



INPI
NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
Assinado Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0511794-1

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0511794-1

(22) Data do Depósito: 03/06/2005

(43) Data da Publicação do Pedido: 22/12/2005

(51) Classificação Internacional: B26F 3/00; H01L 21/304; H01L 21/463

(30) Prioridade Unionista: US 11/144,465 de 02/06/2005; US 60/576,888 de 03/06/2004

(54) Título: MÉTODO E APARELHO PARA A CLIVAGEM DE MATERIAIS FRÁGEIS

(73) Titular: OWENS TECHNOLOGY, INC., Sociedade Norte Americana. Endereço: 5355 Capital Court, Suite 106 Reno NV 89502, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US)

(72) Inventor: GARY OWENS

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 03/04/2018, observadas as condições legais

Expedida em: 03/04/2018

Assinado digitalmente por:

Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patente

*Yf***MÉTODO E APARELHO PARA A CLIVAGEM DE MATERIAIS FRÁGEIS****CAMPO TÉCNICO**

A presente invenção se refere geralmente à clivagem e, mais particularmente, a métodos e aparelhos para a clivagem de materiais frágeis em seções finas.

ANTECEDENTES

As "pastilhas" planas finas de materiais semicondutores e similares são úteis para fotovoltaicos e outros eletrônicos de estado sólido, e os substratos para vários sistemas, tais como sistemas microeletromecânicos (MEMS). Atualmente, eles são derivados usualmente da serradura de uma massa de cristal único ou de um bloco fundido de material e, então, polindo-se as fatias resultantes. O processo de serradura resulta em uma grande quantidade de perda e é dispendioso. Este custo alto limita o mercado para certos produtos, tais como sistemas fotovoltaicos. As técnicas convencionais de retificação e polimento de cristais para a obtenção de seções finas introduzem defeitos e impurezas no cristal. Os métodos alternativos de criação de seções finas por processos aditivos não provaram resultar em um material de alta qualidade. Os métodos divulgados até agora para a clivagem em seções finas, isto é uma colagem em uma extensão ao cristal, são apenas bons para seções muito pequenas, e são trabalhosos e lentos para a remoção da cola. Uma das principais questões na clivagem convencional de uma seção muito fina é o comportamento muito diferente de duas peças durante uma clivagem. O corpo principal do cristal permanece razoavelmente rígido, mas a seção fina não pode resistir a muita força, então a lâmina de clivagem mudando

D.Y

de direção lateralmente, rompendo a seção fina antes de uma clivagem plena poder ser obtida.

Assim sendo, há uma necessidade de métodos e aparelhos melhorados para a clivagem de materiais frágeis.

5

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De acordo com um aspecto da presente invenção, um aparelho para a clivagem de uma seção de uma barra de material frágil é provido. O aparelho inclui um suporte adaptado para manter a seção da barra em uma posição para ser clivada, uma lâmina, um atuador acoplado à lâmina para acionamento da lâmina pelo menos parcialmente através da barra, para a criação de uma porção clivada da barra, e um seguidor para encaixe na extremidade da barra durante uma clivagem. Um método para a clivagem de uma barra de material frágil também é provido.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A FIG. 1 é uma vista em elevação que ilustra esquematicamente um aparelho para a clivagem de um material frágil de acordo com uma modalidade da presente invenção.

20

A FIG. 2 é uma vista em elevação lateral aumentada que ilustra esquematicamente uma lâmina do aparelho da FIG. 1 em uma primeira posição.

25

A FIG. 3 é uma vista em elevação lateral que ilustra esquematicamente uma lâmina da porção do aparelho da FIG. 2 em uma segunda posição.

A FIG. 4 é uma vista em elevação lateral, similar à FIG. 2, de uma outra modalidade do aparelho para a clivagem de um material frágil da presente invenção em uma primeira posição.

30

A FIG. 5 é uma vista em elevação lateral, similar à



FIG. 3, da porção do aparelho da FIG. 4 em uma segunda posição.

A FIG. 6 é uma vista em elevação lateral, similar à FIG. 2, de uma outra modalidade do aparelho para a clivagem de material frágil da presente invenção em uma primeira posição.

A FIG. 7 é uma vista em elevação lateral, similar à FIG. 3, da porção do aparelho da FIG. 6 em uma segunda posição.

10 A FIG. 8 ilustra esquematicamente a iniciação de um processo de clivagem de acordo com um método da presente invenção.

15 A FIG. 9 ilustra esquematicamente a iniciação de um processo de clivagem de acordo com um outro método da presente invenção.

A FIG. 10 ilustra esquematicamente a iniciação de um processo de clivagem de acordo com um método adicional da presente invenção.

20 A FIG. 11A ilustra esquematicamente uma lâmina em uma primeira posição durante a iniciação de um processo de clivagem ainda em um outro método da presente invenção.

A FIG. 11B ilustra esquematicamente uma lâmina em uma segunda posição no processo de clivagem referido na FIG. 11A.

25 A FIG. 12A é uma vista em elevação lateral, similar à FIG. 2, de uma outra modalidade do aparelho para a clivagem de material frágil da presente invenção em uma primeira posição.

30 A FIG. 12B é uma vista em elevação lateral, similar à FIG. 3, da porção do aparelho da FIG. 12A em uma segunda

29

posição.

A FIG. 13A ilustra esquematicamente uma ranhura, uma lâmina e uma placa de encosto para a clivagem de um material frágil de acordo com um método da presente invenção.

A FIG. 13B ilustra esquematicamente a iniciação de um processo de clivagem de acordo com um método da presente invenção.

A FIG. 13C ilustra esquematicamente a propagação da fissura iniciada na etapa ilustrada na FIG. 13B de acordo com um método da presente invenção.

A FIG. 13D ilustra esquematicamente a propagação do processo de clivagem de acordo com um método da presente invenção.

A FIG. 14A ilustra esquematicamente uma lâmina e uma placa de encosto para a clivagem de uma barra de material frágil de acordo com um método da presente invenção.

A FIG. 14B ilustra esquematicamente a iniciação do processo de clivagem de acordo com um método da presente invenção.

A FIG. 14C ilustra esquematicamente a propagação da fissura iniciada na etapa ilustrada na FIG. 14B de acordo com um método da presente invenção.

A FIG. 14D ilustra esquematicamente a propagação do processo de clivagem de acordo com um método da presente invenção.

A FIG. 15 é uma vista em perspectiva aumentada que ilustra esquematicamente uma lâmina de acordo com uma modalidade da presente invenção.

30 DESCRIÇÃO DETALHADA DE MODALIDADES PREFERIDAS



Várias modalidades da presente invenção são descritas a partir deste ponto com referência às figuras. Deve ser notado que as figuras não estão desenhadas em escala e elementos de estruturas similares ou funções são representados por números de referência iguais por todas as figuras. Também deve ser notado que o texto e as figuras são pretendidos apenas para facilitarem a descrição de modalidades específicas da invenção. Eles não são pretendidos como uma descrição exaustiva da invenção ou como uma limitação sobre o escopo da invenção. Além disso, um aspecto descrito em conjunto com uma modalidade em particular da presente invenção não está necessariamente limitado àquela modalidade e pode ser praticado em quaisquer outras modalidades da presente invenção.

Um aparelho 10 de acordo com uma modalidade da presente invenção, o qual pode ser usado, por exemplo, para a clivagem de uma seção de uma barra de material frágil (veja a FIG. 1). Os materiais frágeis, conforme usado aqui, geralmente se referem a materiais que podem sustentar apenas uma pequena quantidade de deformação, antes de romperem ou fraturarem. Silício e outros materiais de semicondutor / substrato comuns (títulos como arseneto de gálio e safira) usualmente são duros e/ou frágeis. Mas, quando em uma forma de cristal único, folhas finas destes materiais frágeis são cliváveis, e podem ser formados de acordo com modalidades da presente invenção. Assim sendo, folha "fina" ou porção "fina", conforme usado aqui, geralmente se refere a uma fatia ou a um pedaço de material frágil fino o bastante para sustentar uma quantidade de deformação, antes da fratura, que é maior do que quando o

31

material está em grandes quantidades. Geralmente, uma pastilha de silício preferencialmente de menos do que 200 mícrons de espessura é uma folha fina de acordo com modalidades da presente invenção. Outras modalidades da 5 invenção podem utilizar uma espessura maior ou menor de silício. Em algumas modalidades, uma pastilha de silício tendo uma espessura entre 50 e 200 mícrons é gerada. Outras espessuras também podem ser geradas em modalidades da presente invenção.

10 O aparelho 10 inclui um elemento de suporte de fundo ou base 12 e uma estrutura vertical, a qual inclui uma pluralidade de elementos de quadro laterais 14 e uma placa de topo 16. Embora não mostrado na FIG. 1, para se evitar obscurecer a ilustração da invenção, o aparelho 10 pode 15 incluir um par de microscópios para ajudarem no posicionamento e no alinhamento da lâmina. Uma banda flexível, um cabo ou corrente ou cremalheira e pinhão (não mostrado) também pode ser incluído no aparelho 10, para a provisão de uma tradução de movimento rotativo em linear 20 para acionamento do seguidor 24.

O aparelho 10 ainda inclui uma lâmina 18, um atuador 20 acoplado à lâmina 18 para o acionamento da lâmina pelo menos parcialmente através de uma barra ou massa de cristal único de material frágil 22 para a criação de uma porção 25 clivada da barra, e um seguidor 24 para encaixe na extremidade 26 de barra 22 durante a clivagem. O aparelho 10 pode incluir um mecanismo de empurrar, tal como uma haste de empurrar 28, para a alimentação da massa de cristal único de material frágil 22. Qualquer atuador ou 30 motor adequado, não mostrado, é acoplado à haste de

empurrar 28 para movimento da massa de cristal único 22 em direção ao mecanismo de corte do aparelho 10. Um mecanismo de guia, incluindo uma guia dianteira 30, uma guia traseira 32 e uma guia vertical 34, é provido para se guiar a massa de cristal único 22 para uma posição para clivagem. Uma corrediça de ajuste fino 36 é provida, e a guia dianteira 30 preferencialmente é presa em uma ou mais posições fixas da corrediça 36, e a guia traseira 32 é montada de forma deslizante na corrediça 36. Especificamente, a corrediça de ajuste fino 36 pode ajustar a posição da massa de cristal único 22 para o estabelecimento de uma profundidade de corte e, em algumas modalidades, para o ajuste da posição da lâmina conforme o corte prosseguir (veja a FIG. 14). A guia dianteira 30 pode ser uma parte de uma corrediça de ajuste fino 36. A guia traseira 32 pode ser uma parte de mecanismo de empurrar massa de cristal único 28 e viajar ao longo da corrediça de ajuste fino 36. A corrediça de ajuste fino 36 pode ser um estrado de movimento linear, incluindo um trilho estacionário 35 acoplado à base 12 e um trilho móvel 37 portado por e transladável em relação ao trilho estacionário 35. A corrediça de ajuste fino 36 provê um ajuste fino e final para a posição da massa de cristal único 22 em relação à lâmina 18, após a massa de cristal único 22 ser alimentado pela haste de empurrar 28 para uma posição aproximada. A corrediça de ajuste fino 36 pode ser motorizada e controlada automaticamente. Uma haste de empurrar de grampo de haste 38 é acoplada a um atuador ou motor de grampo de haste 40 para firmemente manter ou grampear a massa de cristal único 22 para baixo e no lugar nas guias 30 e 32 e na corrediça 36. Um calço 39 pode ser

acoplado à porção inferior da haste de empurrar de grampo de haste 38 para encaixe da massa de cristal único 22. A placa 17 é provida para suporte da lâmina 18 e um conjunto de ajuste de seguidor 64 a ser descrito abaixo. A placa 17 se move para cima e para baixo em mancais lineares 50.

A lâmina 18 de preferência é suficientemente dura para resistir a um desgaste excessivo das operações de clivagem. Preferencialmente, a lâmina 18 é suficientemente forte para evitar um empenamento sob uma carga de clivagem. A título de exemplo, as cargas de clivagem típicas são de em torno de 3 a 5 Newtons para uma clivagem de 10 mm de largura em um plano de silício. Os materiais de exemplo adequados para a clivagem de materiais frágeis, tal como silício, incluem um aço-ferramenta temperado com ou sem um revestimento de ESTANHO, zircônia, carbureto de tungstênio e safira. Dependendo das forças necessárias e da resistência do material de lâmina, a espessura da ponta de lâmina tipicamente é da ordem de 20 microns para evitação do empenamento.

Em uma modalidade preferida, a lâmina 18 é uma lâmina retificada oca, conforme mostrada nas FIG. 1 a 6 e 15. Será apreciado que a lâmina 18 pode ser de qualquer forma ou formato, tal como em formato de V. Conforme mostrado em maiores detalhes na FIG. 15, a lâmina retificada oca 18 tem uma borda de entrada 42 e uma superfície curvada côncava 44 que se estende a partir da borda de entrada 42. A superfície curvada côncava 44 faz com que os materiais clivados se flexionem durante uma clivagem. A curva da superfície curvada côncava 44 é selecionada para permitir que o material frágil se flexione sem romper para uma dada

espessura. O raio da superfície curvada côncava 44 depende da resistência do material sendo clivado e da espessura da seção sendo clivada. Preferencialmente, a superfície curvada côncava 44 da lâmina 18 tem um arco que se aproxima do arco da superfície curvada convexa 78 do seguidor 24, a ser descrita abaixo. O arco pode se estender através da superfície de fundo inteira da lâmina 18 ou se estender por uma distância pelo menos longa como a largura da fatia a ser clivada. Por exemplo, um silício de 65 microns de espessura tipicamente tem um raio de curvatura mínimo de em torno de 62 mm. As superfícies de corte da lâmina 18 podem ser tratadas, por exemplo, por filmes permanentes ou lubrificantes, para redução do atrito conforme a lâmina clivar.

O atuador 20 é acoplado à lâmina 18 para a aplicação de uma força à lâmina 18, de modo a direcionar a lâmina 18 para e, preferencialmente, através da massa de cristal único 22. Uma célula de carga 46 é acoplada ao atuador 20, para a medição da força aplicada à lâmina 18. É desejável direcionar a lâmina 18 de uma maneira lenta e controlada, para evitação de danos à lâmina e para redução das chances de uma clivagem errante. Materiais frágeis duros, tal como silício, têm deformação considerável neles, quando são clivados, de modo que sua velocidade de clivagem, isto é, a velocidade na qual uma fissura viaja através do material, é próxima da velocidade do som ou da ordem de quilômetros por segundo. Contudo, quando do corte de seções finas, a deformação na seção fina rapidamente relaxa, limitando cada segmento de clivagem individual a uma distância da ordem de 1 mm. Assim, para a obtenção de uma seção de interesse (da

ordem de 100 mm quadrados), precisa-se repetitivamente avançar a fissura. Se a lâmina saltar à frente durante uma clivagem, devido à liberação súbita da deformação na lâmina e no material sendo clivado, a lâmina pode sobrecarregar o sistema de fatia / seguidor, aumentando a probabilidade de a fissura se desviar através da fatia, desse modo arruinando a fatia. Mover uma lâmina de uma maneira lenta, controlada também é desejável para a combinação de uma posição de seguidor, a ser descrita em maiores detalhes 10 abaixo.

Um suporte físico ou uma placa de encosto 48 pode ser usado para se guiar a lâmina 18 durante uma clivagem, especialmente no estágio inicial de clivagem (veja as FIG. 1 a 2). A placa de encosto 48 pode ser suportada por 15 mancais, tais como os mancais lineares 50, os quais podem viajar para cima e para baixo na guia 34. Um suporte 47 pode ser usado para acoplamento da placa de encosto 48 aos mancais 50. A título de exemplo, a placa de encosto 48 pode incluir uma superfície 49 substancialmente perpendicular a 20 uma superfície de topo 52 de massa de cristal único 22, de modo que a placa de encosto 48 se alinhe e suporte a lâmina 18, durante uma clivagem. A placa de encosto 48 também pode incluir uma virola, que se estende para uma ranhura a ser descrita em maiores detalhes abaixo.

25 O seguidor 24 é adaptado para se encaixar na extremidade 26 da massa de cristal único 22, durante uma clivagem. O seguidor 24 também pode funcionar para guiar a lâmina 18, durante uma clivagem, de uma maneira lenta e controlada. O seguidor 24 é acoplado a uma afixação 54 por 30 quaisquer meios adequados, tais como uma pluralidade de

36

parafusos ou outros prendedores 55, de modo a ser rigidamente preso à afixação 54. A afixação 54 é acoplada a um conjunto de suporte de seguidor 61 por quaisquer meios adequados e, conforme mostrado, é acoplada de forma 5 pivotante ou de forma rotativa ao conjunto 61 por meio de um eixo ou pino de pivô 60 que se estende através da extremidade inferior de um eixo 62. O conjunto de suporte 61 inclui o eixo 62, o conjunto de ajuste 64 preso à extremidade superior do eixo 62, e um ajuste de parada de 10 rotação 66 para limitação do movimento angular da afixação 54 e do seguidor 24 em relação ao eixo 62. O conjunto de ajuste 64 serve para a fixação do eixo 62 à placa 17 tal como por barras 63 e parafusos 65, de modo a se permitir que o eixo 62 seja ajustado na altura pelo parafuso 67, de 15 modo que o eixo geométrico de rotação de pino 60 esteja no ponto em que a flexão da fatia ocorrer. O conjunto 64 ainda permite que o curso vertical de eixo 62 e, assim, do pino 60 e do seguidor 24 ocorra em um percurso paralelo à lâmina 18 e em uníssono com a lâmina 18. O seguidor 24 é girado em 20 torno de um pino 60 por alguma combinação de atrito entre a superfície de seguidor 76 e a superfície de extremidade 26 da massa de cristal único 22, uma pressão a partir do topo da fatia sobre a porção superior do seguidor 24, isto é, a superfície 77, e/ou um mecanismo de acionamento explícito, 25 tal como uma polia montada no pino 60 com uma corrente, um cabo ou uma banda flexível afixado à placa de topo 16, ou uma engrenagem de pinhão montada no pino 60 e uma engrenagem de cremalheira montada na base 12, ou um motor adequado controlado para girar o pino 60 no tempo e na taxa 30 apropriados. O atrito entre as superfícies 44 e 78 é

controlado por um revestimento antiatrito em uma ou ambas as superfícies 44 e 78 e/ou pelo dimensionamento da porção superior do seguidor 24 para se adaptar de forma solta em relação à lâmina 18, de modo a não agarrar na lâmina 18.

5 Conforme a lâmina 18 avança, o conjunto de ajuste 64 se move para baixo também, o qual move o eixo 62 para baixo. O atrito entre a superfície de seguidor e a superfície de extremidade 26 da massa de cristal único 22 faz com que a afixação 54 e o seguidor 24 girem em torno do pino 60.

10 Assim sendo, conforme a lâmina 18 avança, o seguidor 24 se move para baixo e gira contra a porção clivada do material frágil. Conforme mostrado nas FIG. 2 e 3, o seguidor 24 gira em torno de um eixo geométrico de rotação 68, definido pela linha de centro axial de pino 60, durante uma

15 clivagem. A localização do pino 60 e, assim, do eixo geométrico de rotação 68 se move para baixo a partir de uma primeira posição 68A, ilustrada na FIG. 2, para uma segunda posição 68B, ilustrada na FIG. 3, conforme a lâmina 18 avançar.

20 Em uma modalidade mostrada nas FIG. 2 a 3, o seguidor 24 é um seguidor de rolamento que tem pelo menos uma superfície curvada convexa que se assemelha a um arco de círculo. Em uma modalidade preferida, o seguidor 24 pode incluir uma primeira superfície curvada convexa 76 adaptada para se encaixar na extremidade 26 de massa de cristal único 22, e uma segunda superfície curvada convexa 78 adaptada para se encaixar na lâmina 18, durante uma

25 clivagem. Uma superfície que se estende radialmente 77 se estende a partir da primeira superfície convexa 76 para a

30 segunda superfície convexa 78. A superfície que se estende



radialmente 77 é encaixada com uma porção do material frágil e tem um raio substancialmente igual à espessura da porção do material frágil. A segunda superfície curvada convexa 78 pode ser provida com uma curva que se aproxima 5 da curva da superfície curvada côncava 44 de lâmina 18 e é preferido que a superfície 78 se estenda através de um arco que se aproxima do comprimento do arco 44 da lâmina 18. A primeira superfície curvada convexa 76 tem um primeiro raio 80 e a segunda superfície curvada convexa 78 tem um segundo 10 raio 82 que preferencialmente se aproxima do raio de superfície 44. O comprimento do primeiro raio 80 depende da resistência do material sendo clivado e da espessura da seção sendo clivada. O comprimento do arco de superfície 76 preferencialmente é longo o bastante para cobrir a 15 superfície de seção 84 da massa de cristal único 22 pela faixa inteira de curso do seguidor 24. Os primeiro e segundo raios 80 e 82 e a espessura da porção clivada 84 são selecionados de modo que a segunda superfície curvada convexa 78 se encaixe na superfície curvada côncava 44 da 20 lâmina 18, enquanto a primeira superfície curvada convexa 76 se encaixa na porção clivada 84 de material frágil. A título de exemplo, o primeiro raio 80 é menor do que o segundo raio 82 por uma diferença que se aproxima da espessura da porção clivada 84.

25 O seguidor 24 pode ter outras modalidades e estar no escopo da invenção. Por exemplo, o seguidor 24 pode incluir uma camada flexível ou tira 86 e um membro móvel que aplica uma força contra a tira 86, de modo a forçar a tira contra a massa de cristal único (veja as FIG. 4 a 5). Será 30 apreciado que a camada flexível 86 é opcional, mas não

requerida. O membro móvel pode ser de qualquer tipo adequado, tal como um rolo rotativo 88, conforme mostrado nas FIG. 4 a 5, ou um bloco deslizante 90, conforme mostrado nas FIG. 6 a 7 e descrito abaixo. O rolo 88 é acoplado de forma pivotante à extremidade inferior de eixo 62, por exemplo, pelo pino 60, e pode ser atuado de forma rotativa por atrito contra a tira 86, por exemplo, com algum revestimento rugoso ou uma transmissão pequena entre o rolo 88 e a tira 86, de modo que o rolo 88 gire em uma direção horária, nas FIG. 4 a 5, em torno do eixo geométrico 68, conforme o rolo 88 e a lâmina 18 se moverem para baixo sob a força do atuador 20. O rolo 88 também pode ser atuado por um acionamento de cremalheira e pinhão ou de banda (não mostrado). A tira flexível 86 pode ter uma primeira porção 92 adaptada para se encaixar na porção clivada 84 de material frágil, e uma segunda porção 94 adaptada para se encaixar na lâmina 18. A primeira porção 92 tem uma primeira espessura e a segunda porção tem uma segunda espessura. A título de exemplo, a primeira espessura é menor do que a segunda espessura por uma diferença que se aproxima da espessura da porção clivada 84. Conforme o rolo 88 se move para baixo e gira em torno do eixo geométrico 68 durante uma clivagem, a lâmina 18 avança e o rolo 88 pressiona a tira flexível 86 para encaixar na massa de cristal único 22 e na lâmina 18, para o controle da força para fora sobre a porção clivada 84 do material frágil e para se manter a lâmina 18 alinhada para uma clivagem apropriada.

Em uma outra modalidade da presente invenção, a tira 86 de seguidor 24 inclui uma camada de absorção de onda de



choque 96, conforme mostrado nas FIG. 6 a 7, a qual pode ser uma camada elastomérica que amortece as ondas de choque de cada fissura sucessiva. Em algumas modalidades, uma camada elastomérica 96 é intercalada entre as primeira e 5 segunda folhas flexíveis, tais como as primeira e segunda folhas de aço fino 98 e 99. Em uma modalidade preferida, a primeira folha 98 é similar à tira 86 ilustrada nas FIG. 4 a 5 e tem uma primeira e segunda porções 92 e 94. Alternativamente, a camada elastomérica 96 pode ser 10 diretamente encaixada na massa de cristal único 22, se o elastômero for suficientemente firme, em cujo caso a camada elastomérica preferencialmente é formada com as primeira e segunda porções 92 e 94.

Um bloco deslizante 90 pode ser usado para a aplicação 15 de uma força contra a tira flexível 86 (veja as FIG. 6 a 7). O bloco deslizante 90 se move para baixo, conforme a lâmina 18 descer e, preferencialmente, é acoplado à extremidade inferior de eixo 62 e, mais preferencialmente, preso de forma rígida à extremidade inferior do eixo 62. 20 Uma superfície de apoio 91 pode ser provida no bloco 90 e ser formada de um plástico de baixo coeficiente de atrito para um encaixe de forma deslizante com a tira flexível 86. Alternativamente, um apoio de fluido ou um outro mancal plano usado comumente, ou qualquer outro meio adequado, 25 pode ser usado para a formação da superfície de apoio 91 do bloco 90.

Em operação, o grampo de haste 38 é elevado para se permitir que uma massa de cristal único de material frágil 22 seja empurrada ou movida por um mecanismo de empurrar, 30 tal como a haste de empurrar 28, para uma posição desejada

41

para a clivagem. Este empurrar pode ser guiado por guias de massa de cristal único dianteira e traseira 30 e 32. A posição da massa de cristal único 22 pode ser ajustada pela corrediça de ajuste fino 36. Quando a massa de cristal único 22 está na posição para ser clivada, sua superfície de extremidade 26 é empurrada contra o seguidor 24 para uma posição apropriada em relação à lâmina 18, de modo a se estabelecer uma profundidade de corte desejada, isto é, uma espessura desejada da porção da massa de cristal único a ser clivada.

O motor de grampo de haste 40 então é atuado, de modo que o grampo de haste 38 se encaixe na massa de cristal único 22 e retenha a massa de cristal único na posição desejada para a clivagem. Se algum espaço entre a massa de cristal único 22 e o seguidor 24 for necessário ou desejado, para se permitir a clivagem, a corrediça de ajuste fino 36 poderá ser movida para trás (para longe da lâmina 18), para se permitir este espaço. O comprimento e a flexibilidade da haste de empurrar de grampo de haste 38 permitem que a massa de cristal único 22 permaneça firmemente grampeada.

O atuador de clivagem 20 é atuado e direciona para baixo a lâmina 18, até que uma fissura seja iniciada. Isto pode ser observável pela força na lâmina fatiando. A corrediça de ajuste fino 36 então é movida mais para trás, para se permitir que a traseira da lâmina 18 viaje ao longo da clivagem incipiente. A lâmina 18 agora é avançada mais. Conforme a lâmina 18 avança, o conjunto de ajuste de seguidor 64 se move para baixo também, o que move o eixo de seguidor 62 para baixo, girando o seguidor no pino 60 por

69

quaisquer meios descritos acima, desse modo se girando o seguidor 24.

Ao final da clivagem, a fatia pode ser removida por um de dois métodos. A partir de cima, um item de segurança, 5 tal como uma torquês a vácuo, pode ser usado para se sujeitar a fatia. A corrediça de ajuste fino 36 se move mais para trás para liberação da fatia, e a fatia é retirada. A partir de baixo, a lâmina 18 é retraída, então, a corrediça de ajuste fino 36 se move mais para trás, e a 10 fatia é liberada. Uma combinação destas técnicas, ou de outras técnicas de remoção também pode ser usada.

Em um outro aspecto, a presente invenção provê um método de clivagem de uma barra de materiais frágeis. Em geral, o método compreende a iniciação de uma fissura na 15 barra e o direcionamento de uma lâmina através da barra, para a remoção de uma porção do material frágil a partir da extremidade da barra.

Um processo de clivagem em que a lâmina 18 cliva uma barra de material frágil 22 de acordo com uma modalidade da 20 presente invenção é ilustrado na FIG. 8. Nesta modalidade, a lâmina de clivagem 18 se choca contra o material frágil em um plano de cristal, preferencialmente um plano de cristal fraco. Por exemplo, é conhecido que para o silício, o plano (111) é o mais fraco, com o plano (110) quase tão 25 bom.

O processo de clivagem prossegue através do material frágil a uma velocidade controlada. Uma propagação rápida de fissura pode se desviar do plano de fratura pretendido, tipicamente resultando em uma série de pequenas fissuras em 30 incrementos. A lâmina de clivagem 18 deve ser dura o

bastante, forte o bastante e conformada apropriadamente para se descascar a folha de material da barra do material.

Em algumas modalidades, o lado traseiro ou superfície 19 de lâmina 18 voltado para a porção principal de barra 22 é substancialmente perpendicular ao plano de clivagem, o qual é paralelo à superfície de topo 52 da massa de cristal único, de modo que haja pouca ou nenhuma força atuando sobre a lâmina para se empurrá-la para a fatia sendo clivada. O outro lado ou a superfície oposta 21 da lâmina nas modalidades preferidas, é inclinado o bastante para ser forte para suportar as forças, mas não demais, ou a fatia sendo clivada experimentará uma flexão excessiva e se romperá.

Para o estabelecimento de um ponto de partida apropriado para a clivagem, uma ranhura 100 preferencialmente é formada na barra 22 a ser clivada, conforme mostrado na FIG. 9. A ranhura 100 pode ser usada para o posicionamento da lâmina 18, de modo que uma fissura possa se formar sob a superfície 19 de lâmina 18 voltada para o volume do material frágil, evitando-se ou minimizando-se a flexão para fora da lâmina, o que pode fazer com que a clivagem divirja e arruine a fatia. A ranhura de começo também diminui a pressão sobre a ponta verdadeira da lâmina, reduzindo as exigências de resistência e aumentando a vida útil (agudez) da lâmina.

Em algumas modalidades, a ranhura de começo pode ser formada a partir de uma superfície vertical 101 voltada para a extremidade da barra sendo clivada e uma superfície inclinada 103 voltada para o volume da barra. Elemento pode assumir a forma de um entalhe agudo, um formato de V ou um

44

entalhe de "chaveta". O entalhe de "chaveta" 100 mostrado na FIG. 9 tem um fundo aumentado ou relevo 102, de modo que a fissura comece sob o lado vertical. O entalhe agudo 105 mostrado na FIG. 10 se baseia em uma concentração de tensões no ponto agudo do entalhe para o começo da fissura sob o lado vertical. Os entalhes da presente invenção podem ser criados de forma mecânica, de forma química ou criados de outra forma. Por exemplo, o formato desejado das ranhuras começando pode ser criado por uma ferramenta com diamante ou por ataque químico de íon reativo.

Além das ranhuras começando na superfície de topo da barra, pode ser útil ranhurar os lados e o fundo da barra para ajudar a guiar a fissura de forma mais confiável.

Uma modalidade da presente invenção em que a lâmina 18 é ajustada após uma fissura 107 ser iniciada na barra 22 é ilustrada nas FIG. 11A a 11B. Nesta modalidade, a lâmina 18 tem um formato de V assimétrico que é usado para se maximizar a resistência da lâmina para o começo da fissura. Após a fissura ser criada, a lâmina 18 é inclinada ou tombada em direção à extremidade de barra 22, conforme mostrado na FIG. 11B, de modo que a superfície de lâmina 19 voltada para o volume de material frágil seja paralela à superfície de haste 26.

Em algumas modalidades da presente invenção, as ranhuras 100 formadas na barra 22 são espaçadas de 50 a 100 microns. A ranhura de começo 100 é alinhada sob a lâmina 18 e a barra 22 então é grampeada no lugar. Uma força, depois disso, é aplicada à lâmina 18. Quando a fatia clivada se separa, ela é capturada de qualquer maneira adequada, por exemplo, em algumas modalidades, por uma vareta de sucção

ou jatos de gás. O processo é repetido até que a barra 22 esteja curta demais para suportar uma clivagem adicional. Uma outra barra então pode ser posicionada para a clivagem.

Uma modalidade da presente invenção em que um seguidor 5 24 se encaixa na superfície de extremidade 26 de barra 22 para limitação da força para fora na parte clivada de fatia é ilustrada na FIG. 12. O seguidor 24, o qual inclui qualquer membro móvel adequado, tal como o rolo 88, também guia a lâmina 18 durante uma clivagem de uma maneira lenta 10 e controlada. O rolo 88 suporta o material clivado no ponto de clivagem para limitação da força a partir do corpo de barra 22 e para ajudar na prevenção de que a fatia fissure ou rompa.

Em uma outra modalidade da presente invenção, um 15 suporte físico ou uma placa de encosto 48 é usado para se guiar a lâmina 18 (veja as FIG. 13A a 13D). Nesse sentido, quando ranhuras em formato de V são formadas na barra 22, a placa de encosto 48 pode incluir uma virola pendente 104 que se estende para a ranhura 100, que é preferencialmente 20 em formato de V, para a provisão de uma superfície vertical temporária 106. A superfície vertical temporária 106 alinha a lâmina 18 com o ponto agudo formando o fundo das ranhuras em formato de V 100. A placa de encosto 48 suporta a lâmina 18 quando a lâmina 18 descer.

25 Em algumas modalidades, agentes corrosivos podem ser aplicados à ranhura e/ou à fissura, que preferencialmente rompem as ligações deformadas do material frágil. Assim, agentes corrosivos podem ser usados para a redução da força requerida e para se permitir que a velocidade de fissura 30 seja limitada a muito menos do que a velocidade do som,



resultando em fissuras mais controláveis. Quaisquer agentes corrosivos adequados podem ser usados. Por exemplo, uma solução de hidróxido de potássio (KOH) pode ser usada como um agente corrosivo para silício. Alternativamente, uma ação eletroquímica pode ser usada para a ruptura das ligações de deformação de material frágil. Isto pode ser realizado com uma camada condutora embutida na lâmina.

Em uma outra modalidade da presente invenção, a posição da lâmina 18 pode ser ajustada ou deslocada após 10 uma fissura ser iniciada. Conforme mostrado nas FIG. 14A a 14D, uma fissura pode ser formada ao longo de uma linha 110 diferente da linha imaginária 112 que se estende para baixo para a barra 22 sob a superfície vertical de lâmina 18. Após a fissura ser criada e a lâmina penetrar na barra 22, 15 a lâmina 18 pode ser deslocada ligeiramente em direção à fatia, conforme mostrado na transição entre a FIG. 14B e a FIG. 14C, de modo que quando ela continuar no seu percurso para baixo a lâmina 18 não faça pressão para fora.

A presente invenção foi descrita com várias 20 modalidades e métodos em que uma seção fina de material frágil é clivada começando-se a partir de uma extremidade de uma barra de material frágil. Será apreciado que a presente invenção também se aplica à clivagem por metades, na qual uma haste é sucessivamente clivada em metades ao 25 longo de um percurso perpendicular a um eixo geométrico longitudinal 21 da massa de cristal único 22 (veja a FIG. 1). Conforme as metades ficam muito finas, elas são fracas demais para suportarem uma clivagem por meios convencionais. Um primeiro seguidor pode ser usado para 30 encaixe em uma superfície de extremidade da metade fina, e

um segundo seguidor pode ser usado para encaixe na extremidade oposta da metade fina. A lâmina, o seguidor e as ranhuras, conforme descrito aqui, são igualmente aplicáveis em estágios posteriores de clivagem em metades, 5 permitindo seções muito mais finas do que as obteníveis unicamente com uma clivagem convencional.

Em um aspecto da invenção, um aparelho para a clivagem de uma seção de uma barra de material frágil tendo uma extremidade pode ser provido e incluir um suporte adaptado 10 para manter a seção da barra em uma posição a ser clivada, uma lâmina, um atuador acoplado à lâmina para direcionamento da lâmina pelo menos parcialmente através da barra para a criação de uma porção clivada da barra e um seguidor para encaixe na extremidade da barra durante uma 15 clivagem.

A lâmina pode ter uma borda de entrada e uma superfície curvada côncava se estendendo a partir da borda de entrada. A superfície curvada côncava da lâmina pode ser provida com uma curva, e o seguidor pode ter uma superfície 20 curvada convexa provida com uma curva que se aproxima da superfície curvada côncava da lâmina. O seguidor pode ter uma superfície curvada convexa adicional, e uma superfície que se estende radialmente pode se estender a partir da superfície curvada convexa denominada primeiramente, e a 25 superfície curvada convexa denominada primeiramente pode ter um primeiro raio e a superfície curvada convexa adicional pode ter um segundo raio que é menor do que o primeiro raio por uma diferença que se aproxima da espessura da porção clivada da barra. A porção clivada da 30 barra pode ter uma espessura, e o seguidor pode incluir um

13

membro móvel, pelo menos uma camada de material tendo uma primeira porção provida com uma primeira espessura e uma segunda porção provida com uma segunda espessura que é menor do que a primeira espessura por uma diferença que se 5 aproxima da espessura da porção clivada da barra. O membro móvel pode ter um membro rotativo em torno de um eixo geométrico de rotação. O atuador pode direcionar uma lâmina em uma direção de curso, e o membro móvel pode ser um membro transladável em uma direção paralela à direção de 10 curso da lâmina. Pelo menos uma camada de material pode incluir uma camada elastomérica. A extremidade da barra pode ter uma superfície plana que se estende transversalmente à barra, e o seguidor pode incluir uma superfície plana que se estende a partir da superfície 15 curvada convexa e paralela à superfície plana da extremidade da barra.

Em um outro aspecto da invenção, um aparelho para a clivagem de uma seção de uma barra de material frágil pode ser provido e incluir um suporte adaptado para manter a 20 seção da barra em uma posição a ser clivada, uma lâmina tendo uma borda de entrada e uma região côncava que se estende a partir da borda de entrada e um atuador acoplado à lâmina para direcionamento da lâmina pelo menos parcialmente através da barra, para a criação de uma porção 25 clivada da barra. A região côncava pode ser formada a partir de uma superfície curvada côncava.

Em um outro aspecto da invenção, um aparelho de clivagem pode ser provido e incluir uma barra de material frágil tendo uma seção a ser clivada, um suporte para 30 manutenção da seção da barra em uma posição a ser clivada,

uma lâmina e um atuador acoplado à lâmina para acionamento da lâmina pelo menos parcialmente através da barra para a criação de uma porção clivada da barra. Um seguidor para encaixe da extremidade da barra durante uma clivagem pode ser incluído.

Em um outro aspecto da invenção, um método de clivagem de uma barra de material frágil tendo uma extremidade pode ser provido e incluir a iniciação de uma fissura na barra e o direcionamento de uma lâmina através da barra para a remoção de uma porção do material frágil da extremidade da barra.

A etapa de direcionamento pode incluir o direcionamento da lâmina através da barra a uma velocidade controlada. A etapa de iniciação pode incluir a iniciação da fissura a uma distância que varia de 50 a 200 mícrons a partir da extremidade da barra. O material frágil pode incluir um material cristalino. O material frágil pode ser selecionado a partir do grupo de materiais que consiste em silício, arseneto de gálio, germânio, silício-germânio e safira. A etapa de iniciação pode incluir guiar a lâmina ao longo de um suporte físico antes do direcionamento da lâmina para a barra para iniciação da fissura. O método ainda pode incluir o alinhamento da lâmina com a fissura, antes do direcionamento da lâmina ao longo da fissura. O método ainda pode incluir a formação de uma ranhura em uma superfície da barra, antes da etapa de iniciação. A etapa de formação pode incluir a formação da ranhura ao longo de um plano de cristal do material frágil. A ranhura pode ser provida com uma superfície que se estende substancialmente perpendicular a uma superfície da barra. A ranhura pode ser

50

uma ranhura de chaveta. O método ainda pode incluir guiar a lâmina ao longo de um suporte físico, pelo menos uma porção do suporte físico se estendendo para a ranhura para a provisão de uma superfície de guia substancialmente perpendicular a uma superfície da barra. O método ainda pode incluir a aplicação de uma força contra a extremidade da barra. A etapa de aplicação pode incluir mover um membro seguidor ao longo da extremidade da barra.

Uma das vantagens do aparelho e do método providos pela presente invenção é que os materiais frágeis podem ser clivados em seções finas, sem perda de serra.

A partir do precedente, será apreciado que, embora modalidades específicas da invenção tenham sido descritas aqui para fins de ilustração, várias modificações podem ser feitas, sem se desviar do espírito e do escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de clivagem de uma barra de material frágil que tem uma superfície e uma extremidade, caracterizado por compreender a formação de uma ranhura inicial na superfície em um plano de segmentação adjacente à extremidade da barra, iniciando uma fissura na barra usando a ranhura inicial, direcionando uma lâmina inteiramente através da barra para avançar a fissura de forma incremental através da barra e formar uma porção clivada do material frágil a partir da barra e sustentar a porção clivada por meio de um suporte seguindo o movimento da lâmina para prevenir fratura da porção clivada.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da etapa de direcionamento incluir o direcionamento da lâmina através da barra a uma velocidade controlada.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do material frágil incluir um material cristalino.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do material frágil ser selecionado a partir do grupo de materiais que consiste em silício, arseneto de gálio, germânio, silício-germânio e safira.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa inicial inclui contatar a barra de material frágil à lâmina.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de ainda compreender guiar a lâmina ao longo de um suporte físico, antes da etapa inicial.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6,

8. Método, de acordo com a reivindicação 1,
5 caracterizado pelo fato de ainda compreender o alinhamento da lâmina com a fissura, antes do direcionamento da lâmina ao longo da fissura.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1,
5 caracterizado pelo fato da ranhura inicial ser provida com uma superfície clivada espaçada da extremidade da barra de material frágil e perpendicular à superfície da barra.

10 10. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato da ranhura inicial ser uma ranhura de fechadura.

10 11. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de ainda compreender guiar a lâmina ao longo de um suporte físico, onde pelo menos uma porção do suporte físico se estende para a ranhura para a provisão de uma superfície de guia substancialmente perpendicular à superfície da barra.

11 12. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de o suporte que segue o movimento da lâmina compreender um membro seguidor e a etapa de suporte incluir movimentar o membro seguidor em relação à extremidade da barra.

12 13. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de ainda compreender a aplicação de um agente corrosivo na ranhura inicial para a ruptura das ligações deformadas do material frágil.

13 14. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de ainda compreender a formação de uma pluralidade de ranhuras iniciais na barra do material frágil e onde a etapa inicial inclui iniciar uma fissura em pelo menos uma da pluralidade de ranhuras iniciais.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de ambos a lâmina e o suporte
seguidor do movimento da lâmina possuirem uma superfície
curvada para engatar a porção clivada.

5 15. Método, de acordo com a reivindicação 14,
caracterizado pelo fato de que a porção clivada do material
frágil se curva durante a etapa de direcionamento.

10 16. Método, de acordo com a reivindicação 14,
caracterizado pelo fato de que a porção curvada salta sobre
um raio correspondente a um raio da lâmina e um raio
suporte.

15 17. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que a lâmina é direcionada
através da barra de material frágil a uma distância que
correlaciona para uma largura do material frágil.

18. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de ainda compreender a aplicação de
um agente corrosivo na ranhura para a ruptura das ligações
deformadas do material frágil.

20 19. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que a ranhura inicial é
substancialmente em forma de V e a etapa inicial inclui
forçar um par de lâminas na ranhura em forma de V para
iniciar a fissura.

25 20. Método, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizado pelo fato de que a etapa de suporte inclui
suportar a porção clivada com uma superfície curvada de
modo que a porção clivada se curva durante a clivagem da
barra.

30 21. Método de clivagem de uma barra de material frágil

que tem uma extremidade, caracterizado por compreender contatar a barra com uma lâmina para iniciar uma fissura na barra, alinhar a lâmina com a fissura para prover uma lâmina alinhada e direcionar a lâmina alinhada através da 5 barra para remover uma porção do material frágil da extremidade da barra.

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que a etapa de contato inclui guiar a lâmina ao longo de um suporte físico.

10 23. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de ainda compreender suportar a porção do material frágil removida da extremidade da barra por meio de um suporte seguindo o movimento da lâmina para prevenir fratura da porção removida.

15 24. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de ambos a lâmina e o suporte possuir uma superfície curvada para engatar a porção do material frágil removida da extremidade da barra.

20 25. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que a etapa de direcionamento inclui de forma incremental o direcionamento da lâmina através da barra a uma velocidade controlada.

25 26. Método de clivagem de uma barra de material frágil que tem uma extremidade, caracterizado por compreender a formação de uma ranhura de fechadura em uma superfície da barra, iniciar uma fissura na barra começando a partir da ranhura de fechadura e direcionando a lâmina através da barra para remover uma porção do material frágil da extremidade da barra.

30 27. Método, de acordo com a reivindicação 26,

caracterizado pelo fato de ainda compreender suportar a porção do material frágil removida da extremidade da barra por meio de um suporte seguindo o movimento da lâmina para prevenir fratura da porção removida.

5 28. Método, de acordo com a reivindicação 27,
caracterizado pelo fato de ambos a lâmina e o suporte
possuirem uma superfície curvada para engatar a porção do
material frágil removida da extremidade da barra.

29. Método, de acordo com a reivindicação 26,
10 caracterizado pelo fato de que a etapa de direcionamento
inclui de forma incremental o direcionamento da lâmina
através da barra a uma velocidade controlada.

30. Método de clivagem de uma barra de material frágil que tem uma extremidade, caracterizado por compreender a formaçāo de uma ranhura na superfície da barra, iniciar uma fissura na barra começando da ranhura, fornecer um suporte físico tendo uma porção que se estende na ranhura e possui uma superfície guia que é substancialmente perpendicular à superfície e direcionando a lâmina ao longo da superfície guia e através da barra para remover uma porção do material frágil da extremidade da barra.

31. Método, de acordo com a reivindicação 30,
caracterizado pelo fato de que ainda compreende suportar a
porção do material frágil removida da extremidade da barra
25 por meio de um suporte seguindo o movimento da lâmina para
prevenir fratura da porção removida.

32. Método, de acordo com a reivindicação 31,
caracterizado pelo fato de ambos a lâmina e o suporte
possuirem uma superfície curvada para engatar a porção do
30 material frágil removida da extremidade da barra.

33. Método, de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que a etapa de direcionamento inclui de forma incremental o direcionamento da lâmina através da barra a uma velocidade controlada.

5 34. Método de clivagem de uma barra de material frágil que tem uma extremidade, caracterizado por compreender o direcionamento de uma lâmina através da barra para formar uma porção clivada a partir da barra e engatar a extremidade da barra com uma superfície curva durante a 10 clivagem para suportar a porção clivada conforme a porção clivada se curva a partir da lâmina durante a clivagem.

15 35. Método, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de ainda compreender o giro da superfície curvada enquanto a lâmina está sendo direcionada através da barra.

20 36. Método, de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que a lâmina viaja em uma direção enquanto está sendo dirigida através da barra e onde a superfície curvada gira sobre um ponto de giro 25 durante a etapa de giro, ainda compreendendo mover o ponto de giro em uma direção paralela à direção de viagem da lâmina enquanto a lâmina é dirigida através da barra.

37. Método, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que a lâmina viaja em uma 25 direção enquanto está sendo dirigida através da barra, ainda compreendendo mover a superfície curvada em uma direção paralela à direção de curso da lâmina enquanto a lâmina está sendo dirigida através da barra.

38. Aparelho para a clivagem de uma seção de uma barra 30 de um material frágil tendo uma extremidade, caracterizado

por compreender um suporte adaptado para manter a seção da barra em uma posição a ser clivada, uma lâmina, um atuador acoplado à lâmina para direcionamento da lâmina pelo menos parcialmente através da barra para a criação de uma porção 5 clivada da barra em um seguidor para encaixe da extremidade da barra durante uma clivagem.

39. Aparelho, de acordo com a reivindicação 38, caracterizado pelo fato da lâmina ter uma borda de entrada e uma superfície curvada côncava que se estende a partir da 10 borda de entrada.

40. Aparelho, de acordo com a reivindicação 39, caracterizado pelo fato da superfície curvada côncava da lâmina ser provida com uma curva e do seguidor ter uma superfície curvada convexa provida com uma curva que se 15 aproxima da curva da superfície curvada côncava da lâmina.

41. Aparelho, de acordo com a reivindicação 40, caracterizado pelo fato do seguidor ter uma superfície curvada convexa adicional, uma superfície que se estende radialmente a partir da superfície curvada convexa 20 primeiramente denominada até a superfície curvada convexa adicional.

42. Aparelho, de acordo com a reivindicação 41, caracterizado pelo fato da porção clivada da barra ter uma espessura, e da superfície curvada convexa primeiramente 25 denominada ter um primeiro raio e da superfície curvada convexa adicional ter um segundo raio que é menor do que o primeiro raio por uma diferença que se aproxima da espessura da porção clivada da barra.

43. Aparelho, de acordo com a reivindicação 39, 30 caracterizado pelo fato da porção clivada da barra ter uma

espessura, do seguidor incluir um membro móvel e pelo menos uma camada de material forçada pelo membro móvel contra a barra, pelo menos uma camada de material tendo uma primeira porção provida com uma primeira espessura e uma segunda 5 porção provida com uma segunda espessura, que é menor do que a primeira espessura por uma diferença que se aproxima da espessura da porção clivada da barra.

44. Aparelho, de acordo com a reivindicação 43, caracterizado pelo fato do membro móvel ser um membro 10 rotativo em torno de um eixo geométrico de formação.

45. Aparelho, de acordo com a reivindicação 43, caracterizado pelo fato do atuador direcionar a lâmina em uma direção de curso, o membro móvel sendo um membro transladável em uma direção paralela à direção de curso da 15 lâmina.

46. Aparelho, de acordo com a reivindicação 43, caracterizado pelo fato de pelo menos uma camada de material incluir uma camada elastomérica.

47. Aparelho, de acordo com a reivindicação 40, 20 caracterizado pelo fato da extremidade da barra ter uma superfície plana que se estende transversalmente à barra, do seguidor incluindo uma superfície plana que se estende a partir da superfície curvada convexa e paralela à superfície plana da extremidade da barra.

48. Aparelho, de acordo com a reivindicação 38, 25 caracterizado pelo fato da barra de material frágil ter uma outra extremidade oposta à extremidade primeiramente denominada, e do aparelho compreender um seguidor adicional adaptado para encaixe na outra extremidade da barra.

49. Aparelho para a clivagem de uma seção de uma barra 30

de material frágil, caracterizado por compreender um suporte adaptado para manter a seção da barra em uma posição a ser clivada, uma lâmina tendo uma borda de entrada e uma região côncava que se estende a partir da 5 borda de entrada e um atuador acoplado à lâmina para direcionamento da lâmina pelo menos parcialmente através da barra para a criação de uma porção clivada da barra.

50. Aparelho, de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato da região côncava ser formada a 10 partir de uma superfície curvada côncava.

51. Aparelho de clivagem, caracterizado por compreender uma barra de material frágil que tem uma seção a ser clivada, um suporte para manutenção da seção da barra em uma posição a ser clivada, uma lâmina e um atuador 15 acoplado à lâmina para direcionamento da lâmina pelo menos parcialmente através da barra para a criação de uma porção clivada da barra.

52. Aparelho, de acordo com a reivindicação 51, caracterizado por compreender ainda um seguidor para 20 encaixe na extremidade da barra durante uma clivagem.

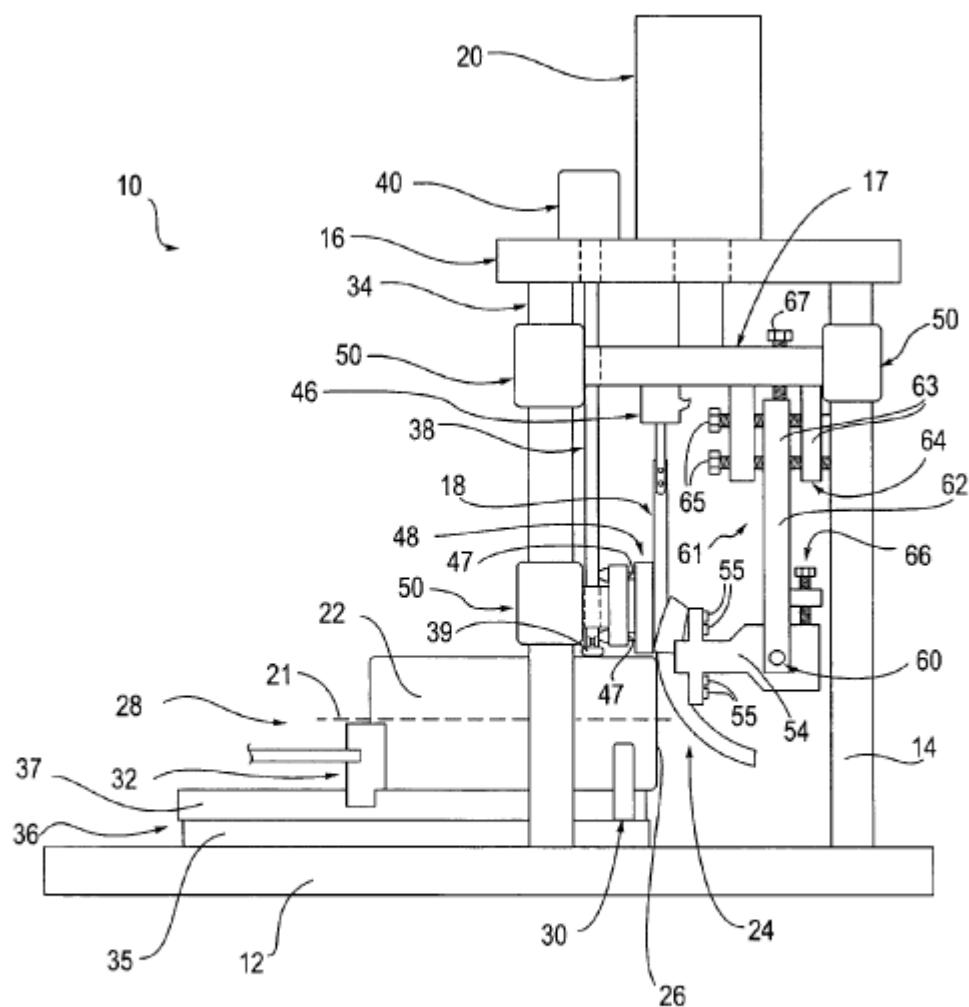


Figura 1

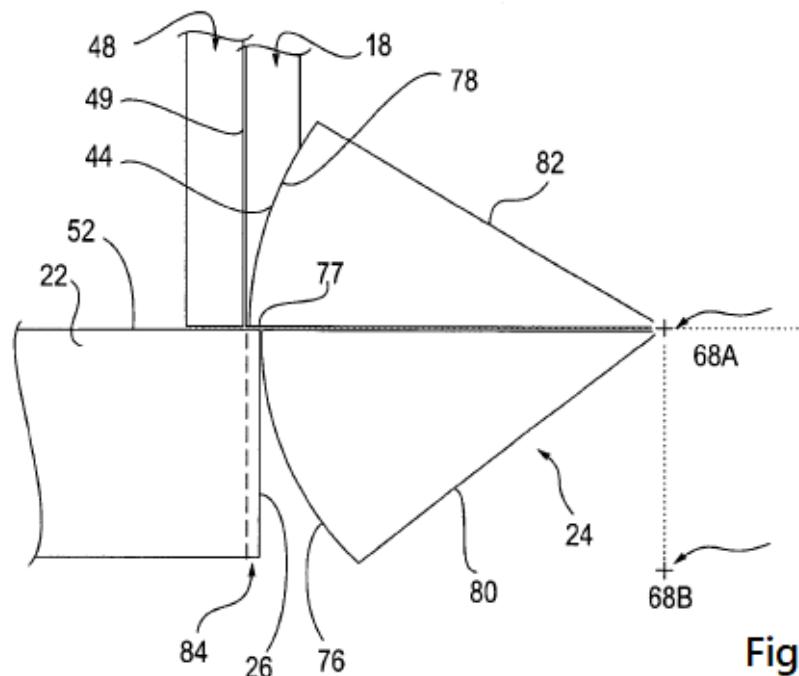


Figura 2

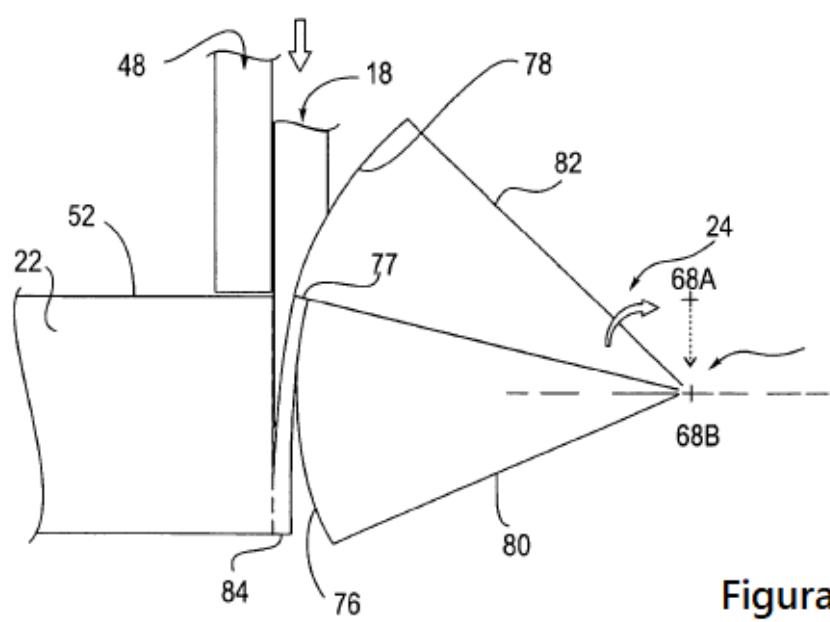


Figura 3

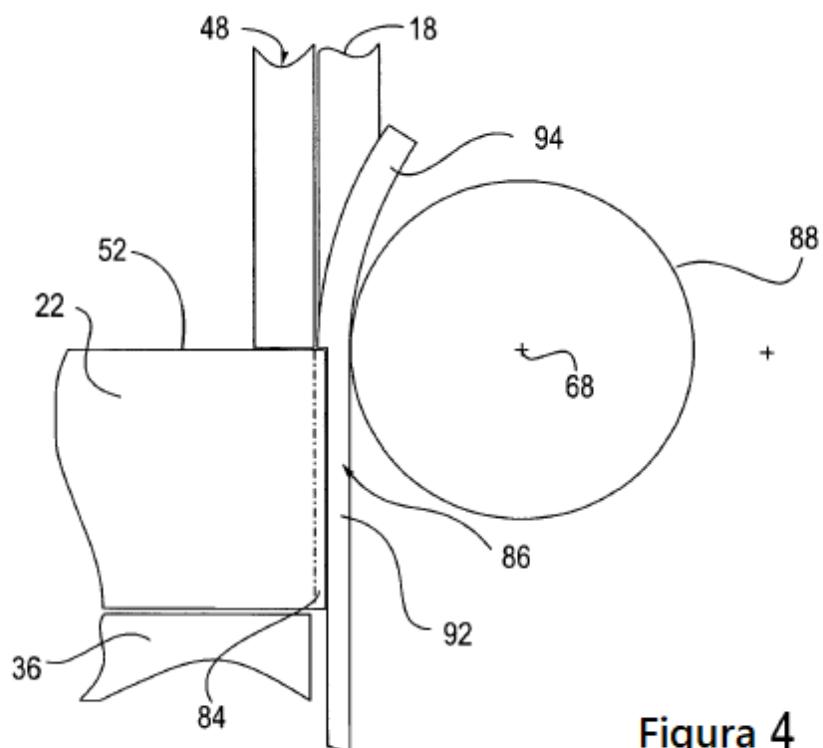


Figura 4

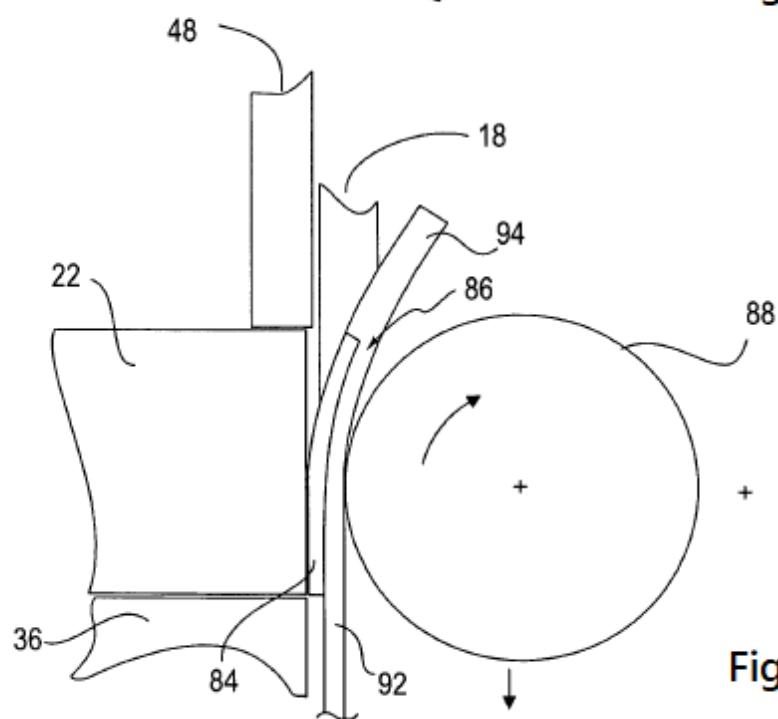


Figura 5

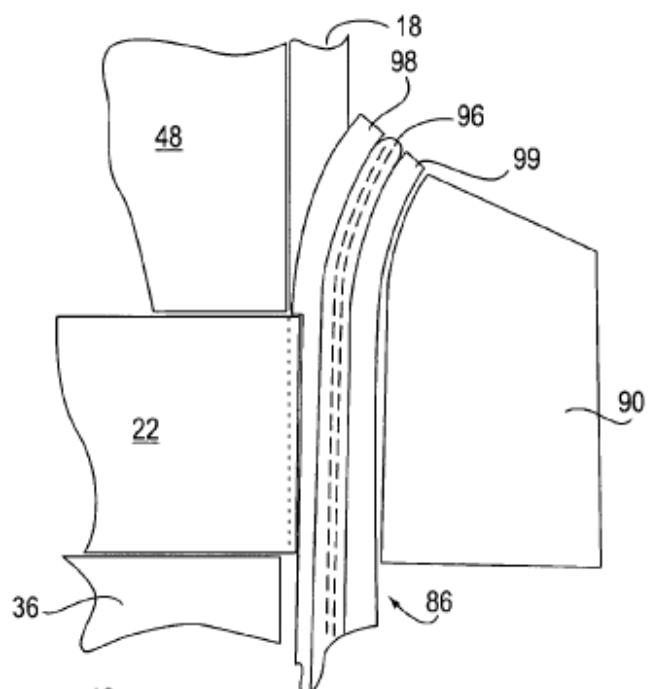


Figura 6

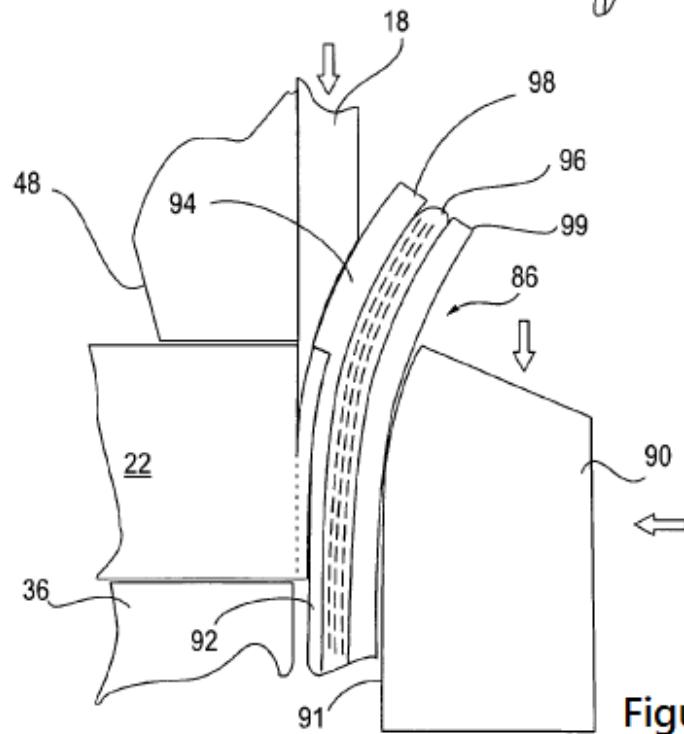


Figura 7

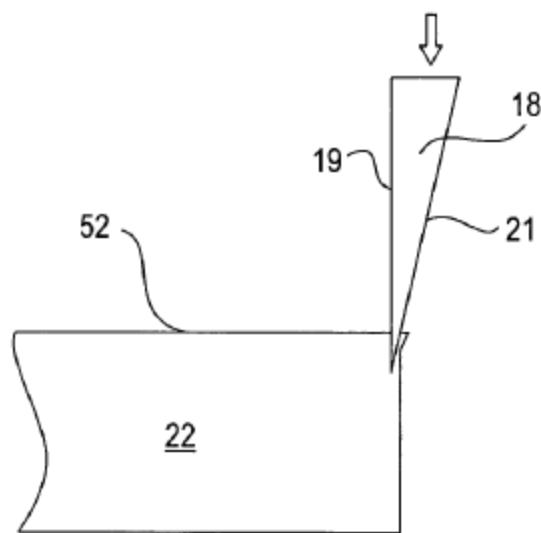


Figura 8

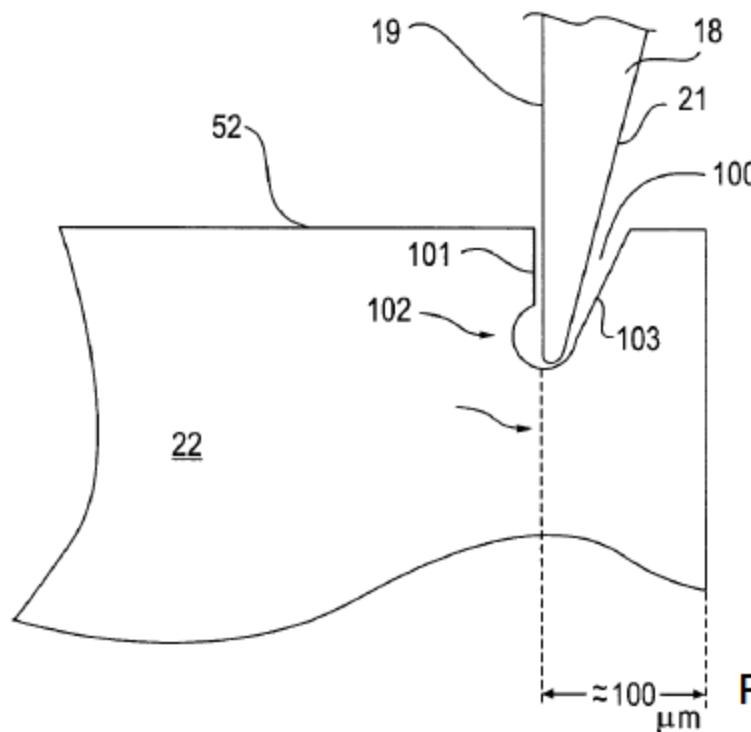


Figura 9

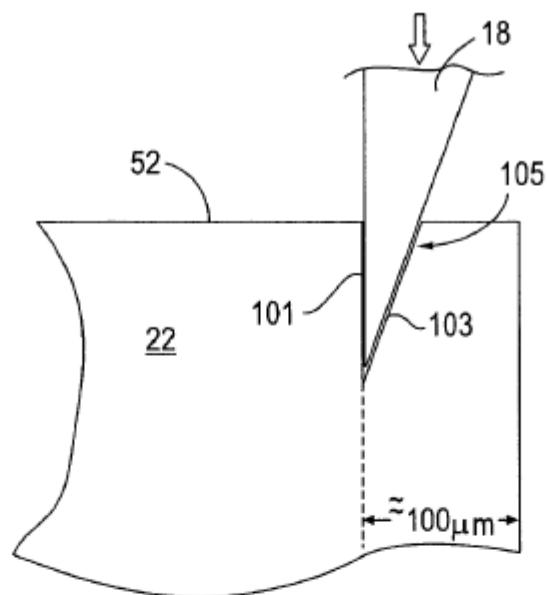


Figura 10

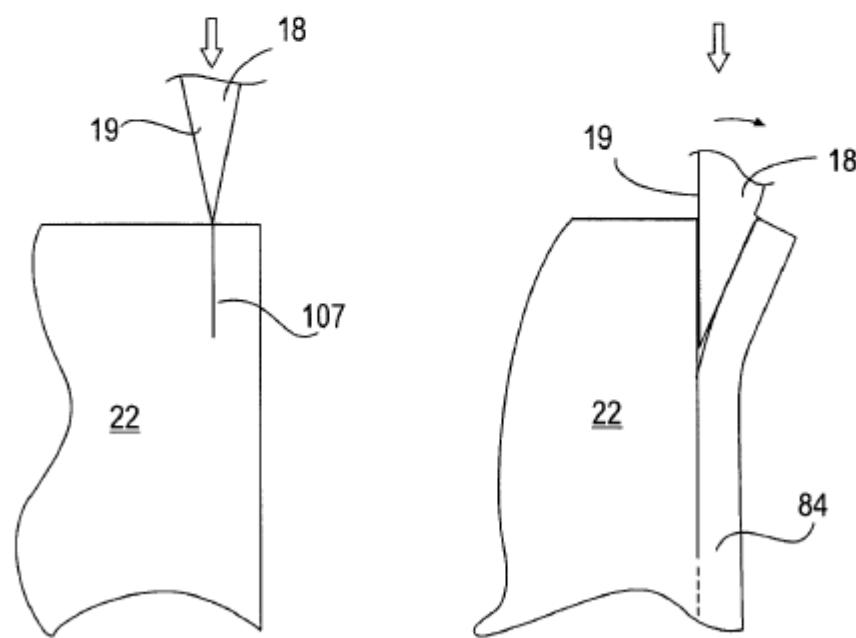


Figura 11A

Figura 11B

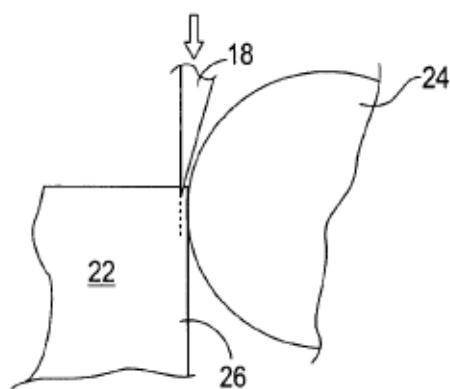


Figura 12A

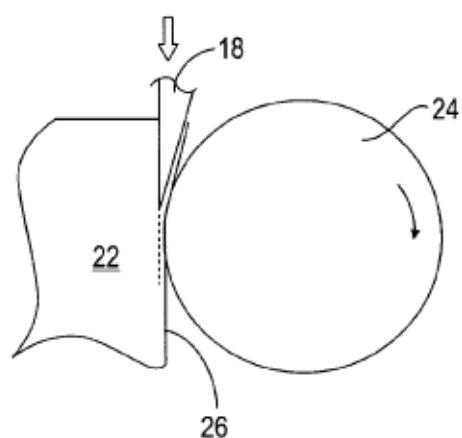


Figura 12B

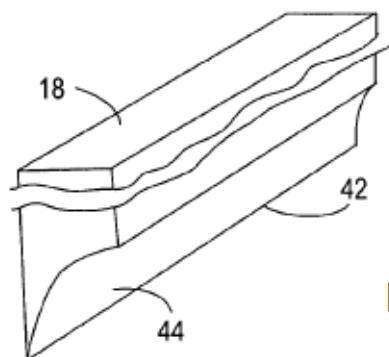
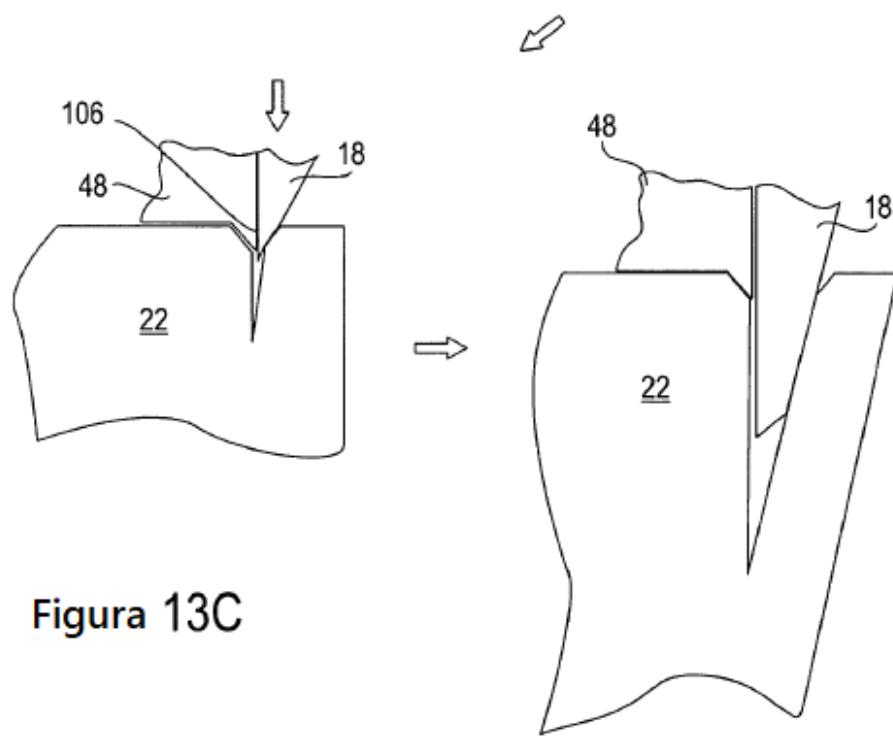
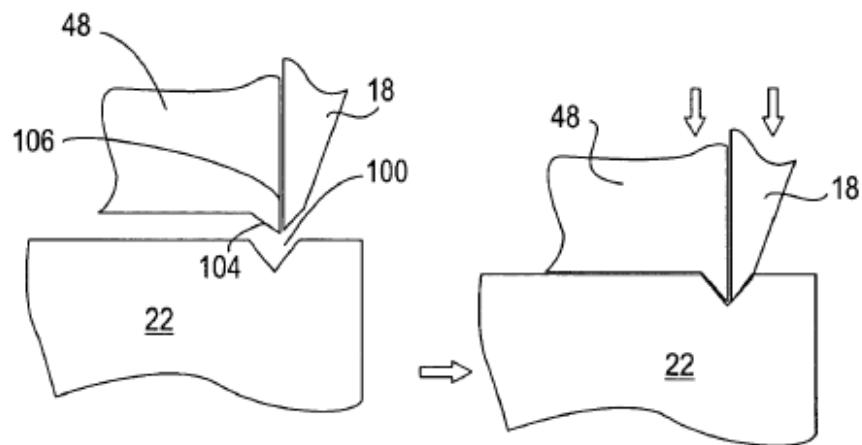


Figura 15



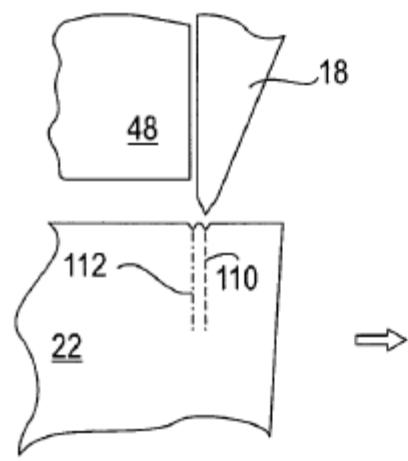


Figura 14A

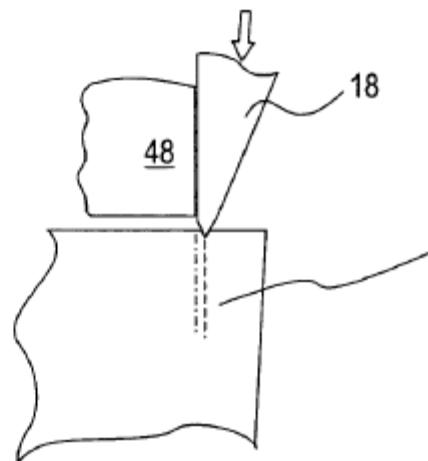


Figura 14B

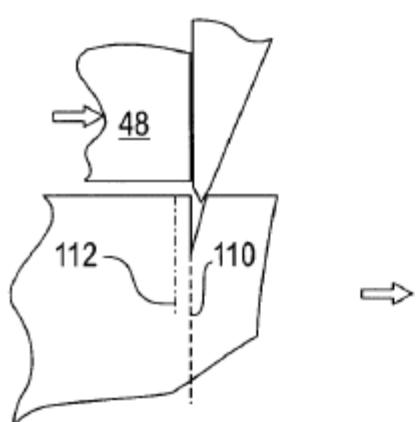


Figura 14C

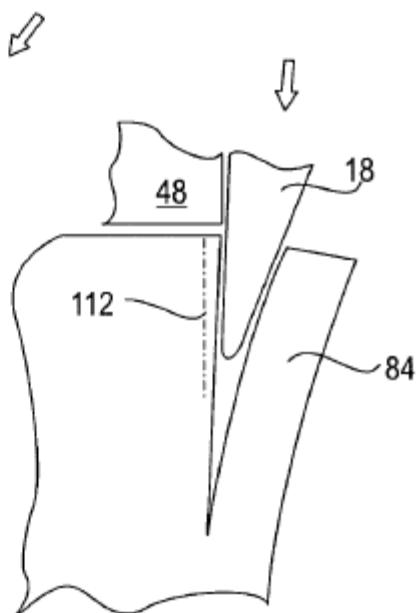


Figura 14D