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

(11) PI 0820178-1 B1

(22) Data do Depósito: 07/11/2008

(45) Data de Concessão: 07/01/2020

(54) Título: PROCESSO PARA REDUZIR A ABSORÇÃO DE ALUMÍNIO E EQUIPAMENTO DE SOLDA POR ULTRASSOM

(51) Int.Cl.: B23K 20/10.

(30) Prioridade Unionista: 09/11/2007 DE 10 2007 053 913.6.

(73) Titular(es): SCHUNK SONOSYSTEMS GMBH.

(72) Inventor(es): ERNST STEINER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2008065162 de 07/11/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/060080 de 14/05/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 10/05/2010

(57) Resumo: PROCESSO PARA REDUZIR A ABSORÇÃO DE ALUMÍNIO E EQUIPAMENTO DE SOLDA POR ULTRASSOM A presente invenção refere-se a um processo para reduzir a absorção e/ou aderência de alumínio durante a solda por ultrassom de cordões consistindo em alumínio que são soldados em um espaço de compactação que pode ser regulado na altura e/ou largura de um equipamento de solda por ultrassom. As partes de ferramentas estáticas que delimitam o espaço de compactação apresentam superfícies de trabalho de diamante policristalino (DPC).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO PARA REDUZIR A ABSORÇÃO DE ALUMÍNIO E EQUIPAMENTO DE SOLDA POR ULTRASSOM".**

A presente invenção refere-se a um processo para reduzir a absorção e/ou aderência de alumínio ou liga de alumínio durante a solda por ultrassom de cordões consistindo em alumínio ou ligas de alumínio, contendo veias ou fios individuais, para formarem um nó final ou nó de passagem entre si, ou com um suporte consistindo em metal, sendo que pelo menos os cordões são inseridos em um espaço de compactação que pode ser regulado na altura e/ou largura, que é limitado em primeiras superfícies de limitação opostas de segmentos de um sonotrodo e de uma bigorna ou do suporte disposto na bigorna, e em segundas superfícies de limitação opostas remanescentes de partes de ferramentas de efeito estático. A presente invenção também refere-se ao uso de uma superfície de trabalho consistindo em diamante policristalino ou contendo diamante policristalino de uma limitação lateral de um espaço de compactação que pode ser ajustado em altura e/ou largura de um equipamento de solda por ultrassom.

A presente invenção refere-se também a um equipamento de solda por ultrassom que compreende um sonotrodo que transmite vibrações de ultrassom com uma cabeça de sonotrodo apresentando uma superfície de solda, um contraeletrodo oposto à superfície de solda e elementos de limitação laterais, sendo que a superfície de solda, os elementos de limitação e diretamente ou indiretamente o contraeletrodo delimitam um espaço de compactação cuja altura e/ou largura são alteráveis.

Quando são soldados, por meio de ultrassom, cordões que consistem em fios individuais ou veias de alumínio ou material de alumínio, entre si ou com um outro suporte maciço, surge a desvantagem de que a energia de solda introduzida faz com que o alumínio começa a fluir ou se transforma em uma chamada fase pastosa, de modo que ocorre uma absorção ou uma aderência nas delimitações laterais do espaço de compactação que aloja os cordões.

A fim de evitar esta absorção ou aderência já é conhecido colocar

folhas intermediárias entre as ferramentas do espaço de compactação do equipamento de solda por ultrassom e os cordões de alumínio, que evitam que haja um contato direto com as ferramentas de solda. Providências nesse sentido são dispendiosas e por natureza não possibilitam nenhum trabalho ou processo de solda completamente automático em ciclos rápidos.

Para soldar de acordo com o documento US A 3 717 842 fios de alumínio com um suporte em forma de U, primeiro o suporte é crimpado de modo conhecido em torno do fio de alumínio e depois, o processo de solda é iniciado. Nisso encontra-se entre o sonotrodo e os fios o segmento não crimpado do suporte, de modo também não há nenhum contato direto entre as ferramentas e os fios de alumínio.

Tanto a inserção de uma folha intermediária como também o crimpar adicional representam desvantagens técnicas do processo que são indesejadas principalmente no caso de processos de solda altamente automatizados.

A universidade de Kaiserslautern realizou pesquisas para evitar ou reduzir a aderência de alumínio e ligas de alumínio em sonotrodos durante a solda por ultrassom (AIF-Vorhaben Nº 13.285 N/1). Nisso, somente a face da cabeça do sonotrodo foi revestida por meio do processo de pulverização de magnétron. Como materiais foram usados TiN e TiAlN. Em virtude do processo de aplicação, a camada tinha alguns µm de espessura. Como resultado foi constatado que a absorção de alumínio foi reduzida durante a solda, porém, apenas durante as primeiras soldas. Testes mostraram que já depois de 100 soldas a absorção indesejada apareceu novamente. A causa para tal deve ser que devido à espessura pequena das camadas de nitreto contendo titânio o alumínio difunde atravessando a camada, de modo que então pode acontecer a absorção.

A presente invenção tem a tarefa de aperfeiçoar um processo do gênero acima descrito de tal modo que cordões consistindo em alumínio ou contendo alumínio possam ser soldados entre si ou com um suporte maciço, sem que sejam necessárias folhas intermediárias ou que uma parte maciça precise ser crimpado ao redor dos cordões. Também o número de soldas

deve corresponder ao dos processos de solda comuns, onde não são soldados materiais de alumínio sem que ocorra uma absorção ou aderência às delimitações do espaço de compactação de tal modo que soldas subsequentes sejam influenciadas negativamente.

De acordo com a presente invenção, a tarefa em essência é solucionada, quanto ao processo, pelo fato de que como partes de ferramenta estáticas são usadas aquelas que na sua superfície de trabalho voltada para o cordão possuem diamante policristalino (DPC).

Surpreendentemente, ficou evidente que, quando as partes de ferramentas estáticas, isto é, a delimitação lateral de um espaço de compactação com altura e/ou largura reguláveis de um equipamento de solda por ultrassom são revestidas com diamante policristalino, a absorção ou aderência de alumínio não ocorre ou é reduzido de tal modo que os processos de solda não são influenciados negativamente, pelo contrário, consegue-se uma vida útil das ferramentas que usualmente pode ser obtida com a solda de cordões que não são de alumínio.

Não obstante o fato de que na área da limitação lateral ocorre o maior movimento relativo entre os fios e a delimitação adjacente, evita-se que o alumínio que começa a fluir durante a solda e passa para uma fase pastosa, seja absorvido ou adere às limitações laterais.

Na verdade, é conhecido dotar as superfícies de trabalho de ferramentas de solda por ultrassom com um material com um coeficiente de expansão baixo, a fim de se obter uma longa vida útil (EP B 0 375 704, WO A 02/43915). Como materiais para a camada redutora de desgaste é mencionada cerâmica como cerâmica de nitreto de silício, cerâmica de carboneto de silício, cerâmica de óxido de zircão, cerâmica de óxido de alumínio, cerâmica de dispersão como óxido de alumínio / carboneto de titânio, metal duro ou material de diamante policristalino. A princípio, o material redutor de desgaste deve ser aplicado nas superfícies de trabalho fortemente solicitadas do sonotrodo e da bigorna, mesmo que também haja a indicação de que também as delimitações laterais possam ser revestidas com o material correspondente.

O material de diamante policristalino, de preferência é executado como camada externa de um suporte de metal duro, sendo que a espessura da camada do diamante policristalino deve ser selecionada de tal modo que fica excluída uma difusão por atravessar do alumínio não obstante a multiplicidade de soldas. Por esta razão, a espessura da camada deveria ser especialmente de pelo menos 0,1 mm, preferencialmente entre 0,2 mm e 0,7 mm, em particular entre 0,4 mm e 0,5 mm. A espessura do suporte de metal duro onde o diamante policristalino é aplicado ou fixado, deve estar na faixa entre 0,8 mm e 2,0 mm, de preferência, entre 1,0 mm e 1,2 mm.

O diamante policristalino é colocado em um suporte que, por sua vez, é unido às partes de ferramentas estáticas, isto é, corrediça lateral ou placa de contato que delimitam o espaço de compactação onde são inseridos os condutores a serem soldados.

De preferência, a camada de diamante deverá ter uma espessura de pelo menos 0,1 mm, especialmente na faixa entre 0,2 mm e 0,7 mm, e/ou grãos de diamante com um tamanho médio dos grãos de diamante entre 4 µm e 25 µm, sendo que o volume dos grãos de diamante preferencialmente fica entre 90 % em volume e 95 % em volume da camada.

Devido ao fato de que em virtude do diamante policristalino não ocorre nenhuma absorção ou aderência nas delimitações laterais do espaço de compactação, a entrada de energia para soldar os cordões ou estes com um suporte maciço somente precisa ser ajustada ao material alumínio. Em particular, não é necessário que se tornem necessária uma entrada de energia maior ou pressões maiores durante a solda que precisariam ser levadas em consideração quando ocorreria uma absorção ou uma aderência. Ao mesmo tempo resulta da escolha do material alumínio a vantagem de uma economia de peso e do uso de um material mais barato se comparado com cobre.

Porém, o ensinamento de acordo com a presente invenção também vale quando precisa ser feita uma junção mista, isto é, quando serão soldados alumínio e cordões contendo alumínio com cordões de outro material.

Na verdade, a princípio há a possibilidade de revestir também as superfícies de delimitação remanescentes de sonotrodo e bigorna com diamante policristalino. Isso, porém, na sua totalidade seria um encarecimento das ferramentas sem que haja vantagens notáveis; pois a tendência de absorção ou aderência existe em essência na região das partes de ferramentas estáticas.

A presente invenção também se refere ao uso de uma superfície de trabalho consistindo em diamante policristalino (DPC) ou contendo diamante policristalino de uma limitação lateral de um espaço de compactação com altura e/ou largura ajustável de um equipamento de solda por ultrassom para evitar ou reduzir a absorção ou aderência de alumínio ou liga de alumínio durante a solda de cordões introduzidos em um espaço de compactação e consistindo em veias ou fios individuais em essência de alumínio ou liga de alumínio. Nisso é previsto em particular que os cordões formados por veias ou fios individuais consistindo em alumínio ou liga de alumínio são soldados com outros cordões que são de um material diferente de alumínio ou liga de alumínio. Os cordões também podem ser soldados com um suporte consistindo em metal que é disposto no espaço de compactação ou é usado como delimitação do espaço de compactação.

A presente invenção refere-se ainda a um equipamento de solda por ultrassom para a execução do processo acima mencionado, compreendendo um sonotrodo que transmite vibrações de ultrassom com uma cabeça de sonotrodo que possui uma superfície de solda, um contraeletrodo oposto à superfície de solda, e elementos de delimitação lateral, sendo que a superfície de solda, os elementos de delimitação e diretamente ou indiretamente o contraeletrodo delimitam um espaço de compactação com altura e/ou largura alteráveis, e que se destaca pelo fato de que a superfície de solda do sonotrodo possui um decurso de um trapézio aberto equilátero com superfície de fundo e superfícies laterais que partem de partes laterais, que a superfície de fundo e a respectiva superfície lateral engloba um ângulo α com $100° \leq \alpha \leq 145°$, e que os elementos de delimitação na sua superfície que delimita o espaço de compactação consiste em ou contém diamante policristalino.

É conhecido usar sonotrodos com superfícies de solda que apresentam a geometria de um trapézio aberto equilátero (DE U 20 2004 010 775). Porém, a geometria é usada para evitar que durante a solda de cordões com suportes de geometria em forma de U, que ocorram forças transversais em um escopo que as partes laterais do suporte sejam pressionadas afastando-as. Ao mesmo tempo pretende-se colocar à disposição um volume de enchimento maior para os condutores a serem soldados com o suporte. Em contrapartida, de acordo com a presente invenção, uma superfície de solda correspondente de um sonotrodo é usada para que adicionalmente ao revestimento das superfícies de delimitação laterais do espaço de compactação seja alcançado com DPC como apoio que não ocorra uma absorção de alumínio na solda de materiais contendo alumínio ou seja reduzido de tal modo que soldas não sejam influenciadas negativamente.

Em especial é previsto que a superfície que delimita o espaço de compactação lateralmente do elemento de delimitação superfície externa de uma camada consistindo em diamante policristalino com uma espessura d com $d \leq 0{,}1$ mm, especialmente com $0{,}2 \text{ mm} \leq d \leq 0{,}7$ mm que parte de um suporte que é juntado ao elemento de delimitação especialmente por meio de solda dura. A camada é aplicada no suporte.

Através da configuração especial da superfície de trabalho, isto é, superfície de soldadura do sonotrodo, consegue-se a vantagem de que as forças transversais totais que surgem na compactação e solda dos cordões, em uma medida considerável são absorvidas pelas superfícies laterais que delimitam a superfície de solda do sonotrodo, de modo que adicionalmente é impedida uma absorção ou aderência de alumínio nas superfícies delimitadoras laterais do espaço de compactação.

Nisso devem ser indicadas como dimensionamentos preferidos que a cabeça do sonotrodo apresenta uma largura B e as partes laterais se projetam sobre a superfície de fundo com uma altura T com $0{,}1\ B \leq T \leq 0{,}3\ B$.

Mais detalhes, vantagens e características da presente invenção são evidentes não apenas das reivindicações, das características a serem

retiradas destes - *per se* e/ou em combinação - e sim, também da descrição seguinte de exemplos de execução preferidos a serem vistos do desenho.

Eles mostram:

A figura 1 mostra uma apresentação do princípio de um equipamento de solda por ultrassom.

A figura 2 mostra uma apresentação do princípio de um espaço de compactação.

A figura 3 mostra uma outra forma de execução de um espaço de compactação.

A figura 1 mostra o princípio de um equipamento de solda por ultrassom onde são soldados cordões consistindo em alumínio ou contendo alumínio, isto é, seus fios ou veias finos são soldados entre si para formarem um nó final ou um nó de passagem ou são soldados com um suporte maciço, tais como uma peça de estampagem ou de dobrar, por exemplo, uma forma em U.

De modo conhecido, a instalação abrange um equipamento ou uma máquina de solda por ultrassom 10 que apresenta um conversor 12 eventualmente um amplificador 14, e um sonotrodo 16. Ao sonotrodo 16, precisamente a sua cabeça, e assim a sua superfície de solda, é conjugado um contraeletrodo 20 - também denominado de bigorna - e corrediças laterais 21, 23, a fim de cercar um espaço de compactação que na figura 2 é mostrado como princípio em uma ilustração ampliada.

Quando cordões consistindo em ou contendo alumínio que consistem em fios ou veias 32, 34 finas individuais precisam ser soldados por ultrassom de acordo com a figura 2 no espaço de compactação 30, estes são colocados no espaço de compactação 30 que é delimitado por uma superfície de trabalho 38 do sonotrodo 36 uma superfície de trabalho 40 do contraeletrodo (bigorna 44) oposto e deslocável ao longo da seta dupla 42 e superfícies de trabalho 46, 48 que partem de um suporte 50 que aloja a bigorna 44 - também denominado de coluna - ou uma placa de contato 51 disposta neste, e uma corrediça lateral 52. Nisso fica evidente na prática que acontece uma absorção dos cordões, isto é, dos seus fios finos e veias 32,

34 nas superfícies de trabalho 46, 48 das delimitações laterais do espaço de compactação 30, isto é, nas partes de ferramentas estáticas que cercam o espaço de compactação 30. A causa disso deve ser o fato de que na área das delimitações laterais ocorre o maior movimento relativo entre os cordões e as partes da ferramenta, de modo que o alumínio que começa a fluir ou que se transforma em uma fase pastosa vai formando uma liga com a superfície de trabalho ou adere à mesma, de modo que não podem ser feitas soldas corretas.

Por essa razão, de acordo com o estado da técnica, os cordões são cercados por uma folha a fim de evitar um contato direto entra as veias 32, 34 e as superfícies de trabalho 38, 40, 46, 48.

Em contrapartida, de acordo com a presente invenção é previsto que as superfícies de trabalho 46, 48 no lado voltado para o cordão sejam revestidas com diamante policristalino DPC, sendo que o DPC forma respectivamente uma camada 54, 56, a camada externa de um suporte 58, 60 é feita de metal duro, de preferência por meio de solda dura sobre a própria parte da ferramenta, isto significa, a corrediça lateral 52 ou a placa de contato 51 são fixadas por meio de solda dura. A camada 54, 56 e o suporte 58, 60 formam uma unidade que depois é soldada nas partes de ferramentas estáticas 21, 23, 51, 52, 68, 70.

A camada 54, 56 deve apresentar uma espessura mínima de 0,1 mm, preferencialmente uma espessura entre 0,2 mm e 0,7 mm. A fração no volume dos grãos de diamante deve figurar entre 90 % em volume e 95 % em volume, e/ou o tamanho dos grãos de diamante devem estar na faixa entre 4 µm e 25 µm, sendo que cabe mencionar a faixa preferida entre 4 µm e 7 µm.

Em virtude do fato de que os fios ou as veias 32, 34 consistindo em alumínio ou contendo alumínio durante a soldadura na área das partes de ferramentas estáticas entram em contato exclusivamente com diamante policristalino, surpreendentemente é evitada uma absorção ou uma aderência do alumínio que durante a solda se torna pastoso ou fluente, de modo que podem ser realizadas soldas reproduzíveis de alta qualidade como se

conhece das soldas de cordões de cobre.

É lógico que o ensinamento de acordo com a presente invenção não se restringe à solda de cordões consistindo em alumínio ou contendo alumínio entre si. Antes pelo contrário, a configuração de acordo com a presente invenção das superfícies de trabalho 46, 48 das delimitações laterais na forma de um revestimento de diamante policristalino também pode ser aplicado quando se pretende produzir junções mistas, isto é, por exemplo, cordões consistindo em alumínio com aqueles de, por exemplo, cobre, ou quando se pretende realizar uma junção soldada entre um suporte maciço, por exemplo, de cobre ou alumínio ou uma liga deste com cordões consistindo em alumínio.

A espessura da camada de diamante policristalino 54 ou 56 deveria ter na faixa entre 0,2 mm e 0,7 mm, em particular na faixa entre 0,4 mm e 0,5 mm. A fim de poder realizar uma solda do suporte 58, 60 com a corrediça 52 ou a coluna 50, sem que haja deslocamentos, a espessura do suporte 58, 61 deveria estar na faixa entre 0,8 mm e 2,0 mm, em particular, entre cerca de 1,2 mm a 1,0 mm. Nisso, a junção entre o suporte 58, 60 possuindo a camada 54, 56 e a placa de contato 51 é feita em particular por meio de solda dura.

A figura 3 mostra a ilustração do princípio de um recorte de um equipamento de solda por ultrassom com a qual é soldado um suporte maciço 61, que pode consistir em cobre, por exemplo, com cordões que consistem em alumínio ou de uma liga de alumínio. A figura mostra veias ou fios 62, 64 individuais. O suporte 61, no exemplo de execução, é a superfície de delimitação inferior de um espaço de compactação 66 que lateralmente é delimitado por corrediças 68, 70 e uma superfície de trabalho e solda 72 de um sonotrodo 74 de modo conhecido. O suporte 61 propriamente dito é posicionado em uma bigorna 76.

De acordo com o ensinamento de acordo com a presente invenção, as corrediças laterais 68, 70 possuem na sua superfície de delimitação voltada para o espaço de compactação 66 um revestimento 78, 80 ou uma camada de diamante policristalino (DPC) que parte de um suporte 82, 84

que por sua vez é unido à corrediça lateral 68 ou 70, especialmente por meio de solda dura.

A fim de possibilitar um posicionamento claro do suporte 61, as corrediças laterais 68, 70 podem possuir no lado da bigorna desbastes ou entalhes 86, 88 dentro dos quais estendem-se as bordas longitudinais do suporte 61.

Do desenho também fica evidente que a superfície de trabalho 72 do sonotrodo 74 possui a geometria de um trapézio aberto. Nisso, a parte de base curta representa a superfície de fundo 88. A superfície de fundo 88 é limitada pelas partes laterais 90, 92, sendo que as superfícies internas 94, 96 das partes laterais 88, 90 deveriam descrever com a superfície do fundo 88 respectivamente um ângulo entre 100° e 145°. Devido à geometria da superfície de solda 72, precisamente aquela de um trapézio aberto, surge a vantagem de que as forças transversais totais que ocorrem durante a soldadura são absorvidas pelas artes laterais 90, 92 da superfície de trabalho 72, fato este que diminui adicionalmente a tendência de uma absorção ou aderência do alumínio nas delimitações laterais do espaço de compactação 66.

Além disso, o dimensionamento das partes laterais 88, 90 na cabeça do sonotrodo deveria ser de tal modo ajustado mutuamente que a altura T das partes laterais 88, 90 é de $0{,}1\ B \leq T \leq 0{,}3\ B$ com B = largura da cabeça do sonotrodo que pode estar entre 1,0 mm e 25,00 mm, sem que dessa forma o ensinamento de acordo com a presente invenção seja restringido. T é a altura sobre a superfície de fundo 88.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para reduzir a absorção e/ou aderência de alumínio ou liga de alumínio durante a solda por ultrassom de cordões consistindo em alumínio ou ligas de alumínio, contendo veias ou fios individuais (32, 34), para formarem um nó final ou nó de passagem entre si, ou com um suporte consistindo em metal, sendo que pelo menos os cordões são inseridos em um espaço de compactação (30) que pode ser regulado na altura e/ou largura, que é limitado em primeiras superfícies de limitação opostas de segmentos de um sonotrodo (16, 36, 74) e de uma bigorna (20, 44, 76) ou do suporte (61) disposto na bigorna, e em segundas superfícies de limitação (46, 48) opostas remanescentes de partes de ferramentas de efeito estático (21, 23, 51, 52, 68, 70), caracterizado pelo fato de que como partes de ferramentas estáticas (21, 23, 51, 52, 68, 70) são usadas aquelas que na sua superfície de trabalho voltada para os cordões levam diamante policristalino (DPC).

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que além dos primeiros cordões (32, 34) que possuem veias ou fios individuais em essência de alumínio ou liga de alumínio, são soldados segundos cordões de um outro material.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o diamante policristalino é a camada superior de um suporte de metal (58, 60) que é fixado por meio de solda dura na parte de ferramenta estática (51, 52).

4. Processo de acordo com pelo menos uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o diamante policristalino forma no suporte uma camada com a espessura d com $d \leq 0{,}1$ mm, especialmente $0{,}2$ mm $\leq d \leq 0{,}7$ mm que por sua vez apresente preferencialmente uma espessura D com $0{,}8$ mm $\leq D \leq 2{,}0$ mm.

5. Processo de acordo com pelo menos uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a camada consistindo em diamante policristalino é usada com uma espessura d com $d \leq 0{,}1$ mm, especialmente $0{,}2$ mm $\leq d \leq 0{,}7$ mm.

6. Processo de acordo com pelo menos uma das reivindicações

1 a 5, caracterizado pelo fato de que como a camada é usada uma camada com uma espessura d que impede a difusão por atravessamento do alumínio.

7. Processo de acordo com pelo menos uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que como camada de diamante policristalino é usada uma camada com grãos de diamante com um tamanho médio de grão de diamante entre 4 µm e 25 µm, especialmente entre 4 µm e 7 µm.

8. Processo de acordo com pelo menos uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que como camada de diamante policristalino é usada uma camada com grãos de diamante entre 90 % em volume e 95 % em volume.

9. Uso de uma superfície de trabalho consistindo em diamante policristalino (DPC) ou contendo diamante policristalino de uma limitação lateral (51, 52) de um espaço de compactação (30) com altura e/ou largura ajustável de um equipamento de solda por ultrassom (10) para evitar ou reduzir a absorção ou aderência de alumínio ou liga de alumínio durante a solda de cordões (32, 34) introduzidos em um espaço de compactação e consistindo em veias ou fios individuais em essência de alumínio ou liga de alumínio.

10. Uso de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que os cordões (32, 34) formados por veias ou fios individuais consistindo em alumínio ou liga de alumínio são soldados com outros cordões que são de um material diferente de alumínio ou liga de alumínio.

11. Uso de acordo com a reivindicação 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que os cordões (32, 34) consistindo em alumínio ou contendo alumínio são soldados com um suporte (61) consistindo em metal que é disposto no espaço de compactação ou é usado como delimitação do espaço de compactação.

12. Equipamento de solda por ultrassom (10) para a execução do processo de acordo com a reivindicação 1, compreendendo um sonotrodo (16, 36, 74) que transmite vibrações de ultrassom com uma cabeça de sonotrodo que possui uma superfície de solda (72), um contraeletrodo (76)

oposto à superfície de solda, e elementos de delimitação lateral (68, 70), sendo que a superfície de solda, os elementos de delimitação e diretamente ou indiretamente o contraeletrodo delimitam um espaço de compactação (66) com altura e/ou largura alteráveis, caracterizado pelo fato de que a superfície de solda (72) do sonotrodo (74) possui a forma de um trapézio equilátero aberto com superfície de fundo (88) e superfícies laterais que partem de partes laterais (90, 92), que a superfície de fundo e a respectiva superfície lateral englobam um ângulo α com $100° \leq \alpha \leq 145°$, e que os elementos de delimitação (68, 70) na sua superfície que delimita o espaço de compactação (66) consiste em ou contém diamante policristalino.

13. Equipamento de solda por ultrassom de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a superfície que delimita lateralmente o espaço de compactação (66) do elemento de delimitação (68, 70) é a superfície externa de uma camada consistindo em diamante policristalino com uma espessura d com $d \leq 0{,}1$ mm, especialmente de $0{,}2 \text{ mm} \leq d \leq 0{,}7$ mm que parte de um suporte (86, 88) que é unido ao elemento de delimitação (68, 70), especialmente por meio de solda dura.

14. Equipamento de solda por ultrassom de acordo com a reivindicação 12 ou 13, caracterizado pelo fato de que o sonotrodo (74) possui na sua área com a superfície de solda (72) uma largura B, e que as partes laterais (90, 92) que delimitam a superfície de fundo (88) da superfície de solda projetam-se com uma altura T sobre a superfície de fundo, sendo que $0{,}1\ B \leq T \leq 0{,}30\ B$.

15. Equipamento de solda por ultrassom de acordo com pelo menos uma das reivindicações 12 a 14, caracterizado pelo fato de que a camada (54, 56, 78, 80) que consiste em diamante policristalino possui grãos de diamante com um tamanho médio dos grãos de diamante entre 4 µm e 25 µm, especialmente entre 4 µm e 7 µm.

16. Equipamento de solda por ultrassom de acordo com pelo menos uma das reivindicações 12 a 15, caracterizado pelo fato de que o volume dos grãos de diamante na camada consistindo em diamante policristalino (54, 56, 78, 80) fica entre 90 % em volume e 95 % em volume.

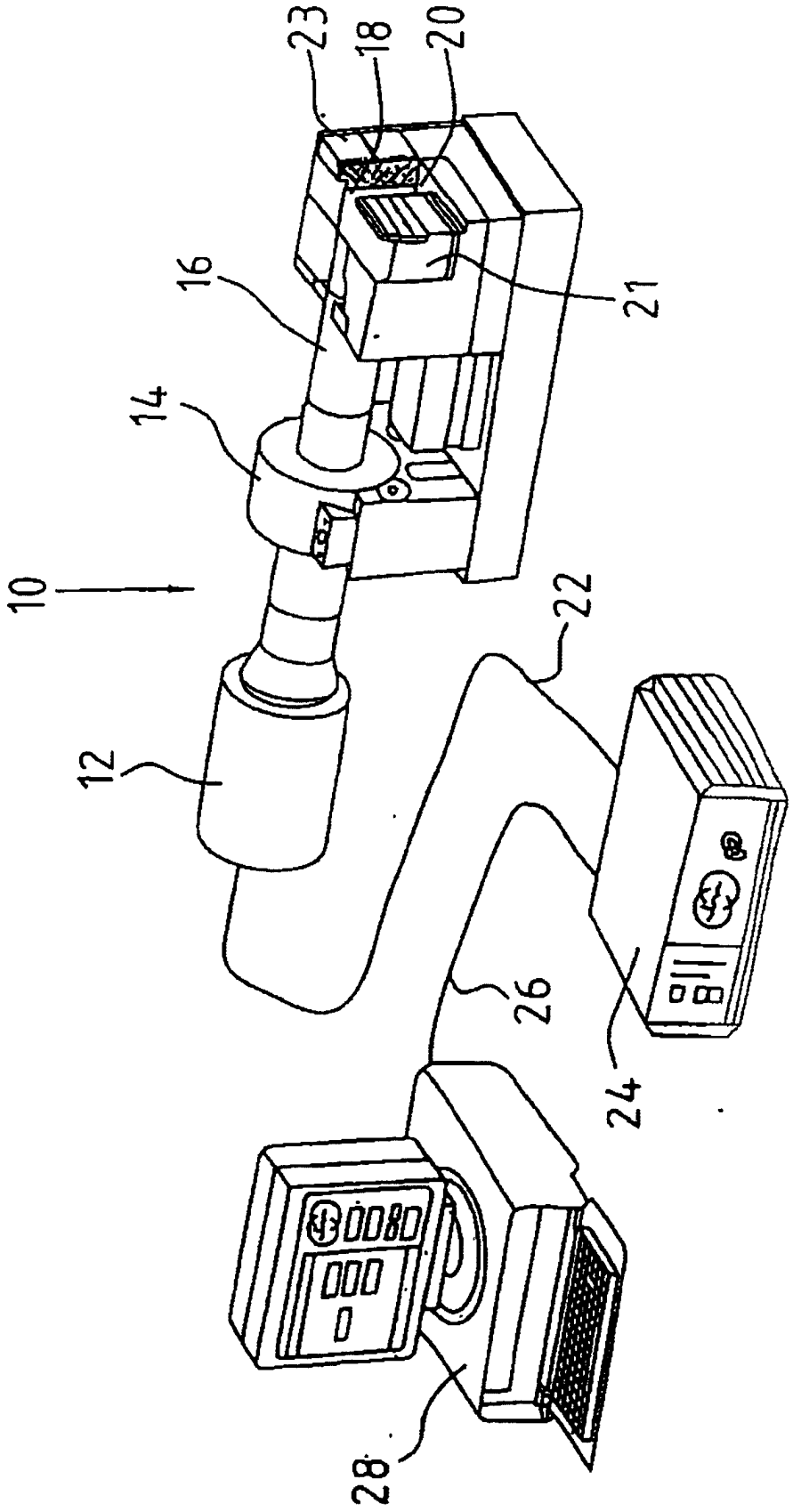

Fig.1

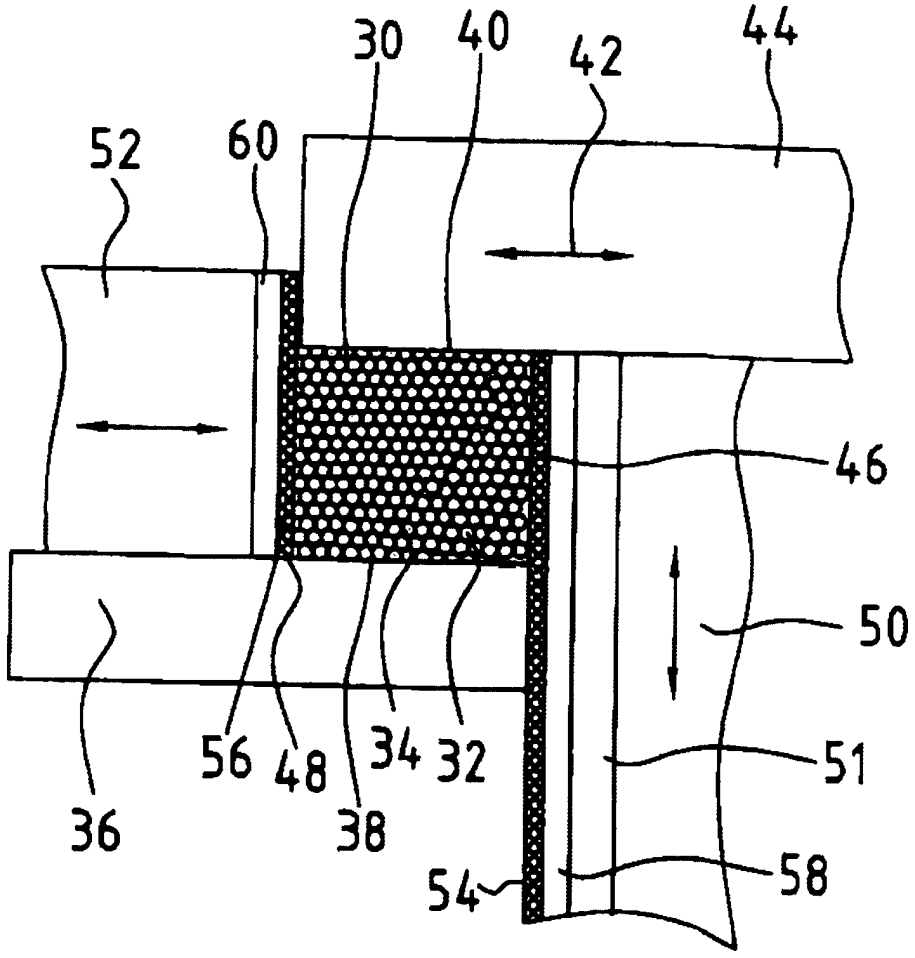

Fig.2

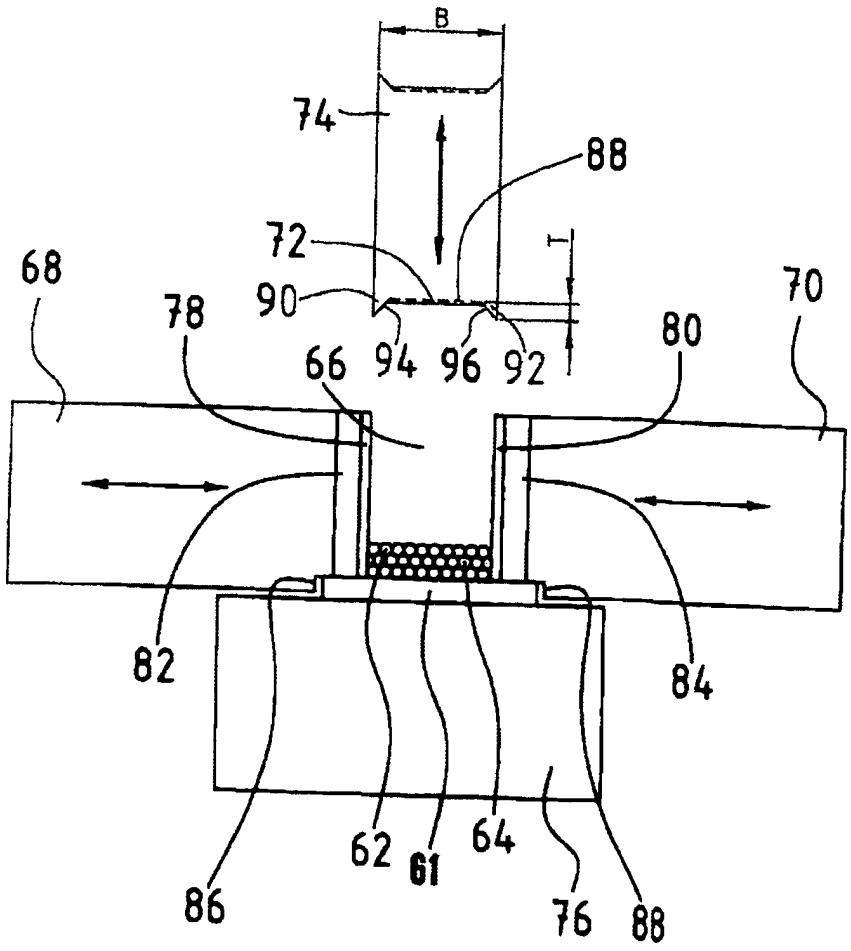

Fig.3