperatura ambiente de modo que à temperatura ambiente o material termoplástico fica abaixo da temperatura de transição vítreia. De modo mais geral, a temperatura de transição vítreia podem ser escolhida para estar acima de uma temperatura do uso pretendido.

- O material termoplástico é altamente cristalino.
- O próprio material termoplástico é reforçado com fibras.

[00091] Qualquer combinação destes é possível.

[00092] Os materiais termoplásticos são bem conhecidos na indústria automotiva e da aviação. Para a finalidade do método de acordo com a presente invenção, especialmente os materiais termoplásticos conhecidos para aplicações nessas indústrias podem ser usados.

[00093] As modalidades específicas dos materiais são: Poliéter

cetona (PEEK), Poliéter imida, uma poliamida, por exemplo, poliamida 12, poliamida 11, poliamida 6 ou poliamida 66, Metacrilato de polimetila (PMMA), polioximetileno ou policarbonato uretano, um policarbonato ou um carbonato de poliéster, ou também um acrilonitrilo butíleno estireno(ABS), um Acriléster-Estirol-Acrilonitrilo (ASA), Estireno-acrilonitrilo, cloreto de polivinila, polietileno, polipropileno e poliestireno, ou copolímeros ou misturas destes.

[00094] Além do polímero termoplástico, o material termoplástico também pode compreender uma carga apropriada, por exemplo, fibras de reforço, tais como fibras de vidro e/ou carbono. As fibras podem ser fibras curtas. As fibras longas ou as fibras contínuas podem ser usadas especialmente para a porção não fluível.

[00095] O material de fibra (se houver algum) pode ser qualquer material conhecido para o reforço de fibra, especialmente carbono, vidro, Kevlar, cerâmica, por exemplo, mulita, carboneto de silício ou nitreto de silício, polietileno de alta resistência (Dyneema), etc.

[00096] Outras cargas, que não têm as formas de fibras, também são possíveis, por exemplo, partículas em pó.

[00097] Neste texto, os termos "proximal" e "distal" são usados para se referir a direções e a posições, ou seja, "proximal" é o lado da conexão em que um operador ou uma máquina aplica as vibrações mecânicas, ao passo que distal é o lado oposto. O alargamento do conector no lado proximal neste texto é chamado de "porção da cabeça", ao passo que o alargamento no lado distal é a "porção do pé". Para os conectores com ou sem uma porção da cabeça pré-formada que são inseridos nas aberturas alinhadas do lado proximal, a extremidade distal será a extremidade às vezes indicada na literatura como a "extremidade da cauda".

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[00098] A seguir, as maneiras de realizar a invenção e as

modalidades são descritas com referência aos desenhos. Os desenhos são esquemáticos. Nos desenhos, os mesmos numerais de referência referem-se aos elementos idênticos ou análogos. Os desenhos mostram:

- Figura 1a, um arranjo para realizar o processo de conexão de acordo com a invenção;
- Figura 1b, o arranjo da Figura 1a após o processo;
- Figura 2a, os elementos de um arranjo alternativo para realizar o processo de conexão de acordo com a invenção;
- Figura 2b, o arranjo da Figura 2a após o processo;
- Figura 3, os elementos de um arranjo adicional;
- Figura 3b, o arranjo da Figura 3a após o processo;
- Figura 4a, ainda um outro arranjo;
- Figura 4b o arranjo de Figura 4a após o processo;
- Figura 5a, os elementos de ainda um outro arranjo;
- Figura 5b, o arranjo da Figura 5a após o processo;
- Figura 6a, os elementos de ainda um outro arranjo;
- Figura 6b, o arranjo da Figura 6a após o processo;
- Figura 7, um detalhe de ainda uma outra possibilidade;
- Figuras 8a e 8b, os elementos de um outro arranjo ainda durante e após o processo;
- Figuras 9 e 10, as seções transversais de porções do eixo;
- Figuras 11 e 12, os formatos de aberturas diferentes;
- Figura 13, uma seção transversal adicional de uma porção do eixo mecânico;
- Figura 14, um diagrama da pressão-tempo;
- Figura 15, o efeito de vedação;
- Figuras 16a e 16b e 17a, 17b, outros arranjos antes e depois do processo;

- Figuras 18a a 18c, os detalhes que mostram ainda uma outra modalidade do método de acordo com a invenção;
- Figura 19, uma aplicação possível da modalidade das Figuras 18a a 18c;
- Figura 20, um arranjo adicional para realizar o processo de conexão de acordo com a invenção;
- Figura 21, ainda um outro arranjo para realizar o processo de acordo com a invenção;
- Figura 22, um arranjo com um conector que tem dois materiais termoplásticos diferentes:
- Figura 23, uma variante do arranjo da Figura 22;
- Figura 24, duas etapas em um processo de acordo com a invenção;
- Figura 25, uma variante de um processo de acordo com a invenção com um conector de pé duplo;
- Figuras 26a e 26b, uma modalidade com um conector que tem uma rosca interna no começo e depois do processo;
- Figuras 27a e 27b, uma modalidade com um conector que tem uma rosca externa no começo e depois do processo;
- Figura 28, uma modalidade de um conector que serve como passagem de alimentação;
- Figura 29, ainda uma outra modalidade; e
- Figuras 30a e 30b, uma modalidade em que dois sonotrodos são usados para formar uma porção da cabeça e uma porção do pé, respectivamente.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES PREFERIDAS

[00099] A Figura 1a ilustra uma configuração básica das modalidades da invenção. O primeiro objeto 1 é uma placa ou uma folha, por exemplo, de um metal ou de um material compósito reforçado com fibras. Ele tem uma primeira abertura 11 que é uma

abertura passante perpendicular ao plano da placa.

[000100] O segundo objeto 2 é, por exemplo, de um material diferente do primeiro objeto (por exemplo, pode ser de metal fundido, tal como magnésio ou alumínio fundido) ou é (também) de um material compósito reforçado com fibras, por exemplo, um elemento do tipo sanduiche reforçado com fibras de carbono preenchido com espuma. O segundo objeto tem uma segunda abertura 12 que, na configuração mostrada, é uma abertura cega. A abertura cega forma um rebaixo 13 que tem um alargamento distal. Devido ao alargamento distal, é formado um ressalto 14.

[000101] Na configuração mostrada, também há uma camada de separação/isolamento 8 opcional que é de um material termoplástico. Mais particularmente, a camada de separação 8 podem ser do mesmo material termoplástico que o material termoplástico do composto, ou podem ser de um material diferente, em que tal material diferente, no entanto, pode ser opcionalmente soldável ao material termoplástico do conector.

[000102] O conector 3 é essencialmente na forma de um pino com uma cabeça proximal 31, uma porção de eixo mecânico 32 e uma abertura guia 33 aberta para o lado proximal. O conector é composto, por exemplo, de um núcleo metálico 5 e um material termoplástico 4 arranjado pelo menos na extremidade distal e circundando o núcleo 5 lateralmente.

[000103] O sonotrodo 6 tem uma face de extremidade distal adaptada ao formato ou ao formato desejado da face de extremidade proximal do conector, mais particularmente à face de extremidade proximal da cabeça 33. Ele tem uma protuberância guia (pino) 61 que corresponde à abertura guia 33 do conector. A protuberância guia 61 e a abertura guia 33 podem ser dimensionadas de modo que façam com que uma fricção encaixe entre o sonotrodo e o conector, isto é, o

conector 3 possa ser plugado no sonotrodo 6. Ao contrário da configuração mostrada - esquematicamente - a abertura guia pode ser opcionalmente mais profunda do que o comprimento da protuberância guia 61 de modo a permitir alguma distância entre a protuberância guia 61 e o núcleo 5, especialmente se o material termoplástico da porção da cabeça também tiver que ser deformado durante o processo.

[000104] A Figura 1a também ilustra um eixo geométrico 20, o qual corresponde a um eixo geométrico das aberturas, frequentemente perpendicular aos planos de superfície do primeiro e do segundo objetos. Na configuração da Figura 1a, assim como nas configurações mostradas subsequentemente (a menos que esteja indicado de alguma outra maneira) as aberturas, bem como o conector e possivelmente também o sonotrodo, podem ser simétricas sobre as rotações em torno do eixo geométrico. Este, no entanto, não é necessariamente o caso. Ao invés disto, os métodos descritos neste texto também são adequados para as configurações que não têm essa simetria de rotação em torno do eixo geométrico.

[000105] Após o processo de posicionamento do conector nas aberturas 11, 12 e o uso do sonotrodo para comprimir o conector 3 de encontro à face inferior da segunda abertura 12 e ao mesmo tempo acoplar a energia no conector, o material termoplástico 4 do conector terá sido levado a fluir para os lados e especialmente para preencher, pelo menos em parte, o rebaixo 13 da segunda abertura para formar uma porção do pé 41. Em consequência disto, o conector é impedido de ser empurrado para fora após a ressolidificação do material termoplástico. Ao mesmo tempo, o material termoplástico 4 foi soldado à camada de separação 8 (se for aplicável). Os círculos tracejados 21 na Figura 1b designam a região em que ocorreu a soldagem.

[000106] A quantidade de material termoplástico arranjado

inicialmente na extremidade distal do conector pode ser adaptada ao volume da segunda abertura de modo que esta última possa ser inteiramente preenchida. Desse modo, ao contrário do conector 3 esquematicamente mostrado na Figura 1a, a extremidade distal pode compreender o material termoplástico que é mais longo, isto é, se estende ainda mais na direção axial.

[000107] A configuração resultante é mostrada na Figura 1b. O núcleo 5 é colocado de maneira tal que atravessa pelo menos o plano de cisalhamento entre o primeiro objeto 1 e o segundo objeto. Na configuração das Figuras 1a e 1b, onde há uma camada de separação 8 entre o primeiro e o segundo objetos, isto implica que o núcleo atravessa o volume da camada de separação e atravessa ambos o plano definido pela superfície do primeiro objeto que fica voltada para o segundo objeto e o plano definido pela superfície do segundo objeto que fica voltada para o primeiro objeto.

[000108] A modalidade das Figuras 2a e 2b é distinta da modalidade das Figuras 1a e 1b, uma vez que o diâmetro da segunda abertura 12 é menor do que o diâmetro da primeira abertura 11. Além disso, especialmente a fim de lidar com isto, o conector 3 tem um ressalto distalmente confrontante 35. Esse ressalto tem o efeito adicional de realçar a solda entre o material termoplástico 4 do conector e uma possível camada de separação 8. Naturalmente, no entanto, também é possível prover a primeira e a segunda aberturas com os mesmos diâmetros.

[000109] A camada de separação 8 em todas as modalidades que provêm tal camada não precisa ter uma abertura passante. Ao invés disto, a camada de separação durante o processo pode ser localmente liquefeita e desse modo perfurada pelo conector durante o processo.

[000110] As Figuras 3a e 3b ilustram uma modalidade que é distinta da modalidade mostrada nas figuras precedentes pelas seguintes

características:

- O segundo objeto 2, na região onde deve ser conectado ao primeiro objeto, é plano, especialmente na forma de uma placa ou folha. A segunda abertura 12 é uma abertura passante. Um contraelemento 7 é provido durante o processo de acoplamento de vibrações no conector 2, por meio do que uma força contrária à força de compressão mecânica aplicada pelo sonotrodo (não mostrado na Figura 3a) é exercida no conector. O contraelemento 7 forma uma porção de molde 71 que forma uma cavidade quando uma porção da superfície de confinamento 72 é mantida de encontro à superfície distal do segundo objeto. A porção de molde tem um formato cuja réplica corresponde ao formato desejado da porção do pé 41 (Figura 3b).

- Não há nenhuma camada de separação entre o primeiro e o segundo objetos 1, 2. Ao invés disto, os objetos situam-se diretamente uns contra os outros.

- Na configuração mostrada, as superfícies voltadas para fora de ambas a porção da cabeça e a porção do pé são planas, e o sonotrodo não tem nenhuma protuberância guia.

- Os diâmetros da primeira e da segunda aberturas alinhadas são iguais.

[000111] Todas essas três características são independentes umas das outras e podem ser realizadas individualmente ou em qualquer combinação. Por exemplo, nas modalidades com segundas aberturas cegas, a camada de separação é opcional e pode ser deixada afastada, ao passo que é possível prover uma camada de separação do tipo mostrado nas figuras precedentes também nas modalidades com a segunda abertura como uma abertura passante. Além disso, deve ser possível adicionar elementos guias ou direcionadores à superfície do sonotrodo e/ou à porção de molde 71 na configuração

das Figuras 3a e 3b sem a camada de separação, etc.

[000112] Em todas as modalidades que compreendem um contraelemento 7, o contraelemento pode ser provido, em vez de um elemento passivo mantido de encontro aos objetos, como um sonotrodo adicional que também vibra durante o processo. Tal sonotrodo também pode ter uma porção de molde com um formato de uma réplica.

[000113] Em todas as modalidades da invenção, uma etapa adicional de aquecimento do material termoplástico localmente até uma temperatura acima da temperatura de transição vítreia, especialmente antes que as vibrações sejam aplicadas e/ou durante uma etapa inicial de aplicação das vibrações pode ser prevista. Esse aquecimento, de acordo com uma primeira opção, pode ser efetuado diretamente. Por exemplo, a extremidade distal do conector pode ser irradiada pela radiação laser de uma frequência que seja bem absorvida pelo material termoplástico 4 do conector.

[000114] De acordo com uma segunda opção, o aquecimento pode ser efetuado indiretamente através do aquecimento de um componente que entra em contato com o material termoplástico. Por exemplo, em uma configuração tal como aquela da Figura 3a, o segundo objeto ou ambos os objetos podem ser aquecidos localmente ao longo das aberturas ou completamente. Em adição a ou como uma alternativa, o contraelemento 7 pode ser aquecido localmente (ao longo da porção de molde) ou completamente. Neste caso, o aquecimento pode ser executado por qualquer método convencional, incluindo o aquecimento resistivo, a indução, a irradiação, etc.

[000115] As Figuras 4a e 4b mostram ainda uma outra modalidade com a segunda abertura 12 como uma abertura passante. O conector 3 é formado similarmente ao conector mostrado nas Figuras 2a e 2b. Por conseguinte, o sonotrodo 6 tem uma protuberância guia 31.

[000116] Entre o primeiro e o segundo objetos, é arranjada uma camada de separação 8, outra vez, por exemplo, de um material termoplástico.

[000117] A porção de molde 71 tem um elemento de direcionamento de energia e/ou de direcionamento de fluxo na forma de uma protuberância em formato de ponta central 75. Tal elemento pode ter a função de ajudar no início do processo de liquefação (função de direcionamento de energia). Especialmente, o elemento não tem o formato de ponta, mas o formato de nervura, por exemplo, e pode adicionalmente direcionar o fluxo do material liquefeito durante o processo.

[000118] A modalidade das Figuras 5a e 5b difere especialmente no desenho do núcleo 5 que neste caso pode ser especialmente de um metal dúctil, tal como o aço.

- Em primeiro lugar, o núcleo 5 tem um alargamento proximal (ou elemento da cabeça 51) que confere estabilidade adicional contra as forças em direções axiais. Uma seção transversal do alargamento proximal pode, pelo menos em algumas direções radiais, ser maior do que a seção transversal da primeira abertura de modo que em uma projeção ao longo do eixo geométrico o núcleo se sobreponha pelo menos com o primeiro objeto.

- Em segundo lugar, o núcleo é provido com uma pluralidade de línguas distais 53. No estado inicial (Figura 5a) as línguas podem ser orientadas axialmente ou se projetar ligeiramente radialmente para fora tal como mostrado na Figura 5a. Essas línguas são suficientemente dúcteis de modo que sob o efeito da força de compressão aplicada entre o sonotrodo (não mostrado na Figura 5a) e o contraelemento 7 elas são deformadas para se projetar mais para fora após o processo, tal como ilustrado na Figura 5b. Neste caso, a deformação do núcleo é similar à deformação de um rebite tubular

convencional em que a extremidade sem a cabeça (a "contracauda") é deformada para se expandir. Ao contrário dos rebites convencionais, no entanto, as porções deformadas para fora do núcleo 5 (controlado pelo formato do contraelemento) não são pressionadas de encontro à superfície do segundo objeto 2, mas permanecem a alguma distância da mesma de modo que o material termoplástico protege o núcleo 5 do segundo objeto.

[000119] Como uma alternativa a uma pluralidade de línguas 53, o núcleo também pode compreender uma extremidade distal em forma de tubo similar a um rebite tubular, em cujo caso a força de deformação é um tanto maior.

[000120] Na Figura 5b, as línguas são ilustradas como cobertas pelo material termoplástico em todos os lados após o processo. No entanto, isso não é necessário. Ao invés disto, no lado de fora, o núcleo pode ser exposto.

[000121] Cada uma dentre a característica da cabeça e a abordagem de deformação da extremidade distal pode ser realizada individualmente ou em combinação.

[000122] Na modalidade das Figuras 6a e 6b, o sonotrodo 6 é formado para passar através das aberturas de modo que a face de contato entre o sonotrodo 6 e o material termoplástico fique na face distal. Portanto, nesta modalidade as vibrações mecânicas são transmitidas ao lado distal não pelo conector tal como nas modalidades precedentes, mas pelo próprio sonotrodo. A força que causa a pressão mecânica é acoplada no sonotrodo como força de tensão, e não como força de empuxo, e a face de contato do sonotrodo é orientada proximalmente ("para trás"). O contraelemento 7, por outro lado, é mantido de encontro ao conector do lado proximal (o lado do que o sítio é acessado).

[000123] Nesta modalidade, o material termoplástico 4 pode ser

levado a se liquefazer na interface entre a face de contato do sonotrodo e o material termoplástico.

[000124] Na modalidade das Figuras 6a e 6b, o sonotrodo tem uma função dupla. Em primeiro lugar, ele serve para aplicar as vibrações mecânicas ao material termoplástico do conector. Em segundo lugar, ele serve como núcleo 5. O pé do sonotrodo que compreende a face de acoplamento voltada para fora também serve como elemento do pé 55 do conector após o processo.

[000125] Para ser acoplado à fonte de vibração (não mostrada), o sonotrodo pode compreender um elemento de acoplamento 66 que, opcionalmente depois do processo de liquefação, pode ser removido. Alternativamente, tal elemento de acoplamento pode permanecer ou ser deformado e se transformar em parte do conector.

[000126] Na Figura 6b, é mostrado ainda um grampo de cabeça 80 opcional que pode ser fixado, por exemplo, por uma conexão mecânica ou solda ou por uma ligação adesiva ao eixo 52 do núcleo 5.

[000127] A Figura 7 ainda ilustra muito esquematicamente a possibilidade que inicialmente o núcleo e o material termoplástico não precisam ser uma só peça. Ao invés disto, o material termoplástico pode ser provido como uma peça termoplástica separada. Além de ou como uma alternativa, opcionalmente, o material termoplástico pode ser provido como uma pluralidade de porções inicialmente separadas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4. Essas porções podem ser soldadas uma às outras no processo. A título de exemplo, a linha tracejada 21 ilustra uma região na qual uma solda deve resultar.

[000128] Embora esta possibilidade de partes ou porções de material termoplástico separadas na Figura 7 seja ilustrada para uma configuração "inversa", esta possibilidade existe de modo general, e também para outras configurações.

[000129] Na modalidade das Figuras 8a e 8b, similarmente à

modalidade das Figuras 5a e 5b, a extremidade distal do núcleo 5 é deformável e compreende, por exemplo, uma pluralidade de línguas 53. Similarmente, também a extremidade proximal do núcleo é deformável e tem uma pluralidade de línguas 53.

[000130] Entre o eixo 52 e as línguas 5, pode haver uma constrição 59 que serve como ponto de deformação predeterminado. Na modalidade mostrada, o corpo 5 também tem uma estrutura áspera 58 para uma conexão mais íntima ao material termoplástico depois que este último tiver fluido.

[000131] As línguas 53 podem ser inicialmente orientadas paralelas ao eixo geométrico pelo menos aproximadamente de modo que o corpo encaixe através da primeira e da segunda aberturas.

[000132] O material termoplástico 4 é provido como uma luva termoplástico. O corpo 5 do conector pode ser inicialmente separado de sua luva termoplástica, ou a luva pode ser unida ao corpo.

[000133] Para o processo da ligação, um primeiro sonotrodo 6.1 e um segundo sonotrodo 6.2 são usados. De acordo com uma primeira variante, os sonotrodos são pressionados inicialmente uns contra os outros, desse modo dobrando as línguas para fora, tal como ilustrado na Figura 8a, sem nenhuma vibração sendo aplicada. A seguir, durante os estágios finais da dobra e/ou depois disso, as vibrações são iniciadas. As vibrações neste caso são aplicadas ao material termoplástico pelo menos parcialmente através do corpo, isto é, através dos braços.

[000134] De acordo com uma segunda variante, as vibrações já podem ser ajustadas inicialmente. Então, a vibração irá causar algum aquecimento do material do corpo que servirá para pré-aquecer localmente o material termoplástico 4 onde ele deve ser liquefeito, de acordo com o conceito opcional descrito acima.

[000135] A Figura 8b ilustra a configuração após o processo.

[000136] No que se refere às Figuras 8a e 8b, o conceito de usar um sonotrodo (por exemplo, em contato direto com o corpo) para deformar o corpo, com ou sem pré-aquecimento por vibrações, foi descrito com referência a uma modalidade da categoria que compreende dois sonotrodos que aplicam as vibrações em ambos os lados, este não deve ser o caso. Ao invés disto, o conceito também pode ser usado ao usar um sonotrodo somente, em combinação com um contraelemento no outro lado. Neste caso, o contraelemento pode meramente ser mantido de encontro ao conector, ou pode ele mesmo usado para变形ar localmente o corpo.

[000137] A modalidade das Figuras 8a e 8b também é um exemplo de uma modalidade na qual o conector em seu estado final tem uma abertura passante axial. Este pode ser o caso para as razões que residem no processo (por exemplo, uma deformação mais fácil) e/ou pode ser desejado porque a abertura axial tem uma determinada função, tal como permitir uma troca de ar e umidade ou similar e/ou minimizar o peso.

[000138] Em seguida, é discutida resumidamente, a possibilidade de prover as aberturas e o conector em um formato não rotacionalmente simétrico. Por isto, a conexão é prevenida ainda mais contra os movimentos de rotação.

[000139] A Figura 9 ilustra uma seção transversal (na região do eixo) de um formato achulado do conector, ao passo que o conector da Figura 10 tem um formato de estrela (por exemplo, similar a um perfil de "torx").

[000140] A Figura 11 ilustra um arranjo em que a primeira abertura 11 é geralmente cilíndrica mas tem lobos projetados radialmente para fora 110. A porção do eixo mecânico do conector e a segunda abertura terão aproximadamente a mesma seção transversal. No entanto, também é possível prover somente a extremidade distal do conector

com uma seção transversal correspondente e sujeitar o conector a um movimento de torção - por exemplo, de 90° na configuração da Figura 11 - para uma prevenção adicional contra as forças axiais.

[000141] A Figura 12 mostra outros formatos das aberturas 11, ou seja, um formato achatado com cantos arredondados, um formato de quatro lobos e um formato geralmente circular mas ondulado (que pode ser visto como formato de múltiplos lobos), respectivamente.

[000142] Tal como ilustrado com respeito à Figura 13 (para o exemplo de um formato geralmente circular mas ondulado), as dimensões relativas de um núcleo duro 5 e do material termoplástico 4 que cobre a periferia do núcleo têm uma influência na estabilidade de rotação. Em algumas modalidades, a dimensão característica (espessura d) do material termoplástico pode ser escolhida para satisfazer $0,5 < d/D < 0,1$, especialmente $0,1 < d/D < 0,3$, em que D é uma dimensão radial característica do núcleo, aqui o raio da sua seção transversal. Embora a Figura 13 ilustre esta característica para um formato em seção transversal particular do conector, este ensinamento pode se aplicar a outros formatos igualmente bons.

[000143] Em um grupo de modalidades, as dimensões podem, além de ou como uma alternativa, ser escolhidas de modo que protuberâncias radiais externas do núcleo 5 se sobreponham em suas posições radiais com as protuberâncias internas da abertura, de modo que o núcleo 5 não possa então girar livremente se não houver hipoteticamente nenhum material termoplástico. Nas configurações tais como essa da Figura 13, isto implica que uma amplitude das ondulações (ou geralmente de uma extensão radial característica de elementos projetados do núcleo) é maior do que a espessura d do material termoplástico. Isto provê uma prevenção máxima contra graus de liberdade de rotação.

[000144] Nas modalidades previamente descritas (com exceção de

uma variante da Figura 8a), a porção da cabeça do conector foi supostamente como estando presente inicialmente, isto é, antes da etapa de fazer com que o material termoplástico se liquefizesse. No entanto, também é possível deformar ambas a extremidade distal e a extremidade proximal pela vibração mecânica, na porção do pé e na porção da cabeça, respectivamente.

[000145] De modo geral, se as vibrações mecânicas causarem a liquefação na interface entre o sonotrodo e o material termoplástico ou se as vibrações mecânicas forem acopladas no conector e transmitidas a uma outra interface do conector, irá depender, entre outros fatores, da pressão na interface do sonotrodo/ material termoplástico e da frequência da vibração. De modo geral, com altas pressões e frequências de vibrações mais baixas, as vibrações terão uma tendência a ser transmitidas ao conector e à extremidade distante, ao passo que a frequências mais elevadas e a pressões mais baixas a liquefação terá uma tendência de ser iniciada na interface do sonotrodo/material termoplástico.

[000146] Para formar ambas a porção do pé e a porção da cabeça no processo, de acordo com uma opção, um perfil da pressão visado pode ser usado. Um exemplo é ilustrado muito esquematicamente na Figura 14 que mostra a pressão p como uma função do tempo decorrido. Em uma primeira fase, a pressão é relativamente alta de modo que nenhuma liquefação ocorre na interface com o sonotrodo, mas a liquefação irá ocorrer predominantemente começando na extremidade remota (distal nas configurações "para diante" tal como nas Figuras 1 a 5). Após a formação da porção do pé, a pressão pode ser reduzida a um segundo valor, de modo que em uma segunda fase o material termoplástico é liquefeito na interface com o sonotrodo, e uma cabeça é formada.

[000147] Além de ou como uma alternativa, também a frequência

poderia em princípio ser ajustada durante o processo, por exemplo, de uma frequência mais baixa durante a primeira fase a uma frequência mais elevada durante a segunda fase. Para fazer isso, por exemplo, o sonotrodo pode ser excitado para vibrar a um harmônico, ou a Eigen frequência (frequência de ressonância) do sonotrodo pode apropriadamente ser influenciada, por exemplo, ao impedir ou influenciar as vibrações do sonotrodo em um local predeterminado ao longo de seu comprimento. Alternativamente, o sonotrodo pode ser trocado entre a primeira e a segunda fases.

[000148] Como ainda uma outra alternativa, especialmente se todo o material termoplástico do conector puder se liquefazer durante o processo, em vez de aplicar um perfil particular o operador pode aplicar parâmetros do processo que causam um início de liquefação na extremidade remota e apenas esperar até que a liquefação progrida até a extremidade próxima.

[000149] Tal como discutido previamente, os parâmetros do processo podem ser escolhidos de modo que o material termoplástico entre em contato íntimo com as paredes circunferenciais das aberturas no primeiro e no segundo objetos e desse vede modo as aberturas. Isto é ilustrado na Figura 15. O material termoplástico 4 penetra nas irregularidades ou nas aberturas entre o primeiro e o segundo objetos 1, 2 tal como ilustrado nas regiões dos círculos tracejados 21 na Figura 15.

[000150] Na modalidade da Figura 15, o corpo 5 do material não termoplástico, por exemplo, metálico, é suposto como tendo a forma de uma bainha relativamente fina que é coberta pelo material termoplástico também em seu interior. As extremidades distal e proximal do núcleo (a extremidade distal pode ser fendida em uma pluralidade de línguas para ser mais facilmente deformável) são dobradas para fora para obter uma estabilidade mecânica adicional da

conexão.

[000151] Nas modalidades descritas anteriormente, o núcleo foi suposto como sendo de um material que era claramente distinto do material termoplástico, por exemplo, de um metal, com uma interface claramente definida entre o núcleo e o material termoplástico. O núcleo nestas modalidades define a zona não fluível ou pelo menos faz parte da mesma. Nas Figuras 16a e 16b, é mostrada uma modalidade que não tem tal núcleo. O conector 3 é de um material reforçado com fibras, neste caso com fibras contínuas orientadas aproximadamente ao longo da direção axial. Em torno da periferia que deve entrar em contato com as paredes circunferenciais das aberturas no primeiro e no segundo objetos, o conector compreende os direcionadores de energia 46. Os direcionadores de energia são conhecidos do campo da soldagem ultrassônica. Eles podem ter o formato de cumes ou calombos, ou algo similar. Especialmente, e ao contrário da ilustração, os direcionadores de energia podem ser nervuras que se estendem axialmente.

[000152] Os direcionadores de energia - ou outras medidas - também podem causar a liquefação do material termoplástico (além da extremidade distal em contato com o contraelemento 7) em torno da periferia, ao passo que uma região central (com respeito às direções radiais) permanece sólida. A Figura 16b ilustra a divisão em uma zona fluível 47 distal e circunferencialmente e uma zona não fluível 48 proximal e centralmente, separadas pela linha tracejada grossa. Essa provisão de uma zona não fluível 48 em tal configuração pode ser especialmente vantajosa para conservar a orientação das fibras no conector.

[000153] Na configuração das Figuras 17a e 17b, ao contrário das modalidades previamente descritas, o conector tem uma porção do pé pré-formada 41 e é inserido, na primeira e segunda aberturas

alinhas, pelo lado distal. Na modalidade descrita, a porção do pé inclui um alargamento distal 57 (flange) do núcleo 5.

[000154] A porção da cabeça do sonotrodo 6 é usada então para formar a porção da cabeça 31. Ela é pressionada de encontro ao material termoplástico 4 da extremidade proximal do conector, ao passo que algum contraelemento apropriado 7 é usado para exercer uma força contrária. Os parâmetros operacionais da fonte de vibração e da pressão por meio da qual o sonotrodo 6 é pressionado de encontro ao conector são escolhidos de modo que uma energia mecânica substancial seja absorvida na interface entre o sonotrodo e o conector de modo que a liquefação seja iniciada nessa interface. O formato da face de acoplamento distal do sonotrodo é escolhido então para formar a cabeça por ser, pelo menos em parte, uma réplica negativa do formato da cabeça.

[000155] As Figuras 18a a 18c mostram ainda uma outra modalidade. Nesta modalidade, o corpo 5 do material não termoplástico não é um núcleo incrustado no material termoplástico. Por outro lado, o corpo 5 é um elemento de bainha com uma abertura axialmente orientada aberta para o lado proximal e com um alargamento proximal 51 (flange) que constitui, no final do processo, um elemento da cabeça do corpo. O elemento da bainha tem uma pluralidade de aberturas de saída 151. Para a extremidade distal, o corpo 5 também comprehende uma pluralidade de braços 152 em de uma peça com o restante do corpo e conectados ao mesmo pelos pontos fracos predeterminados 153. Distalmente, os braços 152 são conectados por uma folha elástica 154 que é curvada para o interior do corpo canulado.

[000156] Um elemento espaçador 160 é formado para ser inserível pelo lado proximal na abertura axial do corpo. Quando tal elemento espaçador 160 é pressionado, por uma ferramenta apropriada 161,

distalmente de encontro à curva formada pela folha elástica 154, o mesmo será pressionado achatado e os braços 152 serão dobrados desse modo para fora (Figura 18b). O elemento espaçador 160 tem um diâmetro adaptado ao diâmetro interno da abertura axial de modo que o mesmo é fechado para o lado distal pelo elemento espaçador quando o mesmo é movido até ficar na posição mostrada na Figura 18, onde encontra, por exemplo, um retém distal (por exemplo, um ressalto pequeno, não mostrado na Figura 18b). Nessa posição, porções pelo menos radialmente para fora da face proximalmente confrontante do elemento espaçador 160 ficam distalmente das aberturas de saída 151. O elemento espaçador também tem uma ponta ou um cume proximalmente confrontante 161.

[000157] Neste caso, o material termoplástico 4 é provido, por exemplo, como um elemento com formato de pino inserível proximalmente na abertura axial. Sob a influência das vibrações mecânicas e da pressão, o material termoplástico irá se liquefazer na interface com o elemento espaçador 160 e será extraído das aberturas de saída 151.

[000158] Para o processo, o corpo 5 é introduzido na primeira e na segunda aberturas alinhadas dos objetos 1, 2 enquanto os braços 152 estiverem em seu estado não espaçado inicial. O elemento espaçador é introduzido então para espaçar os braços 152 tal como descrito, e em seguida o elemento termoplástico é introduzido e um sonotrodo que tem, por exemplo, uma extremidade distal que pode ser inserida na abertura, é usado para acoplar as vibrações no elemento termoplástico 4 quando o mesmo for pressionado para o lado distal de modo a liquefazer o material termoplástico e pressionar o mesmo para fora das aberturas de saída. A configuração resultante é mostrada na Figura 18c: Uma porção do pé 41 preenche a abertura entre os braços 152 e a superfície do segundo objeto que fica voltada para a direção

oposta ao primeiro objeto.

[000159] Na configuração de Figura 18c, o conector, além do corpo 5 e do elemento termoplástico 4, também compreendem um elemento de luva 170 de um material eletricamente isolante que protege as porções do corpo que estariam então em contato com o primeiro objeto, ou seja, a superfície circunferencial da porção do eixo mecânico e a superfície distal do alargamento proximal 51. O material eletricamente isolante do elemento de luva também pode, por exemplo, ser um material termoplástico, que pode ser soldado ao material termoplástico do elemento termoplástico e/ou ao material termoplástico da camada de separação 8 (se estiver presente). Alternativamente, ele pode ser de um outro material apropriado.

[000160] Em ainda uma outra modalidade, o corpo pode ser feito de um mesmo material que o primeiro objeto 1. Então, o contato direto entre o corpo 5 e o primeiro objeto 1 é possível, e o elemento de luva pode ser omitido (o corpo 5 e a primeira abertura serão dimensionados de maneira correspondente).

[000161] Em ainda outras variantes da modalidade da Figura 18c, também é importante que porções de superfície do segundo objeto possam ser protegidas do corpo 5 pelo elemento de luva 70, ou que porções do primeiro objeto possam ser protegidas do corpo 5 pelo material termoplástico liquefeito e resolidificado do elemento termoplástico 4. Em outras palavras, não é crucial que o elemento de luva alcance a interface entre o primeiro e o segundo objetos.

[000162] Figura 19 também mostra uma variante da modalidade da Figura 18c em que o segundo objeto 2 não é achata e parecido com uma folha, mas uma barra oca. A segunda abertura 12 nesta configuração, no entanto, é uma abertura passante, porque a porção do segundo objeto 2 ao qual o primeiro objeto deve ser conectado é achata.

[000163] A abordagem apresentada com respeito a Figuras 18a a 18c e 19, no entanto, também deve ser aplicar aos segundos objetos para os quais a segunda abertura não é uma abertura passante, mas uma abertura cega.

[000164] A modalidade das Figuras 20a e 20b difere das modalidades das Figuras 3a a 4b pelas seguintes características:

- O núcleo metálico 5 tem em sua superfície externa, especialmente em sua superfície lateral (com respeito ao eixo proximal-distal), uma pluralidade de elementos de travamento 81 na forma de recortes. Além dos recortes ou como uma alternativa ao mesmos, a superfície também pode compreender outros elementos apropriados de causar um travamento de forma entre o núcleo e o material termoplástico em torno do mesmo, por exemplo, protuberâncias, uma porosidade aberta, ou algo similar. Esses elementos de travamento de forma 81 podem inicialmente ser inicialmente incrustados no material termoplástico 4 (no exemplo mostrado pelos recortes que são preenchidos com o material termoplástico) ou podem ser preenchidos somente durante o processo pelo material termoplástico temporariamente liquefeito. Os elementos de travamento de forma estabilizam o núcleo 5 dentro do material termoplástico e mantêm o mesmo no lugar. Nas modalidades, os recortes ou os cumes seguem em direções circunferenciais de modo a ajudar a estabilização com respeito às forças axiais. Isso pode ser especialmente vantajoso se, após o processo, o núcleo for acessível pelo lado proximal ou distal para prender algum outro item no mesmo.

- O núcleo metálico tem um recorte guia distal 82. O recorte guia é um exemplo de um elemento guia e trabalha para definir, junto com a protuberância guia central 75 da porção de molde 71 no contraelemento 7, a posição da inserção durante o processo quando o material termoplástico em torno do mesmo é pelo menos parcialmente

líquido. Deve ser observado que isso funciona em ambas as situações em que a protuberância guia da porção de molde do contraelemento (ou, em outras modalidades, do sonotrodo), coopera diretamente com o elemento guia, e na situação em que não há nenhum contato direto entre o recorte guia e a protuberância guia.

- O material termoplástico 4 na face distal da extremidade tem um elemento direcionador de liquefação 87, ou seja, um recorte que coopera com a protuberância guia 75 para definir inicialmente a posição relativa e para ajudar durante o processo na orientação do fluxo de material.

- O material termoplástico 4 tem um elemento de degrau proximalmente confrontante 85 que serve inicialmente como interface para a face de acoplamento do sonotrodo 6 em uma extremidade distal do mesmo. O material liquefeito nessa interface irá fluir para uma abertura remanescente da abertura guia 33 entre a face de extremidade distal do sonotrodo e a face de extremidade proximal do núcleo 5 de modo que depois do processo o núcleo fica completamente incrustado no material termoplástico. Alternativamente, dependendo do processo de manufatura do conector 3, o núcleo metálico pode ser incrustado no material termoplástico já no início do processo. Então, opcionalmente, o espaço entre a protuberância guia do sonotrodo e o núcleo 5 pode ser preenchido a partir do início do processo. Como ainda uma outra alternativa, uma configuração tal como na Figura 4a e na Figura 4b pode ser escolhida, na qual a extremidade proximal do núcleo 5 continua acessível após o processo, por exemplo, para formar um elemento de porca/rosca.

- A extensão axial (comprimento) do núcleo 5 corresponde aproximadamente à espessura cumulada do primeiro e do segundo objetos e, no final do processo, a extremidade proximal é aproximadamente alinhada com a superfície superior do primeiro

objeto, e a extremidade distal é aproximadamente alinhada com a superfície inferior do segundo objeto. De modo mais geral, os parâmetros do processo, na maioria das modalidades, são escolhidos de maneira tal que o núcleo metálico atravessa o plano de cisalhamento entre o primeiro e o segundo objetos, independente de sua extensão axial.

[000165] Todas essas características podem ser implementadas independentes umas das outras, e em combinação com características das modalidades descritas anteriormente. Especialmente, elas também são apropriadas para conectores com seções transversais não redondas, ou para conectores com configurações tal como indicado em referência às Figuras 1 a 10, ou 17a/17b.

[000166] A modalidade da Figura 21 é distinta das modalidades previamente descritas, por exemplo das figuras 3a/3b ou da Figura 20, uma vez que a face de extremidade proximal do primeiro objeto 1 tem um primeiro recorte 91, e a face de extremidade distal do segundo objeto 2 tem um segundo recorte 92. A cabeça 31 do conector é adaptada em seu formato ao primeiro recorte 91. O contraelemento 7, em vez de ter uma porção de molde, é essencialmente liso (possivelmente com uma protuberância direcionadora de energia (não mostrada na figura)), de modo que a porção do pé formada no processo preenche a segunda protuberância. A modalidade da Figura 21 é desse modo um exemplo em que o conector no final do processo tem as porções da cabeça e do pé que são niveladas com as superfícies externas.

[000167] A Figura 22 também mostra uma modalidade em que o conector tem uma primeira porção de material termoplástico 4.11 (de um primeiro material termoplástico) e uma segunda porção de material termoplástico 4.12 de um segundo material termoplástico diferente. O primeiro e o segundo materiais termoplásticos podem ter propriedades

de liquefação diferentes e/ou propriedades mecânicas diferentes. Por exemplo, o segundo material termoplástico pode ter uma temperatura de transição vítreia substancialmente abaixo da temperatura de transição vítreia do primeiro material termoplástico.

[000168] Além disso, a cabeça do conector forma o flange distalmente confrontante circunferencial 93 com uma borda distal direcionadora de energia.

[000169] Na modalidade da Figura 22, a peça termoplástica, isto é, a peça que compreende o primeiro e o segundo materiais termoplásticos, é parafusada (e/ou fixada de alguma outra maneira, por exemplo, de uma maneira parecida com um encaixe positivo, pelo menos após a liquefação e a ressolidificação do primeiro material termoplástico, vide os elementos de travamento 81 ilustrados) no corpo que não pode ser liquefeito 5, em que o corpo que não pode ser liquefeito é metálico e forma o pé 57.

[000170] Quando o sonotrodo 6 é pressionado de encontro ao conector com o conector colocado em relação ao primeiro e ao segundo objetos, tal como mostrado na Figura 22, a liquefação começa primeiramente dentro na interface entre o flange 93 e o primeiro objeto 1 e, dependendo de uma extensão do primeiro material termoplástico na região do eixo, possivelmente também na extremidade distal da peça termoplástica. O material liquefeito no flange 93 também pode, dependendo da composição e da estrutura do primeiro material do objeto, penetrar nas estruturas na superfície do primeiro objeto e desse modo formar, após a ressolidificação, uma conexão de encaixe positivo adicional, por exemplo, do tipo descrito no documento de patente WO 00/79137.

[000171] Algum tempo após o início do processo, devido ao movimento para diante da peça termoplástica, a segunda porção de material termoplástico 4.12 entra em contato com a superfície do

objeto. Por causa de sua temperatura de transição vítreia reduzida, depois disso a segunda porção de material termoplástico 4.12 irá predominantemente se liquefazer e, devido à pressão hidrostática gerada pelo conector que está sendo pressionado de encontro aos objetos e ao contraelemento 7, fluir para todas as cavidades remanescentes. Por causa do flange 93, no entanto, o segundo material termoplástico 4.12 será impedido de fluir lateralmente mais do que o flange 93. Devido ao fato que ele irá preencher desse modo qualquer abertura remanescente entre o conector e os objetos, ambos ao longo das paredes circunferenciais do furo e proximal e/ou distalmente dos objetos, irá prover uma vedação eficiente.

[000172] Por esta abordagem, fica possível obter uma vedação eficaz. De modo mais geral, devido ao fato que para o segundo material termoplástico 4.12 um material que não precisa ter as propriedades mecânicas requeridas para o primeiro material termoplástico pode ser escolhido, as suas propriedades materiais podem ser otimizadas para qualquer outra finalidade, dependendo da aplicação. Nos exemplos, o segundo material termoplástico pode, por exemplo, ser escolhido de modo a ter uma temperatura de transição vítreia bem abaixo do ponto de congelamento, de modo que mantenha as propriedades elásticas até mesmo a baixas temperaturas. Além de ou como uma alternativa, o segundo material termoplástico pode ser escolhido para ser visco elástico.

[000173] A modalidade da Figura 23, tal como aquela da Figura 22, tem primeira e segunda porções de material termoplástico 4.11, 41.2. Ao contrário da modalidade da Figura 22, o conector não tem um pé metálico pré-formado, mas é similar aos conectores das Figuras 1 a 4 e 20, por exemplo, adicionalmente com o flange 93 e a segundo porção de material termoplástico 4.12 para um efeito de vedação adicional.

[000174] A modalidade da Figura 24 é um exemplo de um método para prender um conector com um núcleo metálico 5 do tipo descrito anteriormente (por exemplo, com referência às Figuras 1 a 4, 20, 21 a um primeiro objeto 1, em que o primeiro objeto tem uma abertura passante 11, mas sem um segundo objeto que é preso ao mesmo pelo conector. Mais concretamente, a Figura 24 ilustra a fixação de um conector a uma camada de folha dupla, em que cada folha neste caso é ilustrada como dotada de uma estrutura de sanduíche. A primeira folha neste caso é o primeiro objeto 1, e a segunda folha serve como contraelemento 7. Entre as folhas, isto é, entre o primeiro objeto 1 e o contraelemento 7, uma camada de um material mais mole e/ou que pode ser liquefeito também pode ser opcionalmente arranjada (não mostrado). Na Figura 24, o conector 3 mostrado à esquerda é ilustrado (sem o sonotrodo) no início do processo, ao passo que o conector 3 à direita é mostrado após o processo. As setas do bloco ilustram que o processo age para comprimir as folhas 1, 7 uma afastada da outra.

[000175] A Figura 25 mostra um exemplo de um conector com um eixo mecânico do conector e as porções do pé 3.1, 3.2. Na modalidade descrita, o conector não tem um núcleo metálico (ou então que não pode ser liquefeito), mas o conceito de um conector de múltiplos pés ilustrado na Figura 25 também pode ser implementado com o eixo mecânico e porções do pé com um ou mais corpos que não podem ser liquefeitos. O processo de formação dos pés para o conector múltiplo pode ser executado de qualquer maneira descrita anteriormente, inclusive fazer com que a energia de vibração mecânica colida no lado proximal enquanto é provido um contraelemento com uma porção de molde no lado distal (ou alternativamente similar à Figura 21 provendo um contraelemento plano junto com um recorte no objeto 1), ou fazendo com que a energia de vibração colida no lado distal.

[000176] Além disso, embora a Figura 25 ilustre o conector ancorado

em um único primeiro objeto 1, um conector de múltiplos pés pode ser usado igualmente bem para fixar um primeiro objeto a um segundo objeto tal como descrito em referência à maioria das modalidades acima.

[000177] O mesmo é verdadeiro para a modalidade descrita em referência às Figuras 26a e 26b. Nesta modalidade, o corpo que não pode ser liquefeito 5 também é configurado para servir como sonotrodo durante o processo. Para esta finalidade, o corpo que não pode ser liquefeito tem uma rosca interna 114 e pode ser parafusado a uma rosca externa 111 de uma haste de vibração 110 que é conectada a uma fonte de vibração (não mostrada). Além disso, o corpo que não pode ser liquefeito tem uma porção de superfície de rampa proximalmente confrontante 112 que forma uma interface com uma porção de acoplamento distalmente confrontante correspondente do material termoplástico 4. Para o processo, o corpo que não pode ser liquefeito 5 é puxado pela haste de vibração 110, ao passo que um contraelemento (dispositivo de contenção 112) é usado para manter o material termoplástico 4 no lugar de modo que o material termoplástico fique comprimido entre o corpo que não pode ser liquefeito e o contraelemento. Em consequência disto, o material termoplástico é liquefeito começando na interface com a porção de superfície de rampa 112 e flui lateralmente para ancorar o dispositivo. O corpo que não pode ser liquefeito pode ser provido com estruturas axiais circunferenciais externas e/ou de travamento adicionais (não mostradas) para obter um travamento da forma mais forte para o material termoplástico.

[000178] A Figura 26b mostra o dispositivo ancorado. A rosca interna pode servir para conectar uma outra parte ao primeiro objeto 1.

[000179] A modalidade das Figuras 27a e 27b é similar àquela das Figuras 26a e 26b, com a diferença que o corpo que não pode ser

liquefeito tem uma rosca externa 115 que coopera com uma rosca interna correspondente da haste de vibração. Esta modalidade pode ser feita mais compacta em comparação àquela das Figuras 26a e 26b porque o corpo que não pode ser liquefeito, como um todo, pode ter o formato de um pino em vez de ser do tipo de uma porca.

[000180] Na modalidade da Figura 28, a segunda porção de material termoplástico 4.12 é, por exemplo, um elastômero, é arranjada centralmente com respeito às direções radiais, e incrusta um cabo elétrico 121. Nesta modalidade, o conector serve para conectar o primeiro objeto ao cabo e para vedar o cabo através do primeiro objeto 1.

[000181] A modalidade da Figura 29 é um exemplo de uma modalidade na qual o corpo 5 do material não pode ser liquefeito não forma não somente um núcleo, mas tem um elemento da cabeça 51. Além disso, na modalidade da Figura 29, o corpo 5 e o material termoplástico 4 são inicialmente separados. O corpo também tem um furo central 136 e uma pluralidade de canais axiais lateralmente localizados 133 para as protuberâncias axiais correspondentes 131, 132 da porção de material termoplástico 4 para alcançar as mesmas. Os canais 133 se abrem para fora nas aberturas laterais (de saída) através das quais o material termoplástico liquefeito pode fluir para fora tal como indicado pelas setas 135 quando a peça de material termoplástico for pressionada de encontro ao núcleo quando as vibrações mecânicas agirem na mesma. As porções de material termoplástico fluidas preenchem as aberturas entre o corpo 5 e as paredes laterais do primeiro objeto 1 e também fluem para os lados sob a superfície inferior do primeiro objeto 1 para formar uma porção do pé na maneira descrita. Além disso, a parede lateral do furo central 136 pode ser provida com uma estrutura, tal como uma rosca interna, pelo menos um cume que segue circunferencialmente, um arranjo de

dentes, porosidade, etc., para a qual o material termoplástico da peça termoplástica pode fluir para travar adicionalmente o material termoplástico ao corpo que não pode ser liquefeito 5.

[000182] Tal como em todas as outras modalidades, o corpo que não pode ser liquefeito pode ser metálico, tal como de aço ou de um material à base de alumínio, ou de cerâmica, de um plástico duro (reforçado ou não reforçado), ou até mesmo de madeira, etc.

[000183] A modalidade da Figura 29 também pode, tal como todas as outras modalidades ilustradas com um objeto 1 ao qual o conector é unido, ser usada para prender um primeiro e um segundo objeto um ao outro.

[000184] A modalidade das Figuras 30a e 30b, finalmente, mostra uma modalidade com um corpo que não pode ser liquefeito 5 que serve como um núcleo, em que o corpo 5 é similar àquele descrito em referência à Figura 20. Ao contrário das modalidades previamente descritas, no entanto, não somente um sonotrodo, mas dois sonotrodos 6.1, 6.2 são usados para fazer com que o material termoplástico flua para os lados. Mais concretamente, a configuração compreende um primeiro sonotrodo 6.1 arranjado em um lado distal do conector para causar a formação de uma porção da cabeça 31, e um segundo sonotrodo 6.2 para fazer com que uma porção 41 do pé seja formada (Figura 30b). Para esta finalidade, os sonotrodos são providos com elementos de molde apropriados em suas respectivas superfícies de extremidade de acoplamento.

[000185] Tal como descrito em referência à Figura 20, o corpo que não pode ser liquefeito 5 confere não somente estabilidade com respeito às forças que agem na conexão entre o primeiro e o segundo objetos 1, 2, mas também por seu formato e orientação, guia o fluxo do material liquefeito e estabiliza o arranjo durante o processo de formação da cabeça e do pé.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de ligação de um conector (3) a um primeiro objeto (1) e a um segundo objeto (2), compreendendo:

- prover o primeiro objeto (1) com uma primeira abertura (11), em que a primeira abertura é uma abertura passante;

- prover o conector (3), em que o conector é separado do primeiro objeto, e o conector compreende um material termoplástico;

- prover o segundo objeto (2) com uma segunda abertura (12), sendo o segundo objeto sendo separado do conector, em que a segunda abertura é uma abertura passante;

- arranjar o primeiro objeto, o segundo objeto e o conector um em relação ao outro de modo que as primeira e segunda aberturas (11, 12) estão alinhadas e o conector alcance de um lado proximal através da primeira abertura e distal na segunda abertura;

- usar uma fonte de vibrações mecânicas para gerar vibrações, e a aplicação de vibrações mecânicas e de pressão ao conector até que, sob o efeito das vibrações e da pressão, uma porção de fluxo do material termoplástico seja liquefeita e levada a fluir para os lados radialmente rumo a um espaço aberto; em que o espaço aberto é distal em relação ao segundo objeto e/ou compreende um alargamento (92) da segunda abertura, tal alargamento definindo um rebaixo; e

- remover a fonte de vibrações e fazer o material termoplástico liquefeito se ressolidificar;

- em que, após a etapa de remoção, o conector compreende uma porção do pé (41), uma porção da cabeça (31), e uma porção do eixo mecânico (32) entre a porção do pé e a porção da cabeça, em que a porção do eixo mecânico se estende ao longo de um eixo geométrico através da primeira abertura, e fixando, desse modo, o conector ao primeiro objeto;

- em que a porção de fluxo forma pelo menos uma parte da porção do pé ou da porção da cabeça ou de ambas a porção do pé e a porção da cabeça; e caracterizado pelo fato de que

- a etapa de aplicação das vibrações e de pressão compreende acoplar as vibrações através de uma face de acoplamento proximal do conector (3) e a transmissão das vibrações através do conector a uma face de extremidade distal do conector.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o conector (3), em um estado inicial, compreende a porção da cabeça (31), a porção da cabeça formando um ressalto distalmente confrontante que forma uma retenção quando o conector é inserido pelo lado proximal na primeira e segunda aberturas alinhadas, ou em que o método

compreende a etapa de formar a porção da cabeça (31) após a formação da porção do pé (41).

3. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o conector, na etapa de aplicação das vibrações mecânicas de pressão, compreende uma zona fluente (47) e uma zona não fluente (48, 5), em que a zona fluente consiste no material termoplástico e liquefeito, ao passo que a zona não fluentenão é liquefeita.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a zona não fluentecompreende o corpo (5) de um material diferente do material termoplástico.

5. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o corpo (5) é metálico ou de um material de plástico reforçado com fibras, ou de cerâmica e

constitui um núcleo revestido pelo material termoplástico.

6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o núcleo (5) tem uma porção do eixo mecânico e um

alargamento (51) proximal perto da porção do eixo mecânico, em que o alargamento proximal estende-se, pelo menos em algumas direções radiais, além da primeira abertura (11).

7. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o corpo (5) tem o formato de um elemento de bainha com uma abertura longitudinal aberta para um lado proximal e com pelo menos uma abertura de saída lateral (151) entre a abertura longitudinal e uma periferia circunferencial do elemento de bainha, e em que o material termoplástico compreende um enchimento termoplástico da abertura longitudinal ou um elemento termoplástico (4) inserível na abertura longitudinal, ou ambos.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 7, caracterizado pelo fato de que compreende a etapa adicional de deformação de uma parte do corpo após a etapa de arranjo e antes da etapa de remoção da fonte de vibrações.

9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a etapa de deformação compreende a expansão lateral do corpo (5) em pelo menos uma direção radial

e em que a etapa de deformação é realizada mediante a aplicação de pressão mecânica por um sonotrodo (6), e em que o sonotrodo, durante a etapa de aplicação das vibrações, é usado para aplicar pelo menos algumas das vibrações.

10. Método de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que a etapa de deformação compreende a deformação de uma parte distal do corpo para obter um alargamento distal distalmente de uma porção do eixo mecânico do corpo e pertencente à porção do pé do conector.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 10, caracterizado pelo fato de que compreende a provisão do segundo objeto, em que a zona não fluente atravessa

ambos, um plano definido por uma superfície do primeiro objeto (1) para a qual que fica voltada, em uma vizinhança da primeira abertura, rumo ao segundo objeto (2), e um plano definido por uma superfície do segundo objeto para a qual fica voltado, em uma vizinhança da segunda abertura, rumo ao primeiro objeto.

12. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a etapa de aplicação e de compressão é realizada até que o material da porção fluente cubra uma parede circunferencial da primeira abertura ou, se aplicável, a segunda abertura ou ambas a primeira e a segunda aberturas, pelo menos ao longo de uma circunferência completa.

13. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a fonte de vibrações mecânicas é acoplada a um sonotrodo (6), e o sonotrodo compreende uma face de acoplamento distal, em que na etapa de aplicação das vibrações, a face de acoplamento é acoplada a uma face de extremidade proximal do conector (3), e em que o sonotrodo compreende uma protuberância guia distal que coopera com um recorte de formato correspondente da face de extremidade distal do conector.

14. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente prover um contraelemento (7) com uma porção de molde (71) que forma uma cavidade quando uma porção de superfície de confinamento (72) é mantida contra uma superfície distal do segundo objeto, em que na etapa de aplicação das vibrações e da pressão mecânica ao conector, o contraelemento é usado para aplicar uma contra-força à pressão mecânica.

15. Conector (3) a ser ligado a um objeto, por um método como definido na reivindicação 1, com uma abertura passante, o

conector compreendendo um material termoplástico e um corpo (5) de um material que não pode ser liquefeito ou só pode ser liquefeito a temperaturas substancialmente mais altas do que o material termoplástico, em que o conector se estende entre uma extremidade da cabeça e uma extremidade do pé ao longo de um eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico, caracterizado pelo fato de que o corpo compreende uma porção deformável (53), que é uma porção de extremidade da cabeça e/ou uma porção de extremidade do pé, e que é deformável ao dobrar para fora com respeito ao eixo geométrico sob o efeito de uma força de compressão e de vibrações mecânicas que agem em uma face de extremidade do conector, em que o material termoplástico é arranjado de modo a abranger pelo menos parcialmente a porção deformável (53) depois da deformação pela força de compressão e pelas vibrações mecânicas.

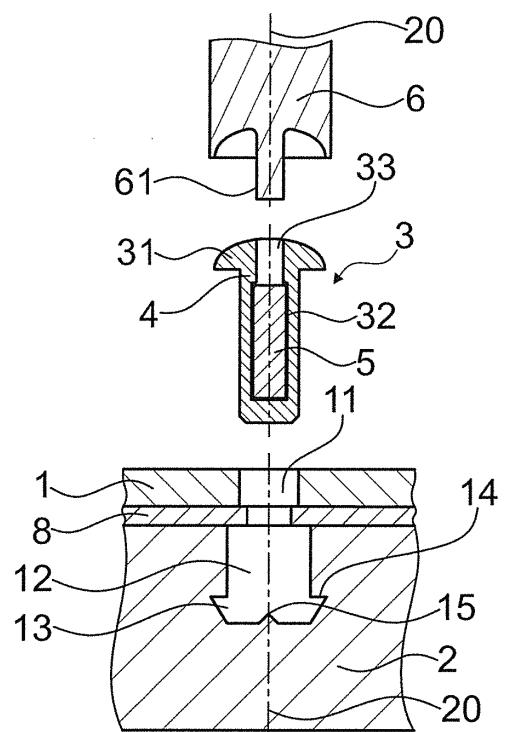


Fig. 1a

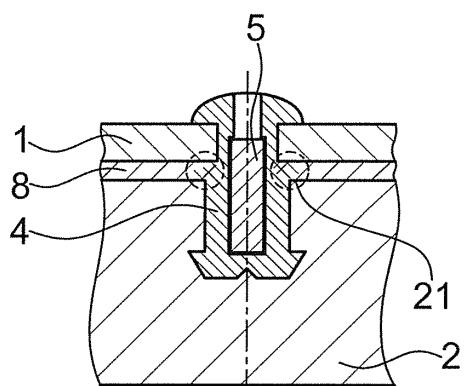


Fig. 1b

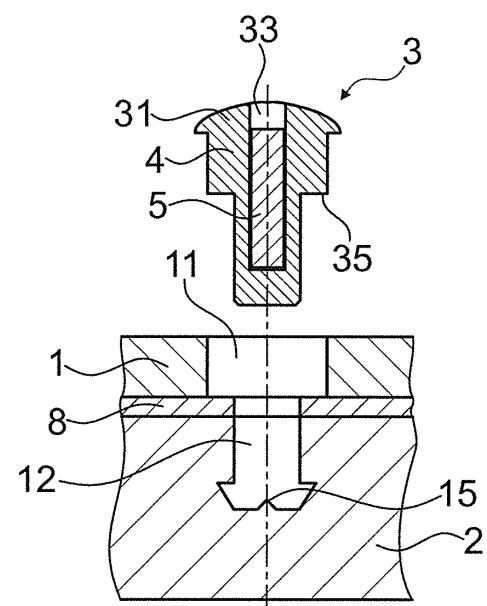


Fig. 2a

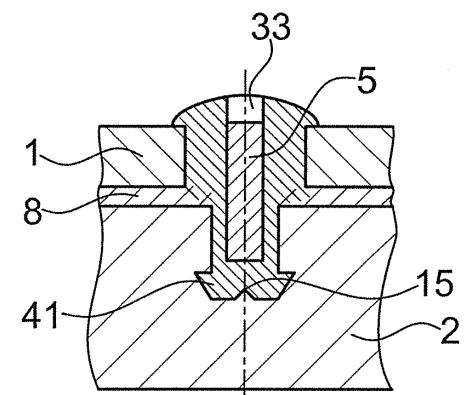


Fig. 2b

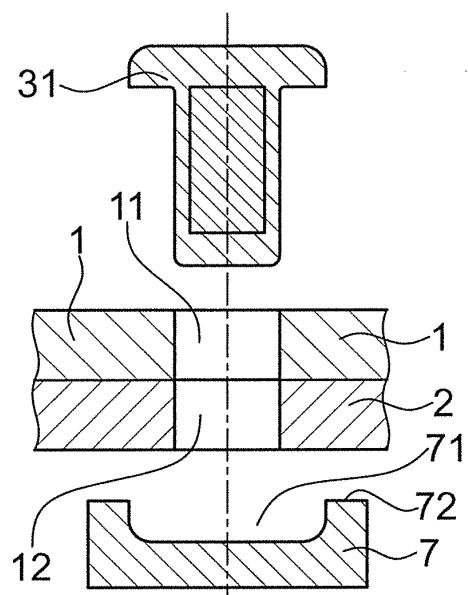


Fig. 3a

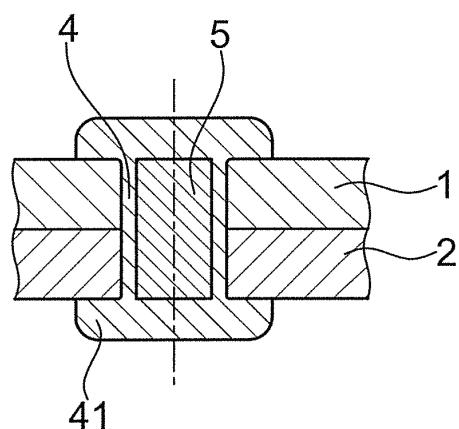


Fig. 3b

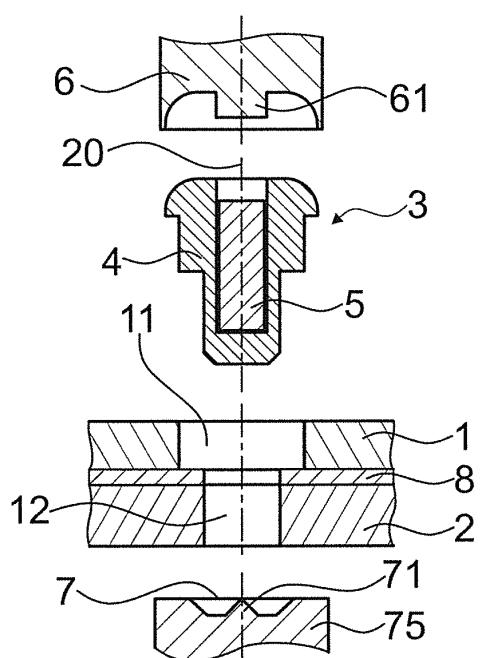


Fig. 4a

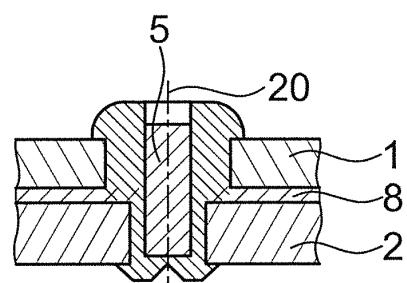


Fig. 4b

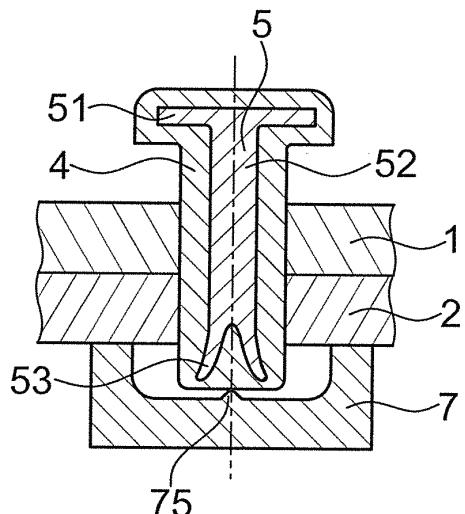


Fig. 5a

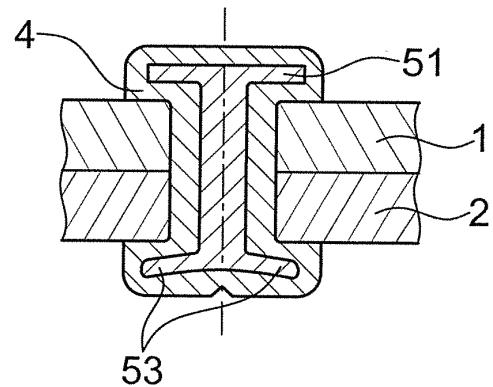


Fig. 5b

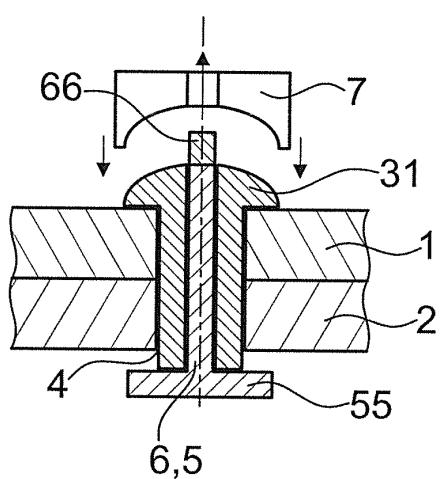


Fig. 6a

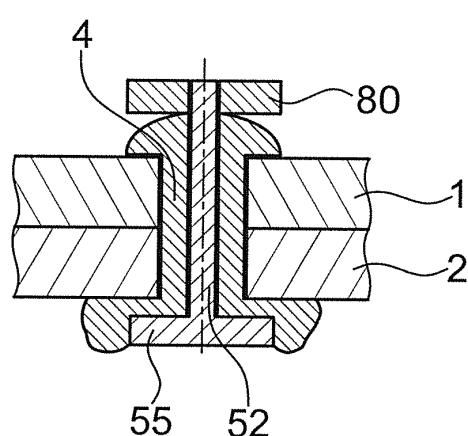


Fig. 6b

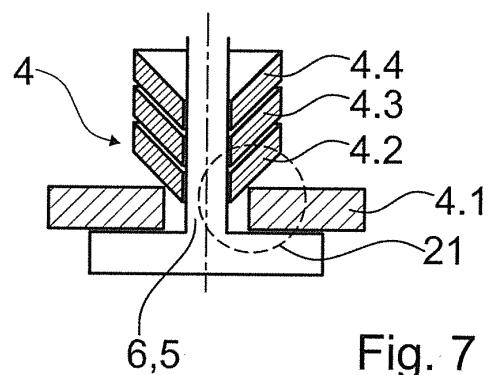


Fig. 7

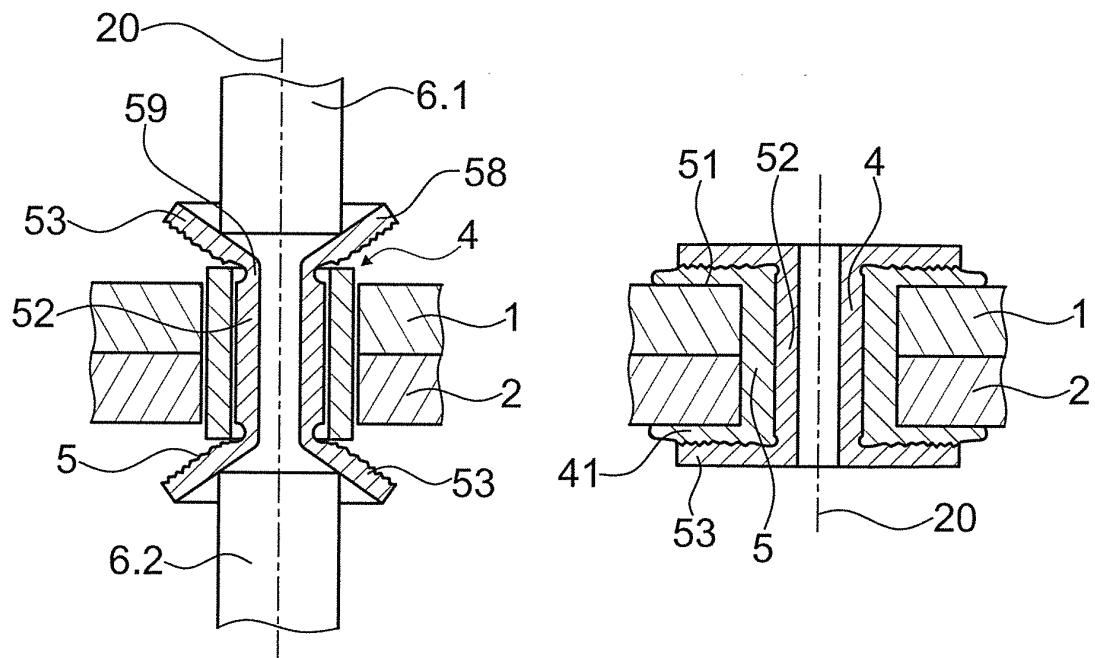


Fig. 8a

Fig. 8b

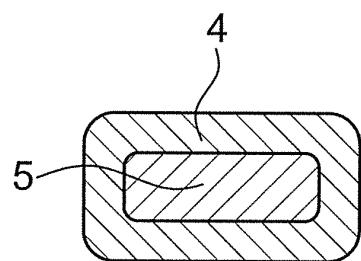


Fig. 9

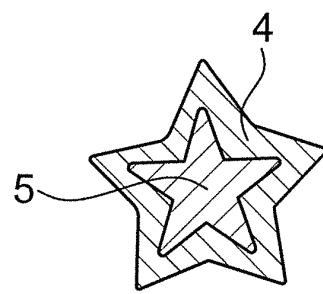


Fig. 10

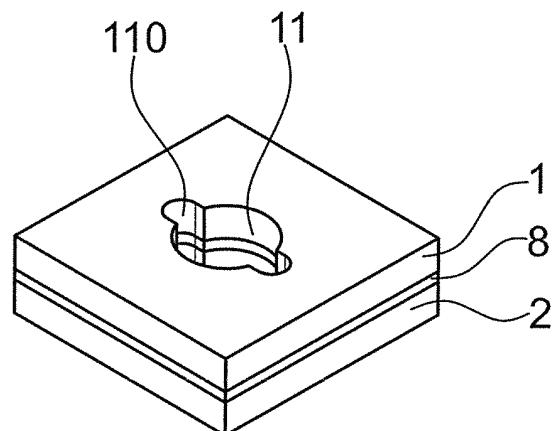


Fig. 11

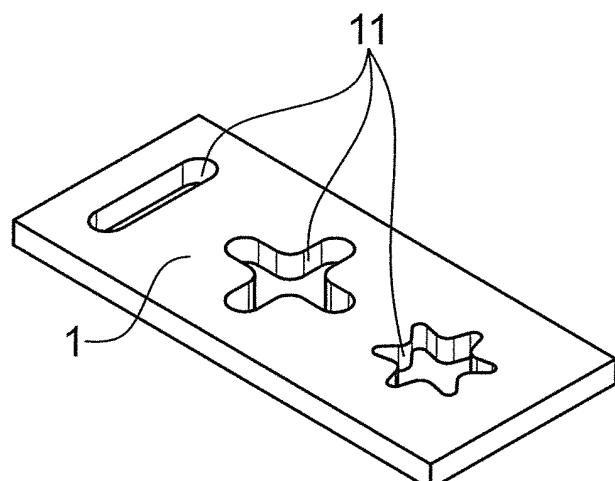


Fig. 12

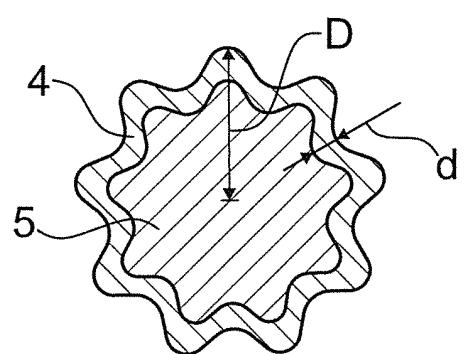


Fig. 13

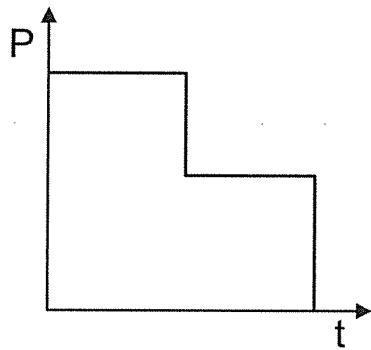


Fig. 14

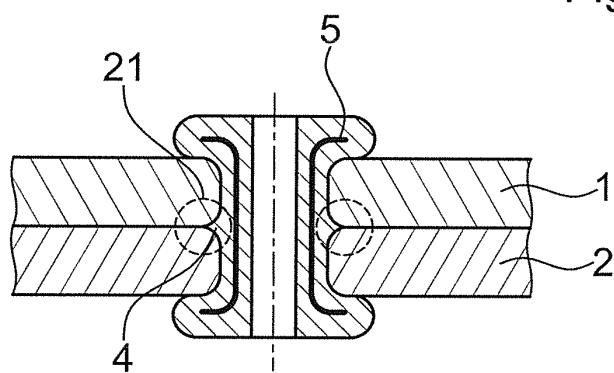


Fig. 15

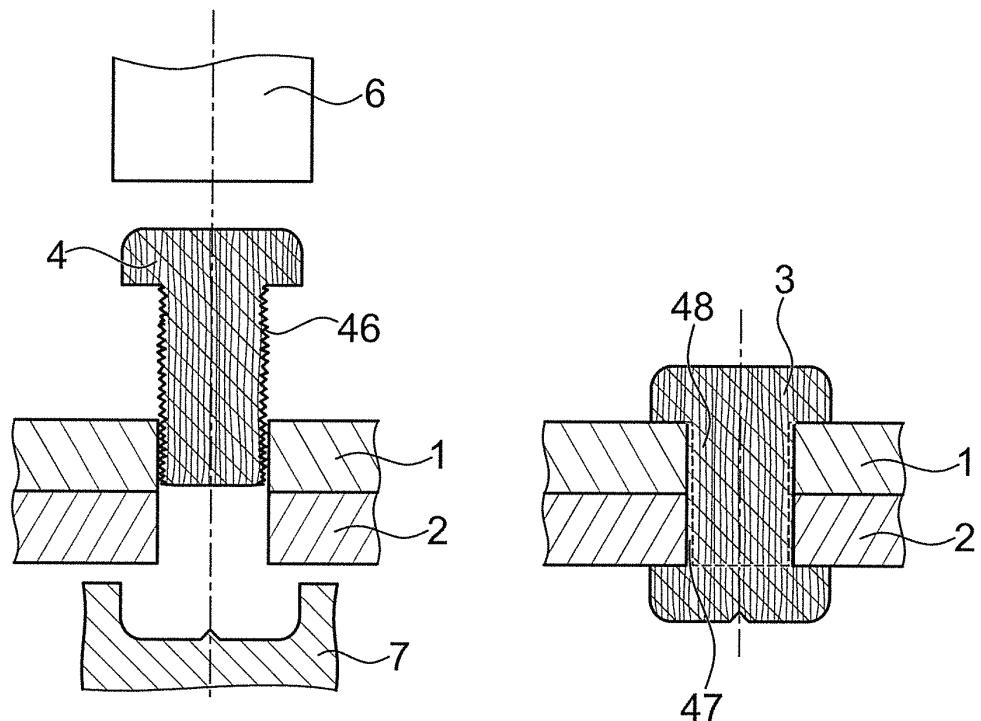


Fig. 16a

Fig. 16b

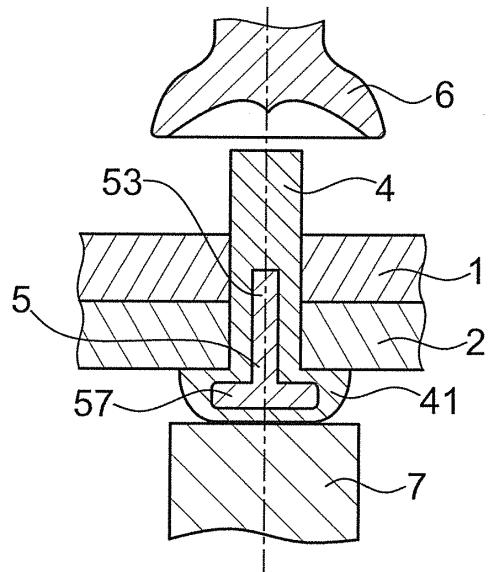


Fig. 17a

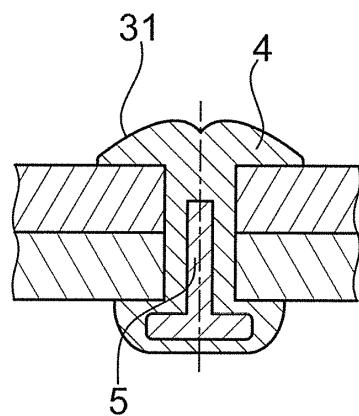


Fig. 17b

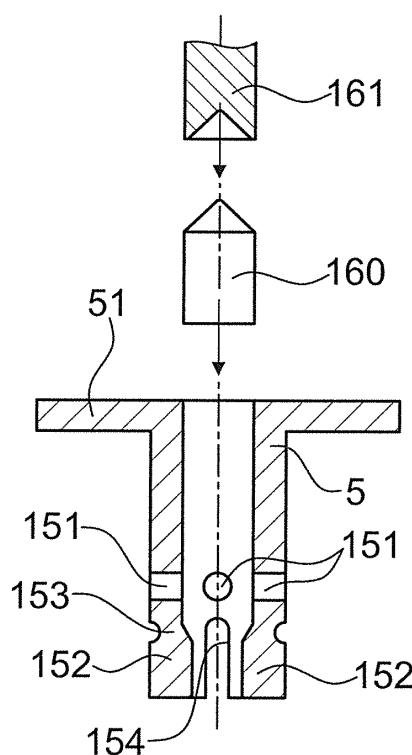


Fig. 18a

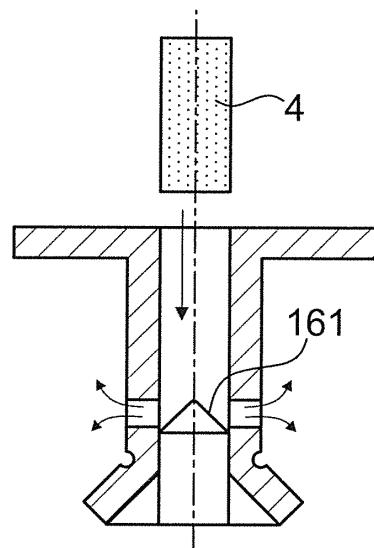


Fig. 18b

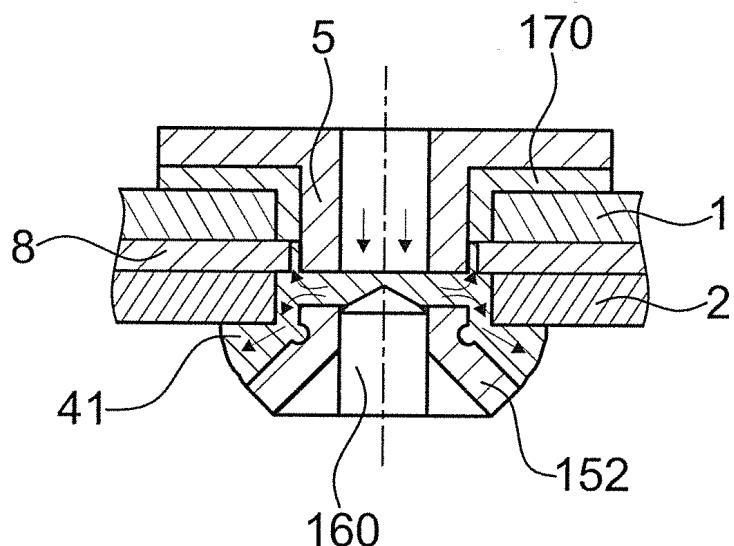


Fig. 18c

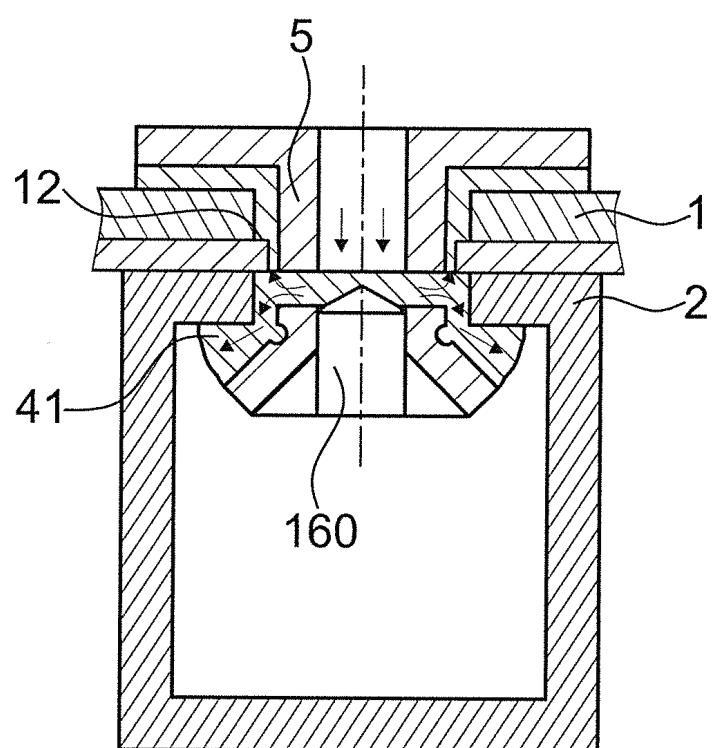


Fig. 19

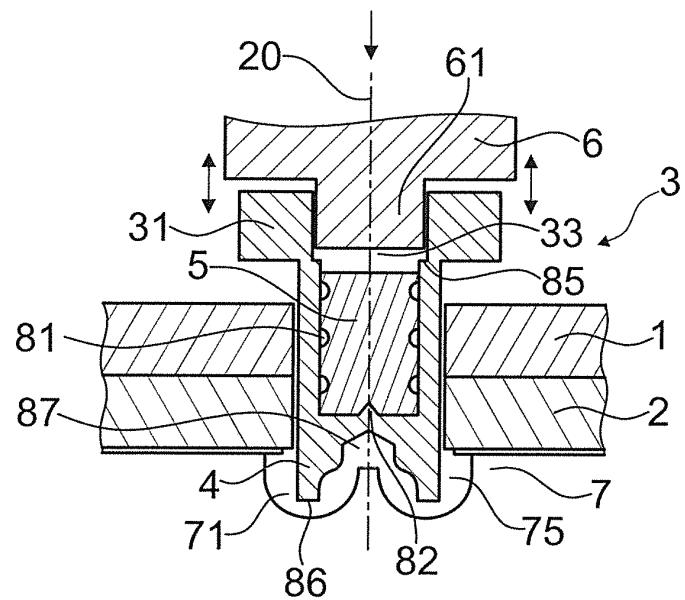


Fig. 20

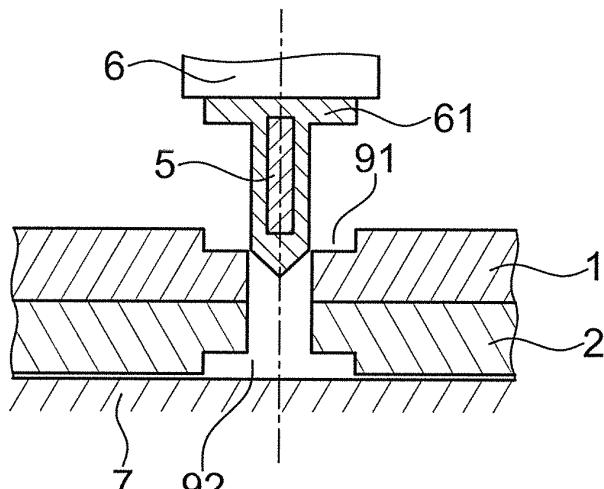


Fig. 21

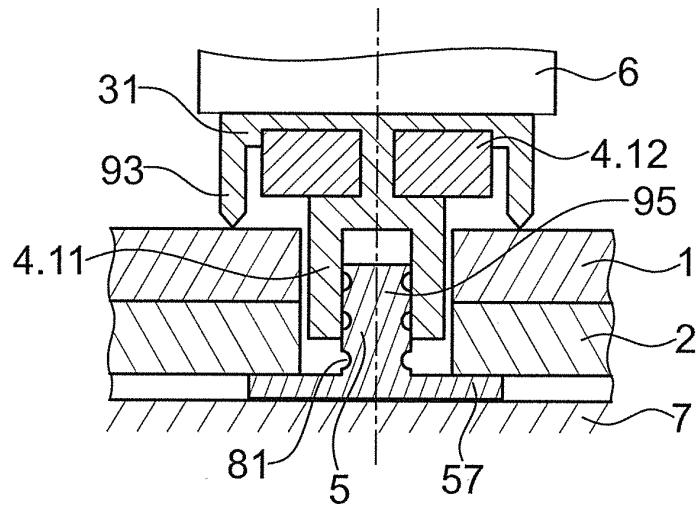


Fig. 22

10/12

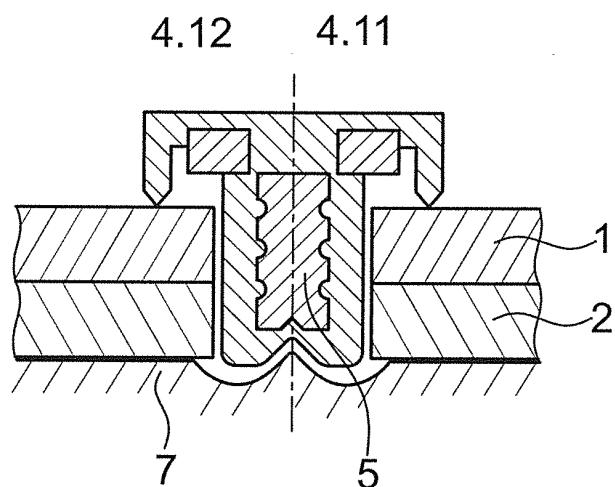


Fig. 23

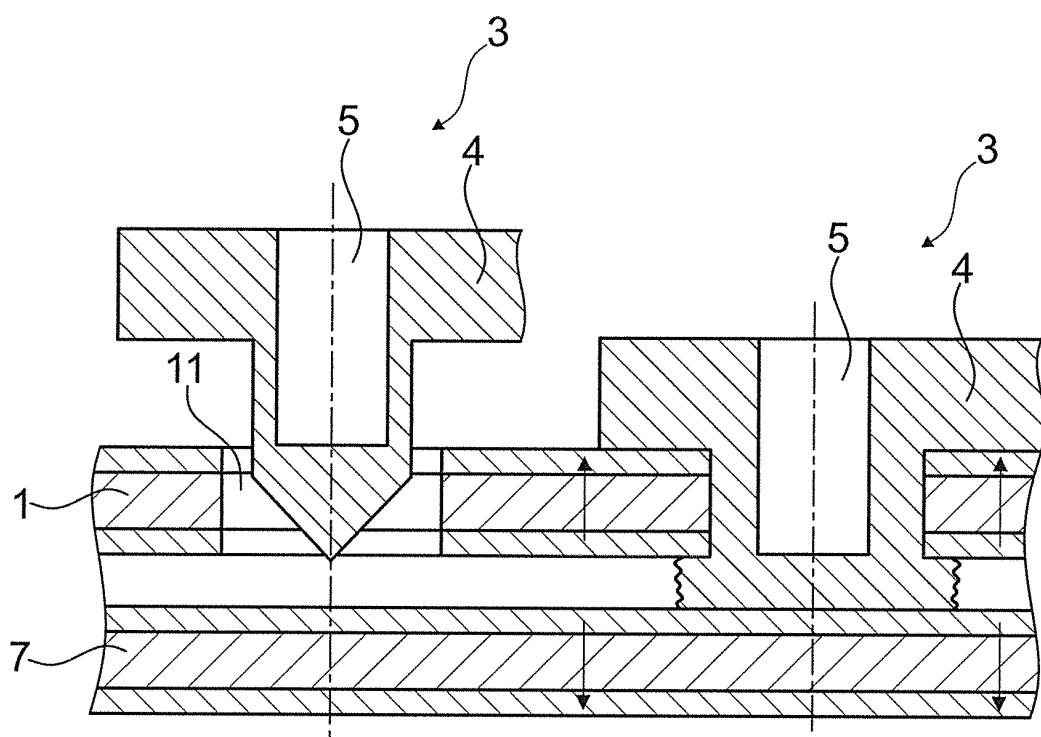


Fig. 24

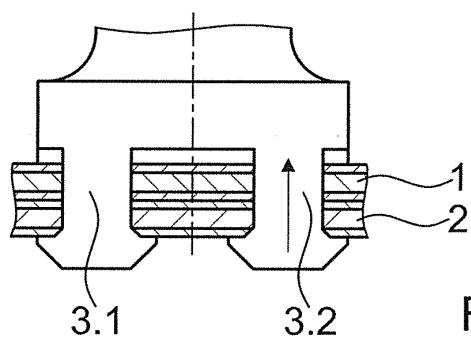


Fig. 25

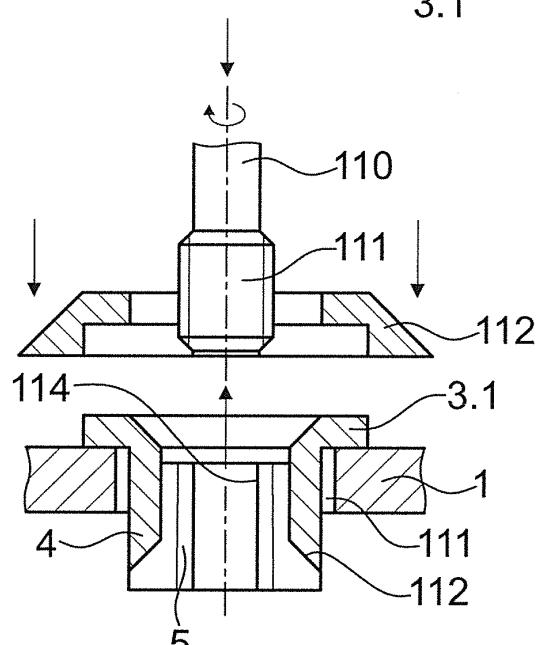


Fig. 26a

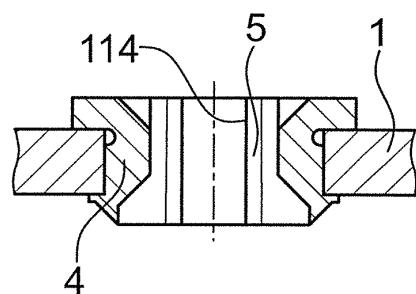


Fig. 26b

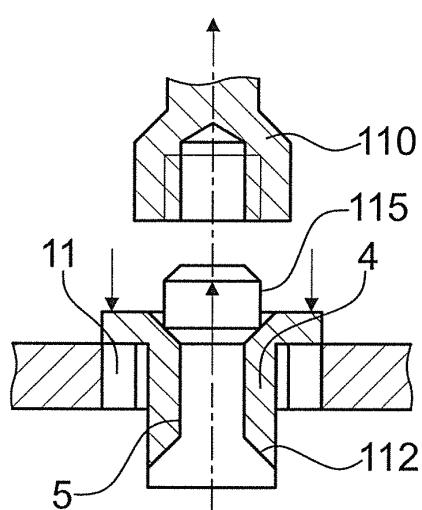


Fig. 27a

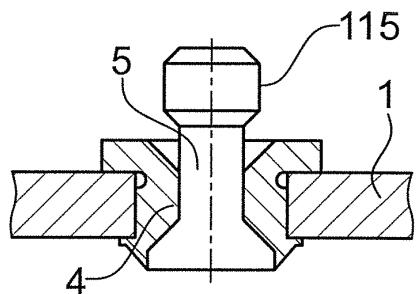


Fig. 27b

12/12

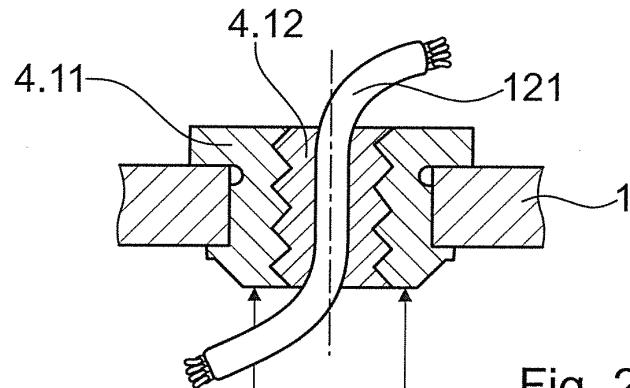


Fig. 28

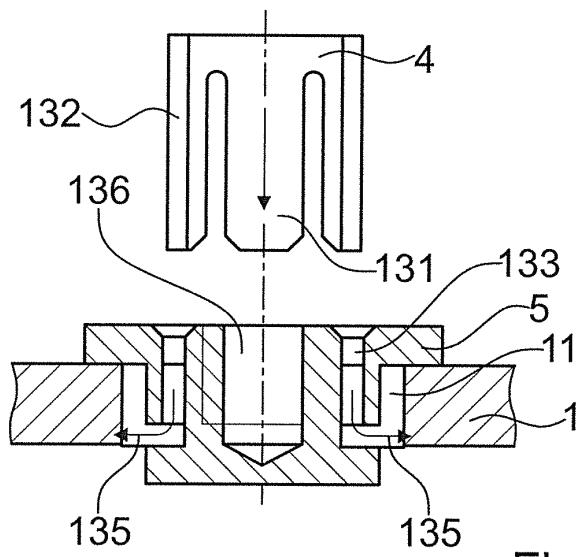


Fig. 29

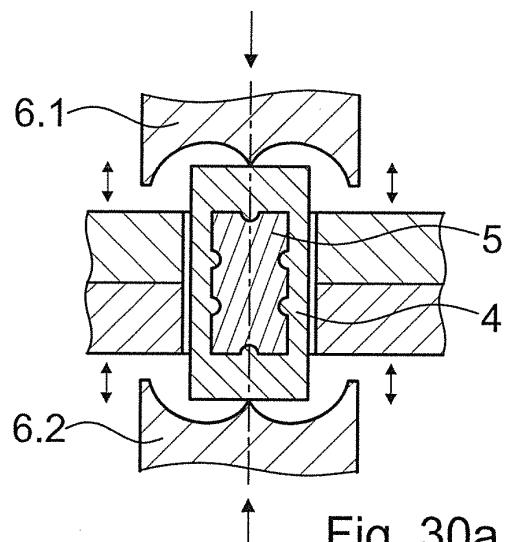


Fig. 30a

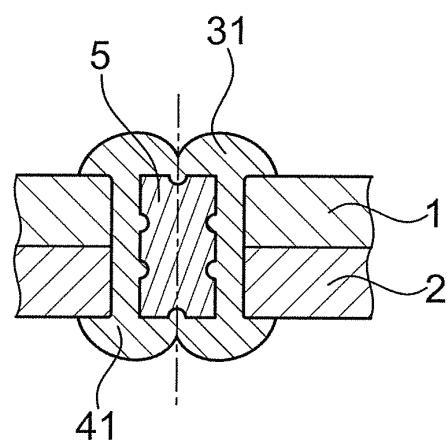


Fig. 30b