



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 340 402**

51 Int. Cl.:

B26F 3/00 (2006.01)

H01L 21/304 (2006.01)

H01L 21/463 (2006.01)

B28D 1/22 (2006.01)

B28D 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05769112 .3**

96 Fecha de presentación : **03.06.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1782465**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.05.2007**

54 Título: **Método para escindir materiales quebradizos.**

30 Prioridad: **03.06.2004 US 576888 P**
02.06.2005 US 144465

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.06.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.06.2010

73 Titular/es: **OWENS TECHNOLOGY, Inc.**
5355 Capital Court, Suite 106
Reno, Nevada 89502, US

72 Inventor/es: **Owens, Gary**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 340 402 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para escindir materiales quebradizos.

5 Campo técnico

La presente invención se refiere generalmente a la escisión, y más particularmente, a un método para escindir materiales quebradizos en secciones delgadas.

10 Antecedentes

Las “obleas” delgadas planas de materiales semiconductores y similares son útiles para la fotovoltaica y otras electrónicas en estado sólido y como sustratos para diversos sistemas tales como el sistema microelectromecánico (MEMS). En la actualidad, se obtienen habitualmente serrando un lingote o bloque colado de material y puliendo después las rodajas resultantes. El proceso de serrado produce una gran cantidad de desechos y es caro. Los altos gastos limitan el mercado para ciertos productos, tales como sistemas fotovoltaicos. Las técnicas convencionales para pulverizar y pulir cristales para obtener secciones delgadas introducen defectos e impurezas en el cristal. No se ha demostrado que los métodos alternativos para crear secciones delgadas por procesos aditivos produzcan un material de alta calidad. Los métodos concebidos hasta la fecha para la escisión en secciones delgadas, es decir, adherir una extensión sobre el cristal, solamente sirven para secciones muy pequeñas y son incómodos y lentos a la hora de retirar el adhesivo. Una de las cuestiones fundamentales al escindir convencionalmente una sección muy delgada es el comportamiento muy diferente de las dos piezas durante la escisión. El cuerpo principal del cristal permanece bastante rígido, pero la sección delgada no puede resistir tanta fuerza, de manera que la hoja de escisión se tuerce lateralmente, rompiendo la sección delgada antes de que se pueda conseguir una escisión completa.

El documento US 3.901.423 describe un método para fraccionar materiales cristalinos para producir obleas delgadas que incluye aplicar una carga de tracción a una barra de silicio y forzar después una cuña en una muesca formada previamente en uno o ambos lados del material.

El documento US 4.955.357 describe un método para cortar una barra de silicio policristalino que comprende aplicar fuerzas de presión sobre un plano perpendicular al eje longitudinal de la barra hacia el eje de la barra en al menos dos posiciones en la periferia de la barra simétrica al eje de la barra mediante los bordes de la muesca. Los bordes de la muesca forman bordes cortantes y un medio motriz, por ejemplo, un cilindro hidráulico, proporciona la fuerza motriz. Cuando se aplica la fuerza motriz, la barra se parte instantáneamente y un trozo cortado cae en un vertedero.

El documento JP 11-284-278 describe un sistema en el que se forman diversas ranuras en una barra de diodo láser y se usa después una cortadora insertando un borde cortante en las ranuras, de manera que se retira una lasca.

Por consiguiente, hay demanda de métodos y aparatos mejorados para escindir materiales quebradizos.

Sumario de la invención

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para escindir una barra de material quebradizo de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

El aparato para el uso en el método de la invención incluye un soporte adaptado para sujetar la sección de la barra en una posición para escindirse, una hoja, un accionador acoplado a la hoja para impulsar la hoja al menos parcialmente a través de la barra para crear una parte escindida de la barra y un seguidor para entrar en contacto con el extremo de la barra durante la escisión.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista lateral en alzado que ilustra esquemáticamente un aparato para escindir material quebradizo.

La Figura 2 es una vista lateral ampliada en alzado que ilustra esquemáticamente una hoja del aparato de la Figura 1 en una primera posición.

La Figura 3 es una vista lateral en alzado que ilustra esquemáticamente una hoja de la parte del aparato de la Figura 2 en una segunda posición.

La Figura 4 es una vista lateral en alzado, similar a la Figura 2, de otra realización del aparato para escindir material quebradizo en una primera posición.

La Figura 5 es una vista lateral en alzado, similar a la Figura 3, de la parte del aparato de la Figura 4 en una segunda posición.

ES 2 340 402 T3

La Figura 6 es una vista lateral en alzado, similar a la Figura 2, de una realización adicional del aparato para escindir material quebradizo en una primera posición.

La Figura 7 es una vista lateral en alzado similar a la Figura 3, de la porción del aparato de la Figura 6 en una segunda posición.

La Figura 8 ilustra esquemáticamente el inicio de un proceso de escisión de acuerdo con un método de la presente invención.

La Figura 9 ilustra esquemáticamente el inicio de un proceso de escisión de acuerdo con otro método de la presente invención.

La Figura 10 ilustra esquemáticamente el inicio de un proceso de escisión de acuerdo con un método adicional de la presente invención.

La Figura 11A ilustra esquemáticamente una hoja en una primera posición durante el inicio de un proceso de escisión en otro método más de la presente invención.

La Figura 11B ilustra esquemáticamente una hoja en una segunda posición en el proceso de escisión al que se hace referencia en la Figura 11A.

La Figura 12A es una vista lateral en alzado, similar a la Figura 2, de otra realización del aparato para escindir material quebradizo en una primera posición.

La Figura 12B es una vista lateral en alzado, similar a la Figura 3, de la parte del aparato de la Figura 12A en una segunda posición.

La Figura 13A ilustra esquemáticamente una ranura, una hoja y una placa de refuerzo para escindir un material quebradizo de acuerdo con un método de la presente invención.

La Figura 13B ilustra esquemáticamente el inicio de un proceso de escisión de acuerdo con un método de la presente invención.

La Figura 13C ilustra esquemáticamente la propagación de la grieta iniciada en la etapa ilustrada en la Figura 13B de acuerdo con un método de la presente invención.

La Figura 13D ilustra esquemáticamente la propagación del proceso de escisión de acuerdo con un método de la presente invención.

La Figura 14A ilustra esquemáticamente una hoja y una placa de refuerzo para escindir una barra de material quebradizo de acuerdo con un método de la presente invención.

La Figura 14B ilustra esquemáticamente el inicio del proceso de escisión de acuerdo con un método de la presente invención.

La Figura 14C ilustra esquemáticamente la propagación de la grieta iniciada en la etapa ilustrada en la Figura 14B de acuerdo con un método de la presente invención.

La Figura 14D ilustra esquemáticamente la propagación del proceso de escisión de acuerdo con un método de la presente invención.

La Figura 15 es una vista ampliada en perspectiva que ilustra esquemáticamente una hoja de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

En lo sucesivo en este documento se describen diversas realizaciones de la presente invención con referencia a las figuras. Se debe observar que las figuras no están dibujadas a escala y elementos con estructuras o funciones similares se representan por los mismos números de referencia en todas las figuras. También se debe observar que se pretende que el texto y las figuras solamente faciliten la descripción de realizaciones específicas de la invención. No se pretende que sean una descripción exhaustiva de la invención o una limitación del alcance de la invención. Además, un aspecto descrito junto con una realización particular de la presente invención no necesariamente está limitado a la realización y se puede ejecutar en cualquier otra realización de la presente invención.

Un aparato 10, que se puede usar en una realización de la presente invención, por ejemplo, para escindir una sección de una barra de material quebradizo (véase la Figura 1). Los materiales quebradizos, como se usa en este documento, generalmente se refieren a materiales que pueden sostener solamente una pequeña cantidad de deformación antes de romperse o fraccionarse. El silicio y otros materiales comunes de semiconductor/sustrato (tales como

ES 2 340 402 T3

arseniuro de galio y zafiro) habitualmente son duros y/o quebradizos. Pero, cuando están en una forma monocristalina, se pueden escindir láminas delgadas de estos materiales quebradizos y se pueden formar usando realizaciones de la presente invención. Por consiguiente, una lámina “delgada” o parte “delgada”, como se usa en este documento, generalmente se refiere a una rodaja o pieza del material quebradizo suficientemente delgada para sostener una cantidad de deformación antes de fraccionarse que es mayor que cuando el material es masivo. Generalmente, una oblea de silicio con un grosor preferiblemente inferior a 200 micrómetros es una lámina delgada de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. Otras realizaciones de la invención pueden utilizar un grosor mayor o menor de silicio. En algunas realizaciones, se genera una oblea de silicio que tiene un grosor entre 50 y 200 micrómetros. También se pueden generar otros grosores en realizaciones de la presente invención.

El aparato 10 incluye un elemento de soporte inferior o base 12 y una estructura recta que incluye una pluralidad de elementos laterales de marco 14 y una placa superior 16. Mientras que no se muestra en la Figura 1 para evitar que se oculte la ilustración, el aparato 10 puede incluir un par de microscopios para ayudar a la colocación y la alineación de la hoja. También se puede incluir una cinta flexible, un cable o una cadena o un mecanismo de piñón cremallera (no mostrado) en el aparato 10 para proporcionar una traslación rotatoria al movimiento lineal para impulsar el seguidor 24.

El aparato 10 incluye además una hoja 18, un accionador 20 acoplado a la hoja 18 para impulsar la hoja al menos parcialmente a través de una barra o un lingote de material quebradizo 22 para crear una parte escindida de la barra, y un seguidor 24 para entrar en contacto con el extremo 26 de la barra 22 durante la escisión. El aparato 10 puede incluir un mecanismo de empuje tal como una varilla de empuje 28 para suministrar el lingote de material quebradizo 22. Cualquier accionador o motor adecuado, no mostrado, está acoplado a la varilla de empuje 28 para mover el lingote 22 hacia el mecanismo de corte del aparato 10. Se proporciona un mecanismo de guía que incluye una guía frontal 30, una guía posterior 32 y una guía vertical 34 para guiar el lingote 22 en una posición para la escisión. Se proporciona un patín de ajuste fino 36 y la guía frontal 30 se asegura preferiblemente en una o más posiciones fijas del patín 36 y la guía posterior 32 está montada de forma deslizante en el patín 36. Específicamente, el patín de ajuste fino 36 puede ajustar la posición del lingote 22 para establecer una profundidad de corte, en algunas realizaciones, ajustar la posición de la hoja mientras que el corte avanza (véase la Figura 14). La guía frontal 30 puede ser una parte del patín de ajuste fino 36. La guía posterior 32 puede ser una parte del mecanismo de empuje del lingote 28 y desplazarse a lo largo del patín de ajuste fino 36. El patín de ajuste fino 36 puede ser una plataforma de movimiento rectilíneo que incluye un carril estacionario 35 acoplado a la base 12 y un carril móvil 37 que se sostiene por el carril estacionario 35 y se puede desplazar con respecto al mismo. El patín de ajuste fino 36 proporciona un ajuste fino y final a la posición del lingote 22 con respecto a la hoja 18 después de haberse suministrado el lingote 22 por la varilla de empuje 28 hasta una posición aproximada. El patín de ajuste fino 36 puede estar motorizado y controlarse automáticamente. Una varilla de empuje para la inmovilización de la barra 38 está acoplada a un accionador o motor 40 para la inmovilización de la barra para sujetar o inmovilizar firmemente el lingote 22 hacia abajo y en su sitio sobre las guías 30 y 32 y sobre el patín 36. Una almohadilla 39 se puede acoplar a la parte inferior de la varilla de empuje para la inmovilización de la barra 38 para entrar en contacto con el lingote 22. La placa 17 se proporciona para soportar la hoja 18 y un ensamblaje de ajuste del seguidor 64 que se describirá a continuación. La placa 17 se mueve hacia arriba y hacia abajo sobre apoyos lineales 50.

La hoja 18 preferiblemente es suficientemente dura para resistir un desgaste excesivo de operaciones de escisión. Preferiblemente, la hoja 18 es suficientemente resistente para evitar un pandeo con una carga de la escisión. A modo de ejemplo, las cargas típicas de la escisión son aproximadamente 3 a 5 newtons para una escisión con una anchura de 10 mm en un plano de silicio. Los materiales ejemplares adecuados para escindir materiales quebradizos tal como silicio incluyen acero para herramientas endurecido con o sin un revestimiento de estaño, zirconio, carburo de tungsteno y zafiro. Dependiendo de las fuerzas necesarias y la resistencia del material de la hoja, el grosor de la punta de la hoja típicamente es aproximadamente 20 micrómetros para evitar un pandeo.

En una realización preferida, la hoja 18 es una hoja de fondo cóncavo, como se muestra en las Figuras 1-6 y 15. Se apreciará que la hoja 18 puede ser de cualquier forma o conformación adecuada tal como conformada en V. Como se muestra con más detalle en la Figura 15, la hoja de fondo cóncavo 18 tiene un borde principal 42 y una superficie curvada cóncava 44 que se extiende hacia el exterior del borde principal 42. La superficie curvada cóncava 44 provoca que los materiales escindidos se flexionen durante la escisión. La curva de la superficie curvada cóncava 44 se selecciona para permitir que el material quebradizo se flexione sin romperse para un grosor dado. El radio de la superficie curvada cóncava 44 depende de la resistencia del material que se está escindiendo y del grosor de la sección que se está escindiendo. Preferiblemente, la superficie curvada cóncava 44 de la hoja 18 tiene un arco que se aproxima al arco de la superficie curvada convexa 78 del seguidor 24 que se describirá a continuación. El arco se puede extender a través de toda la superficie inferior de la hoja 18 o extenderse una distancia al menos tan larga como la anchura de la rodaja que se tiene que escindir. Por ejemplo, un silicio con un grosor de 65 micrómetros típicamente tiene un radio mínimo de curvatura de aproximadamente 62 mm. Las superficies cortantes de la hoja 18 pueden estar tratadas, por ejemplo, por películas o lubricantes permanentes para reducir el rozamiento cuando la hoja ejecuta la escisión.

El accionador 20 está acoplado a la hoja 18 para aplicar una fuerza a la hoja 18 para impulsar la hoja 18 hacia y preferiblemente a través del lingote 22. Una celda de carga 46 está acoplada al accionador 20 para medir la fuerza aplicada a la hoja 18. Es deseable accionar la hoja 18 de una manera lenta y controlada para evitar daños a la hoja y reducir las probabilidades de una escisión errática. Los materiales duros y quebradizos tales como silicio tienen una tensión considerable en su interior cuando se escinden, de manera que su velocidad de escisión, es decir, la velocidad

ES 2 340 402 T3

a la que una grieta se desplaza a través del material, se acerca a la velocidad del sonido o del orden de kilómetros por segundo. Sin embargo, cuando se cortan secciones delgadas, la tensión en la sección delgada se relaja rápidamente, limitando cada segmento individual de escisión a una distancia de aproximadamente 1 mm. Por tanto, para conseguir una sección de interés (de aproximadamente 100 mm cuadrados), se tiene que hacer avanzar repetitivamente la grieta.

- 5 Si la hoja salta hacia delante mientras ejecuta la escisión, debido a la relajación repentina de tensión en la hoja y el material que se está escindiendo, la hoja puede sobrecargar el sistema de rodaja/seguidor, aumentando la probabilidad de que la grieta se desvíe a través de la rodaja, destrozando por tanto la rodaja. También es deseable mover una hoja de una manera lenta y controlada para coincidir con una posición del seguidor que se tiene que describir con más detalle a continuación.

10

Una placa de soporte o refuerzo físico 48 se puede usar para guiar la hoja 18 durante la escisión, especialmente en la etapa inicial de la escisión (véanse las Figuras 1-2). La placa de refuerzo 18 se puede soportar por apoyos tales como apoyos lineales 50 que pueden desplazarse hacia arriba y hacia abajo sobre la guía 34. La montura 47 se puede usar para acoplar la placa de refuerzo 18 a los apoyos 50. A modo de ejemplo, la placa de refuerzo 48 puede incluir una superficie 49 sustancialmente perpendicular a una superficie superior 52 del lingote 22, de manera que la placa de refuerzo 48 se alinea con y soporta la hoja 18 durante la escisión. La placa de refuerzo 48 también puede incluir un reborde que se extiende hacia el interior de una ranura que se tiene que describir con más detalle a continuación.

15

- 20 El seguidor 24 está adaptado para entrar en contacto con el extremo 26 del lingote 22 durante la escisión. El seguidor 24 también puede funcionar para guiar la hoja 18 durante la escisión de una manera lenta y controlada. El seguidor 24 está acoplado a una unión 54 por cualquier medio adecuado tal como una pluralidad de pernos u otros fijadores 55 para estar asegurado de forma rígida en la unión 54. La unión 54 está acoplada a un ensamblaje de soporte del seguidor 61 por cualquier medio adecuado y, como se muestra, está acoplado sobre un pivote o de manera rotatoria al ensamblaje 61 mediante un árbol o una clavija de pivote 60 que se extiende a través del extremo inferior de un árbol 62. El ensamblaje de soporte 61 incluye el árbol 62, un ensamblaje de ajuste 64 asegurado en el extremo superior del árbol 62 y un ajuste de detención de rotación 66 para limitar el movimiento angular de la unión 54 y el seguidor 24 con respecto al árbol 62. El ensamblaje de ajuste 64 sirve para asegurar el árbol 62 en la placa 17 por un elemento tal como barras 63 y pernos 65 y para permitir que el árbol 62 se ajuste en altura por el perno 67, de manera que el eje de rotación de la clavija 60 se sitúa en el punto donde se produce la torsión de la rodaja. El ensamblaje 64 permite además el desplazamiento vertical del árbol 62 y, por tanto, que la clavija 60 y el seguidor 24 se presenten en un recorrido paralelo a la hoja 18 y al unísono con la hoja 18. El seguidor 24 gira alrededor de una clavija 60 por alguna combinación de rozamiento entre la superficie del seguidor 76 y la superficie terminal 26 del lingote 22, la presión de la porción superior de la rodaja sobre la parte superior del seguidor 24, es decir, la superficie 77, y/o un mecanismo de accionamiento explícito tal como una polea montada en la clavija 60 con una cadena, un cable o una cinta flexible fijado a la placa superior 16 o un engranaje de piñón montado en la clavija 60 y un engranaje de cremallera montado sobre una base 12 o un motor adecuado controlado para rotar la clavija 60 en el momento y con la velocidad adecuados. El rozamiento entre las superficies 44 y 78 se controla por un revestimiento anti-rozamiento sobre una o ambas de las superficies 44 y 78 y/o dimensionar la parte superior del seguidor 24 para ajustarse de forma suelta con respecto a la hoja 18 para no trabarse con la hoja 18. Mientras que la hoja 18 avanza, el ensamblaje de ajuste 64 también se mueve hacia abajo, lo que mueve el árbol 62 hacia abajo. El rozamiento entre la superficie del seguidor y la superficie terminal 26 del lingote 22 provoca que la unión 54 y el seguidor 24 roten alrededor de la clavija 60. Por consiguiente, mientras que avanza la hoja 18, el seguidor 24 se mueve hacia abajo y rota contra la parte escindida de material quebradizo. Como se muestra en las Figuras 2 y 3, el seguidor 24 rota alrededor de un eje de rotación 68, definido por la línea axial central de la clavija 60, durante la escisión. La ubicación de la clavija 60 y, por tanto, el eje de rotación 68, se mueve hacia abajo desde una primera posición 68A, ilustrada en la Figura 2, a una segunda posición 68B, ilustrada en la Figura 3, mientras que avanza la hoja 18.

30

35

40

45

50

55

60

65

En una realización que se muestra en las Figuras 2-3, el seguidor 24 es un seguidor rodante que tiene al menos una superficie curvada convexa similar a un arco de un círculo. En una realización preferida, el seguidor 24 puede incluir una primera superficie curvada convexa 76, adaptada para entrar en contacto con el extremo 26 del lingote 22, y una segunda superficie curvada convexa 78 adaptada para entrar en contacto con la hoja 18 durante la escisión. Una superficie que se extiende de forma radial 77 se extiende desde la primera superficie convexa 76 a la segunda superficie convexa 78. La superficie que se extiende de forma radial 77 entra en contacto con una parte del material quebradizo y tiene un radio sustancialmente igual al grosor de la parte del material quebradizo. La segunda superficie curvada convexa 78 puede estar provista de una curva que se aproxima a la curva de la superficie curvada cóncava 44 de la hoja 18 y se prefiere que la superficie 78 se extienda a través de un arco que se aproxima a la longitud del arco 44 de la hoja 18. La primera superficie curvada convexa 76 tiene un primer radio 80 y la segunda superficie curvada convexa 78 tiene un segundo radio 82 que se aproxima preferiblemente al radio de la superficie 44. La longitud del primer radio 80 depende de la resistencia del material que se está escindiendo y del grosor de la sección que se está escindiendo. La longitud del arco de la superficie 76 es preferiblemente suficientemente larga para cubrir la superficie de la sección 84 del lingote 22 a lo largo de todo el alcance de desplazamiento del seguidor 24. El primer y segundo radios 80 y 82 y el grosor de la parte escindida 84 se seleccionan de tal manera que una segunda superficie curvada convexa 78 entra en contacto con la superficie curvada cóncava 44 de la hoja 18 mientras que la primera superficie curvada convexa 76 entra en contacto con la parte escindida 84 de material quebradizo. A modo de ejemplo, el primer radio 80 es inferior al segundo radio 82 por una diferencia que se aproxima al grosor de la parte escindida 84.

ES 2 340 402 T3

El seguidor 24 puede tener otras realizaciones y estar dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, el seguidor 24 puede incluir una capa o tira flexible 86 y un miembro móvil que aplica una fuerza contra la tira 86 para forzar la tira contra el lingote (véanse las Figuras 4-5). Se apreciará que la capa flexible 86 es opcional pero no necesaria. El miembro móvil puede ser de cualquier tipo adecuado, tal como un rodillo rotatorio 88, como se muestra en las Figuras 4-5, o un bloque deslizante 90, como se muestra en las Figuras 6-7 y se describe a continuación. El rodillo 88 esta acoplado sobre un pivote al extremo inferior del árbol 62, por ejemplo, por la clavija 60, y puede estar accionado de forma rotatoria por rozamiento contra la tira 86, por ejemplo, con algún revestimiento áspero o un pequeño engranaje entre el rodillo 88 y la tira 86, de manera que el rodillo 88 rota en una dirección de las agujas del reloj, en las Figuras 4-5, alrededor del eje 68 mientras que el rodillo 88 y la hoja 18 se mueven hacia abajo con la fuerza del accionador 20. El rodillo 88 también se puede accionar por un accionamiento de piñón cremallera o de correa (no mostrado). La tira flexible 86 puede tener una primera parte 92 adaptada para entrar en contacto con la parte escindida 84 de material quebradizo y una segunda parte 94 adaptada para entrar en contacto con la hoja 18. La primera parte 92 tiene un primer grosor y la segunda parte tiene un segundo grosor. A modo de ejemplo, el primer grosor es inferior al segundo grosor por una diferencia que se aproxima al grosor de la parte escindida 84. Mientras que el rodillo 88 se mueve hacia abajo y rota alrededor del eje 68 durante la escisión, la hoja 18 avanza y el rodillo 88 presiona la tira flexible 86 para entrar en contacto con el lingote 22 y la hoja 18 para controlar la fuerza hacia el exterior sobre la parte escindida 84 del material quebradizo y mantener la hoja 18 alineada para una escisión apropiada.

En otra realización de la presente invención, la tira 86 del seguidor 24 incluye una capa absorbente de ondas de choque 96, como se muestra en las Figuras 6-7, que puede ser una capa elastomérica que amortigua las ondas de choque de cada grieta sucesiva. En algunas realizaciones, una capa elastomérica 96 está intercalada entre una primera y una segunda capas flexibles tales como una primera y una segunda lámina delgada de acero 98 y 99. En una realización preferida, la primera lámina 98 es similar a la tira 86 ilustrada en las Figuras 4-5 y tiene una primera y una segunda parte 92 y 94. Como alternativa, la capa elastomérica 96 puede entrar en contacto directamente con el lingote 22, si el elastómero es suficientemente firme, en cuyo caso la capa elastomérica se forma preferiblemente con una primera y una segunda parte 92 y 94.

Un bloque deslizante 90 se puede usar para aplicar una fuerza contra la tira flexible 86 (véanse las Figuras 6-7). El bloque deslizante 90 se mueve hacia abajo mientras que la hoja 18 desciende y preferiblemente está acoplado al extremo inferior del árbol 62 y, más preferiblemente, asegurado de forma rígida en el extremo inferior del árbol 62. Se puede proporcionar una superficie de apoyo 91 en el bloque 90 y estar formada de un plástico con un bajo coeficiente de rozamiento para entrar en contacto de forma deslizante con la tira flexible 86. Como alternativa, un apoyo de fluido u otro apoyo plano que se usa habitualmente, o cualquier otro medio adecuado, se puede usar para formar la superficie de apoyo 91 del bloque 90.

Durante el funcionamiento, el elemento de inmovilización de la barra 38 se levanta para permitir que un lingote de material quebradizo 22 se empuje o mueva por un mecanismo de empuje tal como una varilla de empuje 28 hasta una posición deseada para la escisión. Este empuje se puede guiar por guías del lingote delantera y posterior 30 y 32. La posición del lingote 22 se puede ajustar por el patín de ajuste fino 36. Cuando el lingote 22 está en una posición para escindirse, su superficie terminal 26 se empuja contra el seguidor 24 hasta una posición apropiada con respecto a la hoja 18 para establecer una profundidad de corte deseada, es decir, un grosor deseado de la parte del lingote que se tiene que escindir.

El motor para la inmovilización de la barra 40 se acciona después de manera que el elemento de inmovilización de la barra 38 entra en contacto con el lingote 22 y retiene el lingote en la posición deseada para la escisión. Si se necesita o desea algún espacio entre el lingote 22 y el seguidor 26 para permitir la escisión, el patín de ajuste fino 36 se puede mover hacia atrás (alejándose de la hoja 18) para permitir este espacio. La longitud y flexibilidad de la varilla de empuje para la inmovilización de la barra 38 permite que el lingote 22 permanezca inmovilizado firmemente.

El accionador de escisión 20 se acciona e impulsa hacia abajo la hoja 18 hasta que se inicia una grieta. Esto puede ser observable porque se afloja la fuerza sobre la hoja. Después, el patín de ajuste fino 36 se mueve más hacia atrás, para permitir que el lado trasero de la hoja 18 se desplace a lo largo de la escisión incipiente. La hoja 18 ahora está más avanzada. Mientras que la hoja 18 avanza, el ensamblaje de ajuste del seguidor 64 se mueve hacia abajo también, lo que mueve el árbol del seguidor 62 hacia abajo, rotando el seguidor sobre la clavija 60 por cualquier medio que se ha descrito anteriormente, rotando por tanto el seguidor 24.

Al final de la escisión, la rodaja se puede retirar por uno de dos métodos. Desde arriba, se puede usar un dispositivo tales como pinzas de vacío para agarrar la rodaja. El patín de ajuste fino 36 se mueve más hacia atrás para liberar la rodaja, y se retira la rodaja. Desde abajo, se repliega la hoja 18, después, se mueve más hacia atrás el patín de ajuste fino 36 y se libera la rodaja. También se puede usar una combinación de estas técnicas, u otras técnicas de retirada.

La presente invención proporciona un método para escindir una barra de material quebradizo. Generalmente, el método comprende iniciar una grieta en la barra e impulsar una hoja a través de la barra para retirar una parte del material quebradizo desde el extremo de la barra.

Un proceso de escisión en el que la hoja 18 escinde una barra de material quebradizo 22 de acuerdo con una realización de la presente invención se ilustra en la Figura 8. En esta realización, la hoja de escisión 18 impacta en el

ES 2 340 402 T3

material quebradizo en un plano cristalino, preferiblemente un plano cristalino débil. Por ejemplo, se sabe que para el silicio el plano (111) es el más débil, sirviendo casi igual el plano (110).

La escisión continúa a través del material quebradizo a una velocidad controlada. Una propagación de grietas rápida puede desviarse del plano destinado a fraccionarse, lo que típicamente produce una serie de pequeñas grietas crecientes. La hoja de escisión 18 debe ser suficientemente dura, suficientemente resistente y conformada apropiadamente para separar la lámina deseada de material de la barra del material.

En algunas realizaciones, el lado o la superficie posterior 19 de la hoja 18 dirigida hacia la parte principal de la barra 22 es sustancialmente perpendicular al plano de la escisión, lo que es paralelo a la superficie superior 52 del lingote, de manera que una fuerza reducida o ninguna actúa sobre la hoja para empujar la misma en la rodaja que se está escindiendo. El otro lado o la superficie opuesta 21 de la hoja es, en realizaciones preferidas, suficientemente angular para ser suficientemente resistente para resistir las fuerzas, pero no demasiado, sino, la rodaja que se está escindiendo experimenta una torsión excesiva y se rompe.

Para establecer un punto de partida apropiado para la escisión, se forma una ranura 100 en la barra 22 que se tiene que escindir, como se muestra en la Figura 9. La ranura 100 se puede usar para colocar la hoja 18 de manera que se pueda formar una grieta debajo de la superficie 19 de la hoja 18 dirigida hacia el volumen del material quebradizo, evitando o minimizando una torsión hacia el exterior de la hoja, lo que puede provocar que la escisión se desvíe y destruya la rodaja. La ranura inicial también disminuye la presión sobre la misma punta de la hoja, reduciendo los requisitos de resistencia y aumentando la vida útil (afilado) de la hoja.

En algunas realizaciones, la ranura inicial se puede formar desde una superficie vertical 101 dirigida hacia el extremo de la barra que se está escindiendo y una superficie inclinada 103 dirigida hacia el volumen de la barra. Puede adoptarse la forma de una muesca afilada, una conformación en V o una muesca de "ojo de cerradura". La muesca de "ojo de cerradura" 100 mostrada en la Figura 9 tiene un fondo o relieve aumentado 102, de manera que la grieta se inicia debajo del lado vertical. La muesca afilada 105 mostrada en la Figura 10 depende de una concentración de tensión en el punto agudo de la muesca para iniciar la grieta debajo del lado vertical. Las muescas de la presente invención pueden haberse creado mecánicamente, químicamente o de otra manera. Por ejemplo, la conformación deseada de las ranuras iniciales se puede crear por una herramienta de diamante o por ataque por iones reactivos.

Además de las ranuras iniciales en la superficie superior de la barra, puede ser útil proveer los lados y el fondo de la barra de ranuras para ayudar a guiar la grieta de forma más fiable.

Una realización de la presente invención en la que la hoja 18 se ajusta después de haberse iniciado la grieta 107 en la barra 22 se ilustra en las Figuras 11A-11B. En esta realización, la hoja 18 tiene una conformación simétrica en V que se usa para maximizar la resistencia de la hoja para iniciar la grieta. Después de haberse creado la grieta, la hoja 18 se ladea o inclina hacia el extremo de la barra 22, como se muestra en la Figura 11B, de manera que la superficie de la hoja 19 que se dirige hacia el volumen de material quebradizo es paralela a la superficie de la barra 26.

En algunas realizaciones de la presente invención, las ranuras 100 formadas en la barra 22 están separadas entre sí de 50 a 100 micrómetros. La ranura inicial 100 se alinea debajo de la hoja 18 y después la barra se inmoviliza en su sitio. Después, se aplica una fuerza a la hoja 18. Cuando se separa la rodaja escindida, se recoge de cualquier manera apropiada, por ejemplo, en algunas realizaciones por una barra de succión o chorros de gas. El proceso se repite hasta que la barra 22 sea demasiado corta para soportar que continúe la escisión. Después, se coloca otra barra para la escisión.

Una realización de la presente invención en la que un seguidor 24 entra en contacto con el extremo 26 de la barra 22 para limitar la fuerza hacia el exterior sobre la parte escindida de la rodaja se ilustra en la Figura 12. El seguidor 24, que incluye cualquier miembro adecuado móvil tal como un rodillo 88, también guía la hoja 18 durante la escisión de una manera lenta y controlada. El rodillo 88 soporta el material escindido en el punto de escisión para limitar la fuerza hacia el exterior del cuerpo de la barra 22 y para ayudar a evitar que se agriete o rompa la rodaja.

En otra realización de la presente invención, una placa de soporte o refuerzo físico 48 se usa para guiar la hoja 18 (véanse las Figuras 13A-13D). A este respecto, cuando se forman ranuras conformadas en V en la barra 22, la placa de refuerzo 48 puede incluir un reborde dependiente 104 que se extiende hacia el interior de la ranura 100, que preferiblemente se conforma en V, para proporcionar una superficie vertical temporal 106. La superficie vertical temporal 106 se alinea con la hoja 18 con el punto agudo que forma el fondo de las ranuras conformadas en V 100. La placa de refuerzo 48 soporta la hoja 18 cuando la hoja 18 desciende.

En algunas realizaciones, se pueden aplicar agentes corrosivos a la ranura y/o grieta que preferiblemente rompen los enlaces tensados del material quebradizo. Por tanto, los agentes corrosivos se pueden usar para reducir la fuerza necesaria y permitir que se limite la velocidad de la grieta a una velocidad mucho inferior a la del sonido, produciendo grietas mucho más controlables. Se puede usar cualquier agente corrosivo adecuado. Por ejemplo, se puede usar una solución de hidróxido de potasio (KOH) como un agente corrosivo para silicio. Como alternativa, se puede usar un efecto electroquímico para romper los enlaces de tensión de material quebradizo. Esto se puede realizar con una capa conductora incorporada en la hoja.

ES 2 340 402 T3

En una realización adicional de la presente invención, la posición de la hoja 18 se puede ajustar o mover después de haberse iniciado una grieta. Como se muestra en las Figuras 14A-14D, se puede formar una grieta a lo largo de una línea 110 diferente de la línea imaginaria 112 que se extiende hacia abajo al interior de la barra 22 debajo de la superficie vertical de la hoja 18. Después de haberse creado la grieta y que la hoja haya penetrado la barra 22, la hoja 18 se puede mover ligeramente hacia la rodaja como se muestra en la transición entre la Figura 14B a la Figura 14C, de manera que, cuando continúa su trayectoria hacia abajo, la hoja 18 no presiona hacia el exterior.

La presente invención se ha descrito con diversos métodos en los que una sección delgada de material quebradizo se escinde partiendo de un extremo de la barra de material quebradizo. Se apreciará que la presente invención también se aplica a la escisión por mitades, en la que una barra se escinde sucesivamente en mitades a la largo de un trayecto perpendicular al eje longitudinal 21 del lingote 22 (véase la Figura 1). Cuando las mitades se hacen muy delgadas, son demasiado débiles para soportar una escisión por medios convencionales. Se puede usar un primer seguidor para entrar en contacto con una superficie terminal de la mitad delgada y se puede usar un segundo seguidor para entrar en contacto con el extremo opuesto de la mitad delgada. La hoja, el seguidor y las ranuras como se han descrito anteriormente se pueden aplicar igualmente en las últimas etapas de escisión en mitades, permitiendo secciones mucho más delgadas que las que se pueden conseguir solamente con una escisión convencional.

Se puede proporcionar un aparato para el uso en el método de la presente invención para escindir una sección de una barra de material quebradizo que tiene un extremo e incluir un soporte adaptado para sujetar la sección de la barra en una posición para escindirse, una hoja, un accionador acoplado a la hoja para impulsar la hoja a través de la barra para crear una parte escindida de la barra y un seguidor para entrar en contacto con el extremo de la barra durante la escisión.

La hoja puede tener un borde principal y una superficie conformada de forma cóncava que se extiende hacia el exterior del borde principal. La superficie curvada cóncava de la hoja puede estar provista de una curva y el seguidor puede tener una superficie curvada convexa provista de una curva que se aproxima a la curva de la superficie curvada cóncava de la hoja. El seguidor puede tener una superficie curvada convexa adicional y una superficie que se extiende de forma radial se puede extender desde la superficie curvada convexa que se ha mencionado en primer lugar hasta la superficie curvada convexa adicional. La parte escindida de la barra puede tener un grosor y la superficie curvada convexa que se ha mencionado en primer lugar puede tener un primer radio y la superficie curvada convexa adicional puede tener un segundo radio que es inferior al primer radio por una diferencia que se aproxima al grosor de la parte escindida de la barra. La parte escindida de la barra puede tener un grosor y el seguidor puede incluir un miembro móvil y al menos una capa de material asegurado en el miembro móvil, teniendo la al menos una capa de material una primera parte provista de un primer grosor y una segunda parte provista de un segundo grosor que es inferior al primer grosor por una diferencia que se aproxima al grosor de la parte escindida de la barra. El miembro móvil puede tener un miembro rotatorio alrededor de un eje de rotación. El accionador puede impulsar la hoja en una dirección de desplazamiento y el miembro móvil puede ser un miembro trasladable en una dirección paralela a la dirección de desplazamiento de la hoja. La al menos una capa de material puede incluir una capa elastomérica. El extremo de la barra puede tener una superficie plana que se extiende de forma transversal a la barra y el seguidor puede incluir una superficie plana que se extiende desde la superficie curvada convexa y de forma paralela a la superficie plana del extremo de la barra.

Se puede proporcionar un aparato alternativo para el uso en el método de la presente invención para escindir una sección de una barra de material quebradizo e incluir un soporte adaptado para sujetar la sección de la barra en una posición para escindirse, una hoja que tiene un borde principal y una región cóncava que se extiende hacia el exterior del borde principal y un accionador acoplado a la hoja para impulsar la hoja a través de la barra para crear una parte escindida de la barra. La región cóncava se puede formar de una superficie curvada cóncava.

Se puede proporcionar un aparato adicional de escisión e incluir una barra de material quebradizo que tiene una sección que se tiene que escindir, un soporte para sujetar la sección de la barra en una posición para escindirse, una hoja y un accionador acoplado a la hoja para impulsar la hoja a través de la barra para crear una parte escindida de la barra. Se puede incluir un seguidor para entrar en contacto con el extremo de la barra durante la escisión.

De acuerdo con la presente invención, se puede proporcionar un método para escindir una barra de material quebradizo que tiene un extremo e incluye iniciar una grieta en la barra e impulsar una hoja a través de la barra para retirar una parte del material quebradizo desde el extremo de la barra.

La etapa de impulsión puede incluir impulsar la hoja a través de la barra a una velocidad controlada. La etapa de inicio puede incluir iniciar la grieta a una distancia que varía de 50 a 200 micrómetros desde el extremo de la barra. El material quebradizo puede incluir un material cristalino. El material quebradizo se puede seleccionar entre el grupo de materiales que consisten en silicio, arseniuro de galio, germanio, silicio-germanio y zafiro. La etapa de inicio puede incluir impulsar la hoja en la barra de material quebradizo. El método incluye además guiar la hoja a lo largo de un soporte físico antes de impulsar la hoja en la barra para iniciar la grieta. El método puede incluir además alinear la hoja con la grieta antes de impulsar la hoja a lo largo de la grieta. El método incluye además formar una ranura en una superficie de la barra antes de la etapa de inicio. La etapa de formación puede incluir formar la ranura a lo largo de un plano cristalino del material quebradizo. La ranura puede estar provista de una superficie que se extiende sustancialmente de forma perpendicular a una superficie de la barra. La ranura puede ser una ranura de ojo de cerradura. El método puede incluir además guiar la hoja a lo largo de un soporte físico, extendiéndose al menos

ES 2 340 402 T3

una parte del soporte físico hacia el interior de la ranura para proporcionar una superficie de guía sustancialmente perpendicular a la superficie de la barra. El método puede incluir además aplicar una fuerza contra el extremo de la barra. La etapa de aplicación puede incluir mover un miembro seguidor a lo largo del extremo de la barra.

5 Una de las ventajas del método que se proporciona por la presente invención es que los materiales quebradizos se pueden escindir en secciones delgadas sin desechos por serrado.

10 A partir de lo precedente, se apreciará que, a pesar de que se han descrito en este documento realizaciones específicas de la invención con propósitos de ilustración, se pueden hacer diversas modificaciones sin desviarse del alcance de la invención.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método para escindir una barra de material quebradizo (22) que tiene una superficie (52) y un extremo (26),
5 que comprende:
 formar una ranura inicial (100) en la superficie en un plano de escisión adyacente al extremo de la barra;
 iniciar una grieta en la barra usando la ranura inicial;
10 impulsar la hoja (18) completamente a través de la barra para hacer avanzar repetitivamente la grieta a través de la barra y formar una rodaja escindida (84) de los materiales quebradizos de la barra; y
 soportar la rodaja escindida mediante un soporte que sigue al movimiento de la hoja (24) para evita la fractura de
15 las rodajas escindidas.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de impulsión incluye impulsar la hoja a través de la barra a una velocidad controlada.
3. El método de la reivindicación 1, en el que el material quebradizo incluye un material cristalino.
20 4. El método de la reivindicación 1, en el que el material quebradizo se selecciona entre el grupo de materiales que consisten en silicio, arseniuro de galio, germanio, silicio-germanio y zafiro.
5. El método de la reivindicación 1, que comprende además guiar la hoja a lo largo de un soporte físico (48) antes de la etapa de inicio.
25 6. El método de la reivindicación 5, que comprende además alinear la hoja con la grieta antes de impulsar la hoja a lo largo de la grieta.
30 7. El método de la reivindicación 1, en el que la ranura inicial está provista de una superficie de escisión (101) separada del extremo de la barra de material quebradizo y perpendicular a la superficie de la barra.
8. El método de la reivindicación 1, en el que la ranura inicial es una ranura de ojo de cerradura (102).
35 9. El método de la reivindicación 1, que comprende además guiar la hoja a lo largo de un soporte físico (48), en el que al menos una parte del soporte físico (104) se extiende hacia el interior de la ranura (100) para proporcionar una superficie de guía sustancialmente perpendicular a la superficie de la barra.
40 10. El método de la reivindicación 9, en el que la superficie de guía está sustancialmente alineada en el mismo plano que la grieta.
11. El método de la reivindicación 1, en el que el soporte que sigue al movimiento de la hoja comprende un miembro seguidor (24) y la etapa de soporte incluye mover el miembro seguidor con respecto al extremo de la barra.
45 12. El método de la reivindicación 1, que comprende además aplicar un agente corrosivo en la ranura inicial para romper enlaces tensados del material quebradizo.
13. El método de la reivindicación 1, que comprende además formar una pluralidad de ranuras iniciales en la barra de material quebradizo y en el que la etapa de inicio incluye iniciar una grieta en al menos una de la pluralidad de
50 ranuras iniciales.
14. El método de la reivindicación 1, en el que cada uno de la hoja y el soporte que sigue al movimiento de la hoja tiene una superficie curvada (44) (76) para engranarse con la rodaja escindida.
55 15. El método de la reivindicación 14, en el que la rodaja escindida de material quebradizo se flexiona durante la etapa de impulsión.
16. El método de la reivindicación 14, en el que las superficies curvadas (44) (76) tienen aproximadamente los
60 mismos radios.
17. El método de la reivindicación 1, que comprende además aplicar un agente corrosivo en la grieta para romper los enlaces sometidos a tensión del material quebradizo.
65 18. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de soporte incluye soportar la rodaja escindida con una superficie curvada (76) a medida que la rodaja escindida se tuerce durante la escisión de la barra.

ES 2 340 402 T3

19. El método de la reivindicación 18, que comprende además rotar la superficie curvada mientras que la hoja se está impulsando a través de la barra.

5 20. El método de la reivindicación 18, en el que la hoja se desplaza en una dirección mientras que se está impulsando a través de la barra y en el que la superficie curvada rota alrededor de un eje de rotación (68) durante la etapa de rotación, comprendiendo además mover el eje de rotación en una dirección paralela a la dirección de desplazamiento de la hoja mientras que la hoja se está impulsando a través de la barra.

10 21. El método de la reivindicación 18, en el que la hoja se desplaza en una dirección mientras que se está impulsando a través de la barra, comprendiendo además mover la superficie curvada en una dirección paralela a la dirección de desplazamiento de la hoja mientras que la hoja se está impulsando a través de la barra.

15 22. El método de la reivindicación 1, en el que la hoja está conformada sustancialmente en V y, durante la etapa de inicio de grieta, se orienta para el uso en una posición recta para iniciar la grieta, después, la hoja se inclina hacia el extremo (26) de la barra, de tal manera que la superficie de la hoja (19) es paralela al extremo de la barra (26) antes de impulsar la hoja a través de la barra para hacer avanzar repetitivamente la grieta.

20 23. El método de la reivindicación 22, en el que el soporte que sigue al movimiento de la hoja tiene una superficie curvada (76), disponiéndose el soporte que sigue el movimiento de la hoja de tal manera que la superficie curvada rota alrededor de un eje de rotación (68), en el que el eje se mueve en una dirección paralela a la dirección de desplazamiento de la hoja mientras que la hoja se está impulsando a través de la barra.

25 24. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 18 ó 22, en el que el soporte que sigue al movimiento de la hoja interpone una tira flexible (86) entre la rodaja que se está escindiendo de la barra y el soporte curvado que sigue al movimiento de la hoja.

25. El método de la reivindicación 24, en el que la tira flexible incluye una tira flexible absorbente de impactos (96).

30 26. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 19 ó 22, en el que el soporte que sigue al movimiento de la hoja comprende una tira flexible (86) y un bloque deslizante (90) que tiene una capa de apoyo (91) entre la tira flexible y el bloque, en el que el bloque se mueve de forma paralela al movimiento de la hoja.

35

40

45

50

55

60

65

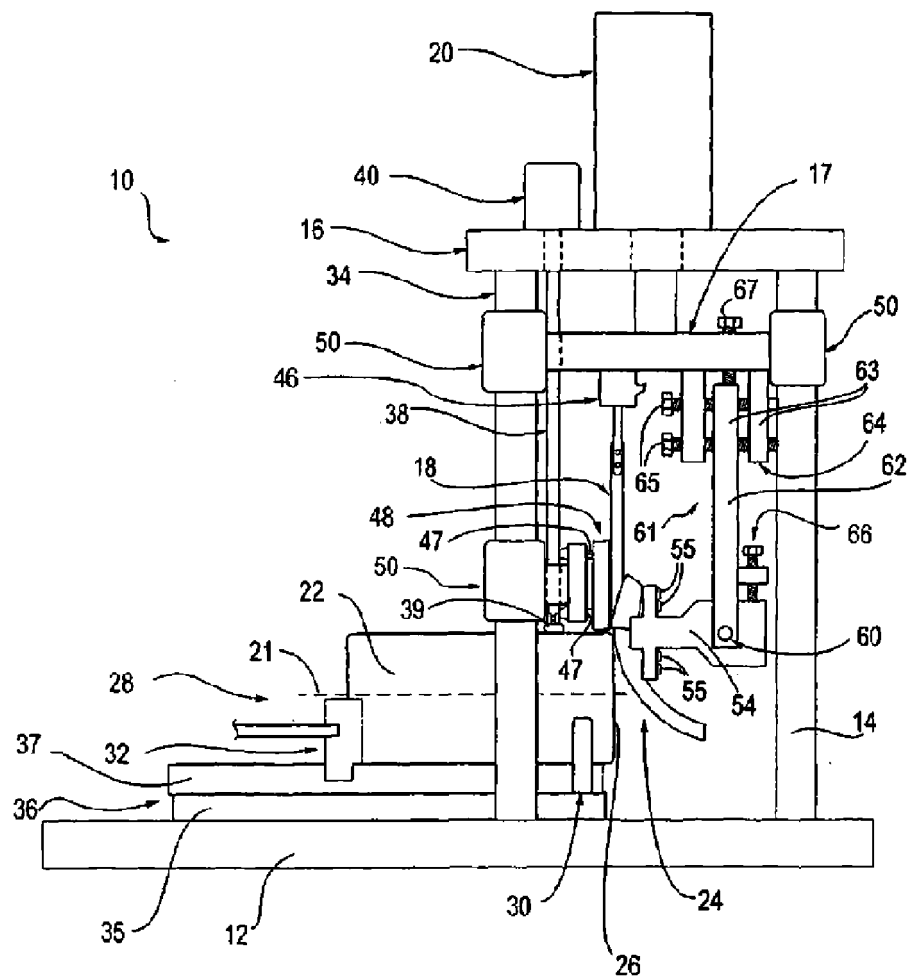
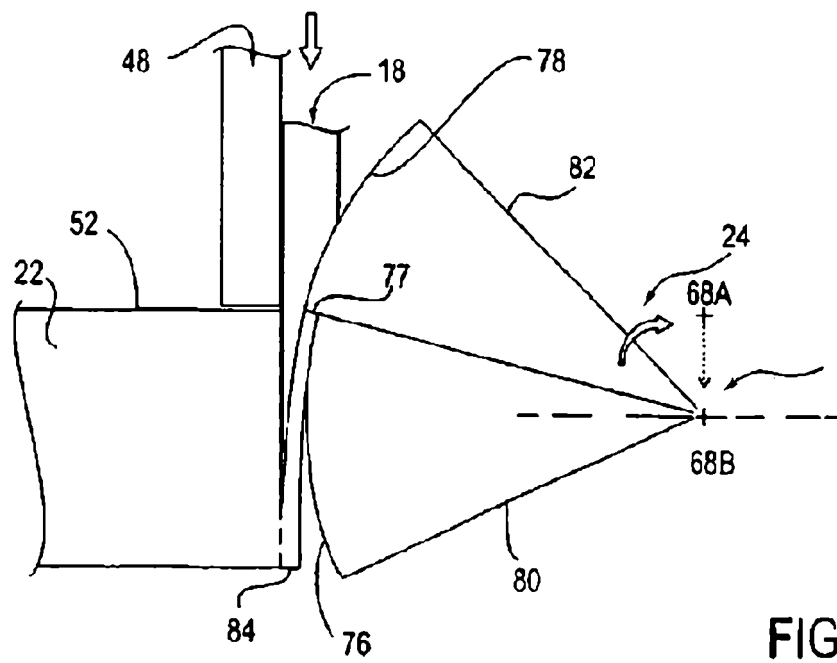
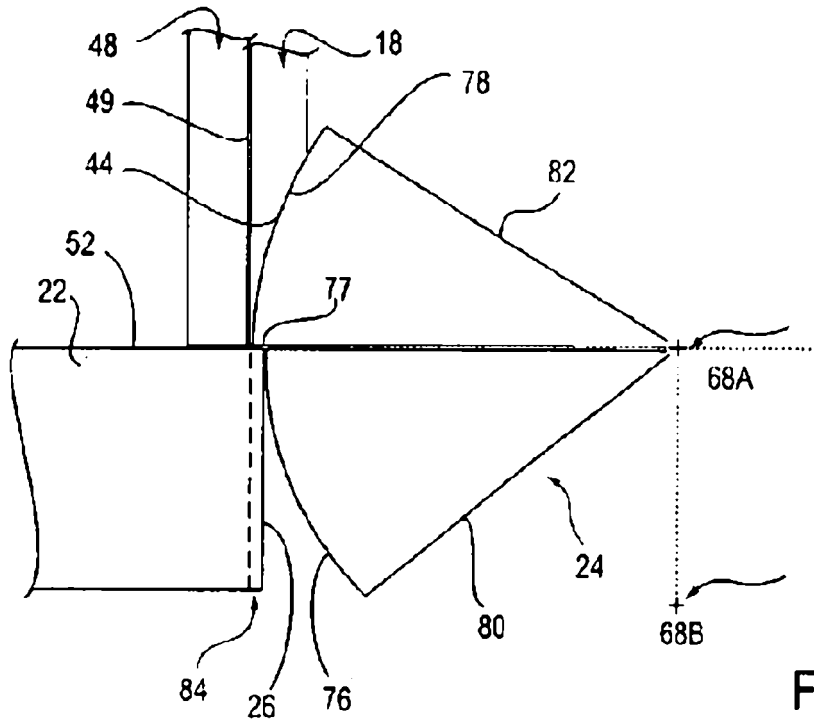
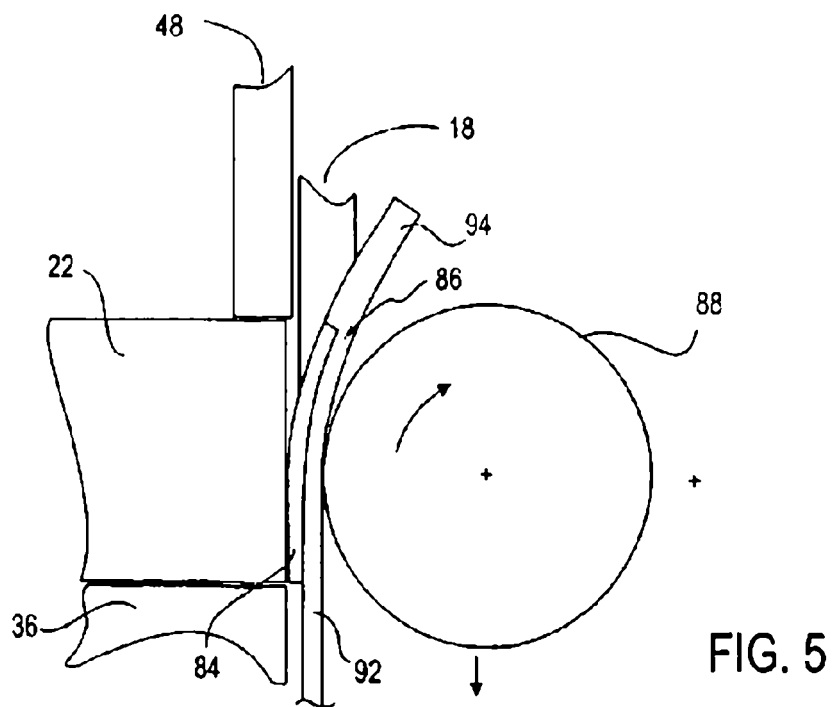
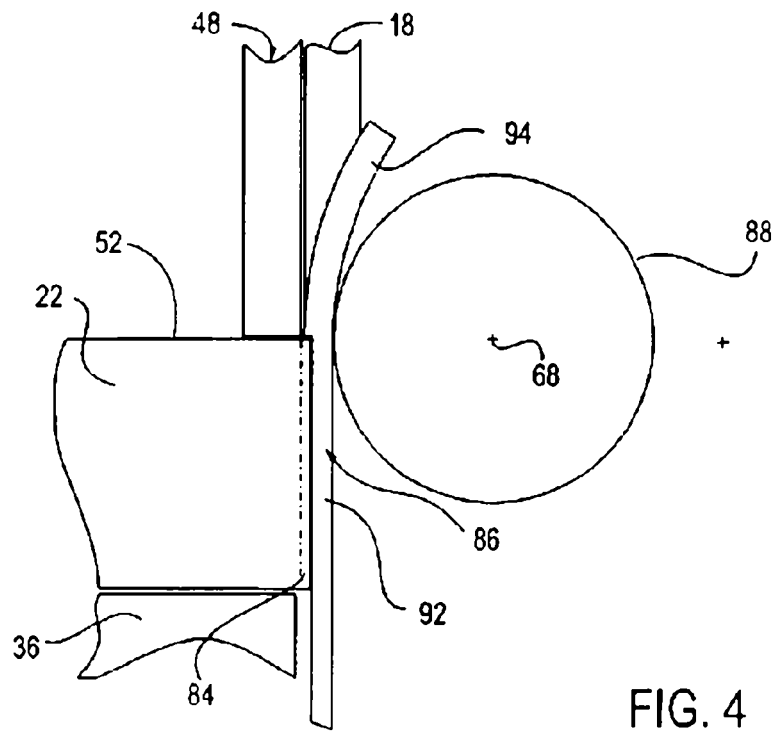


FIG. 1





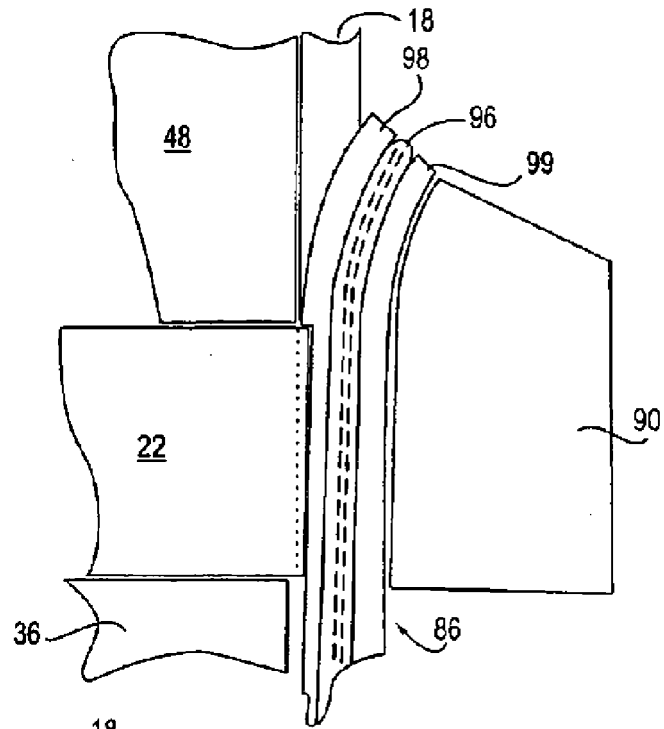


FIG. 6

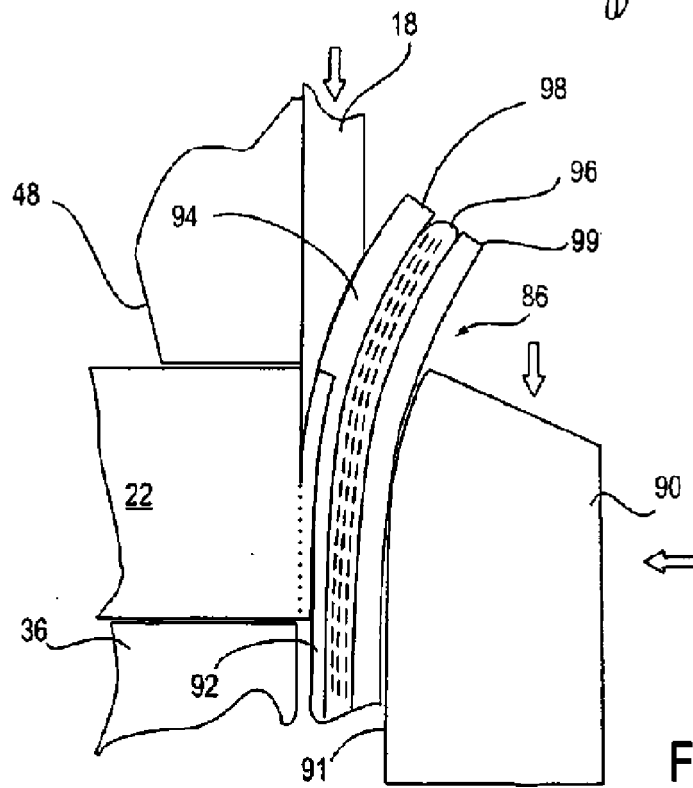


FIG. 7

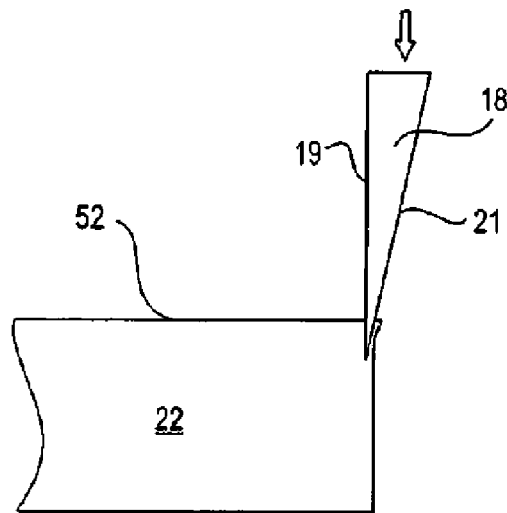


FIG. 8

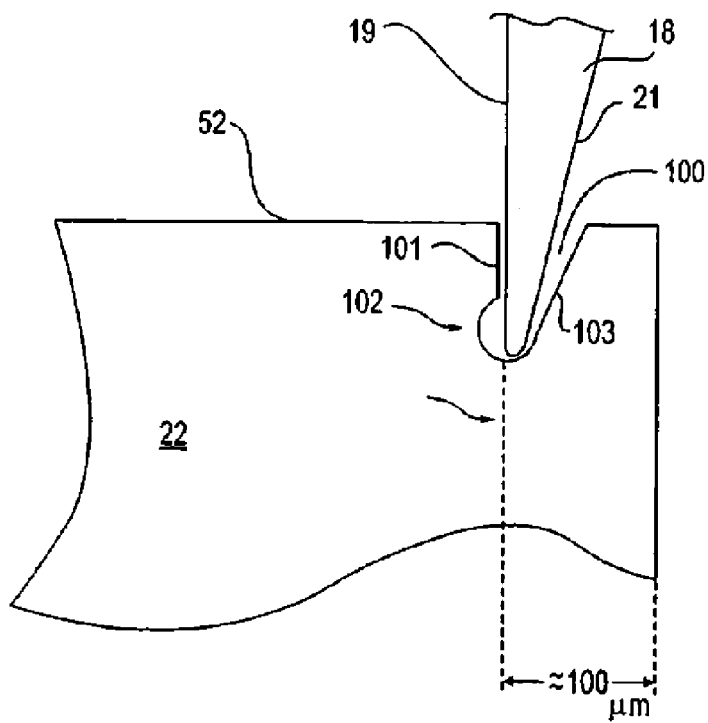


FIG. 9

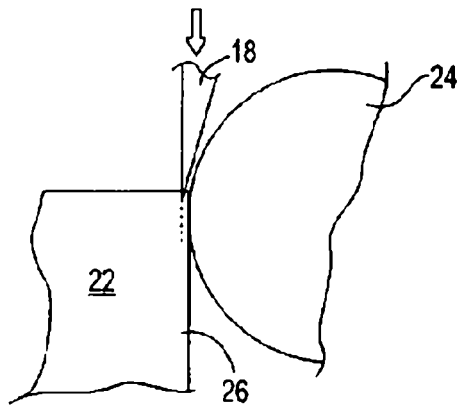


FIG. 12A

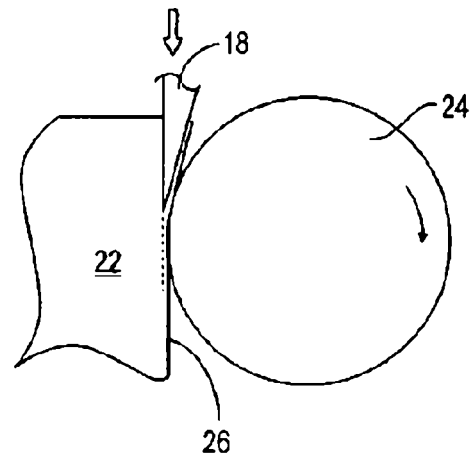


FIG. 12B

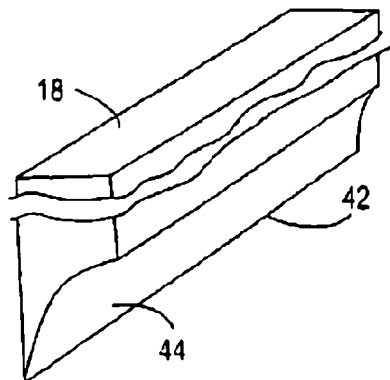


FIG. 15

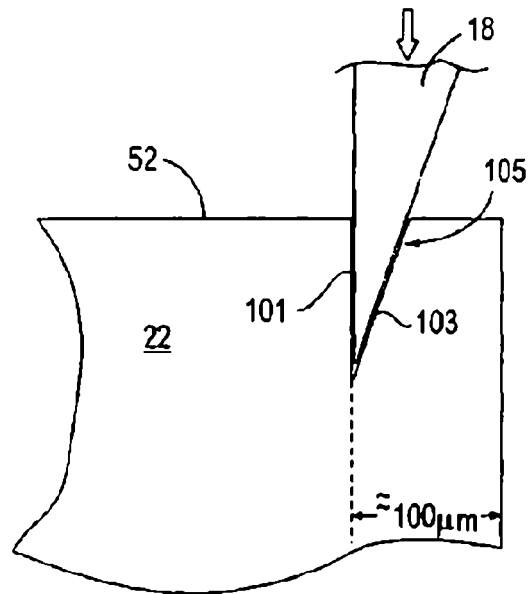


FIG. 10

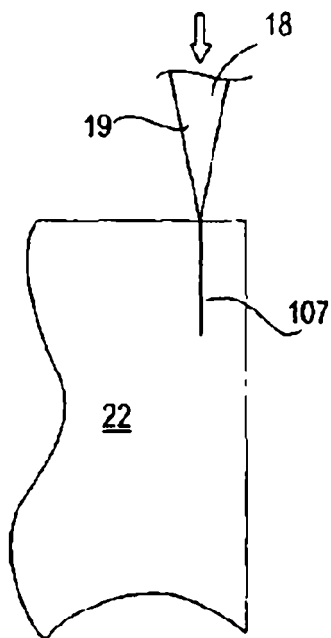


FIG. 11A

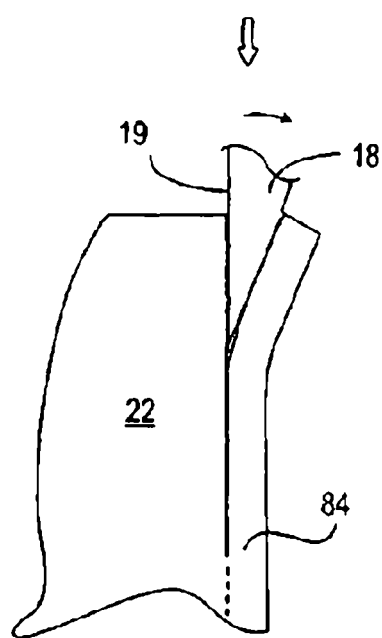


FIG. 11B

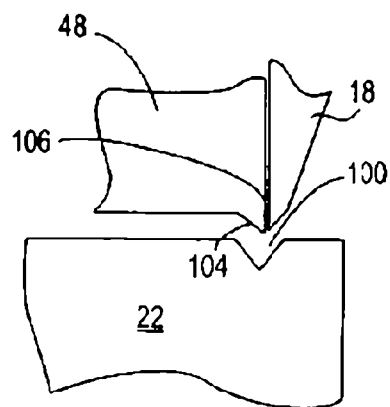


FIG. 13A

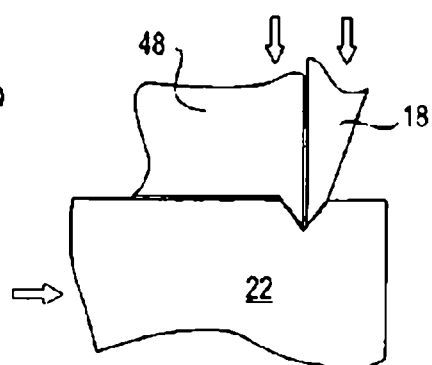


FIG. 13B

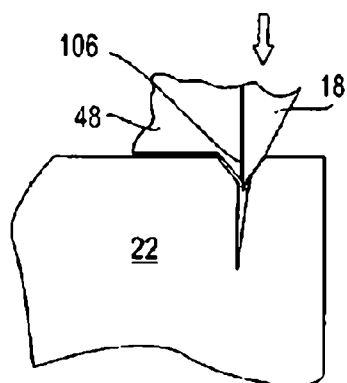


FIG. 13C

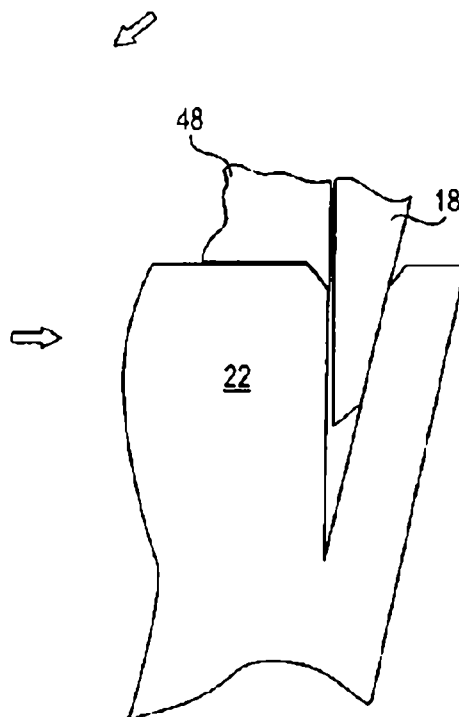


FIG. 13D

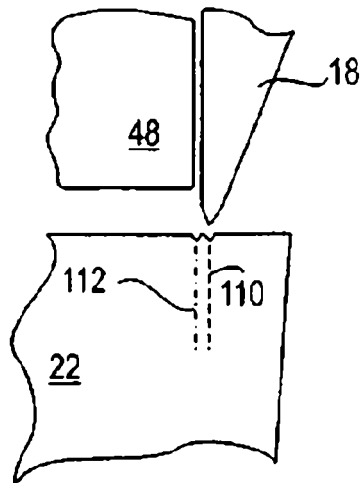


FIG. 14A

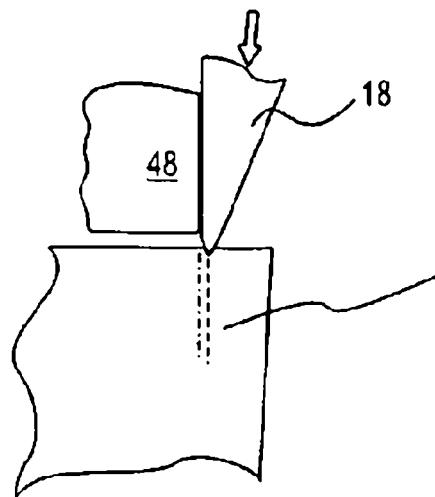


FIG. 14B

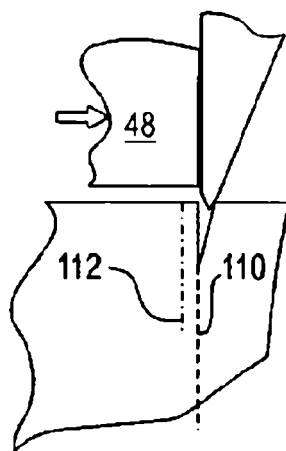


FIG. 14C

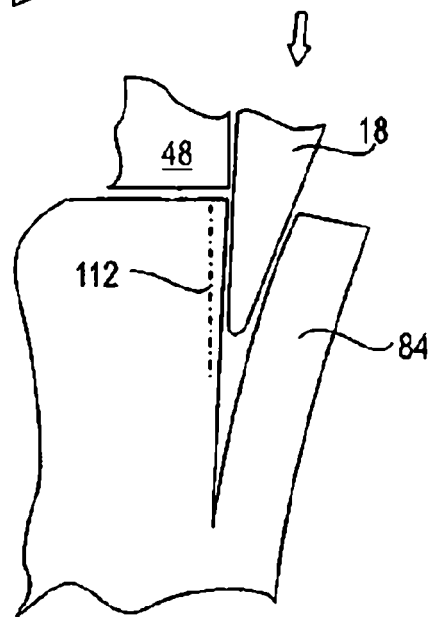


FIG. 14D