

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 744**

51 Int. Cl.:

C03B 33/09	(2006.01)
B23K 26/00	(2014.01)
C03B 29/00	(2006.01)
B23K 26/402	(2014.01)
B23K 103/00	(2006.01)
C03C 23/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.08.2014 PCT/RU2014/000586**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.02.2015 WO15026267**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2014 E 14838714 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 3036203**

54 Título: **Método para desafilarse los objetos de vidrio**

30 Prioridad:

23.08.2013 RU 2013139383

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

25.05.2020

73 Titular/es:

**"LASCOM" LTD. (100.0%)
Ul. Zhukovskogo2-24
g. Dubna, Moskovskaya obl. 141983, RU**

72 Inventor/es:

**CHADIN, VALENTIN SERGEEVICH y
ALIEV, TIMUR ALEKPEROVICH**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 762 744 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 desafilarse los objetos de vidrio

5 Campo técnico de la invención

La invención se refiere a métodos para procesar objetos de vidrio, en particular, a métodos para desafilarse los bordes afilados de objetos de vidrio. La presente invención se puede utilizar en diversas industrias involucradas en el procesamiento de vidrio para desafilarse bordes.

10

Técnica antecedente

Los métodos químicos y mecánicos convencionales de procesamiento de bordes de vidrio pueden conducir a microgrietas en la lámina de vidrio, especialmente en los bordes de vidrio, reduciendo de esta manera la resistencia del vidrio en un orden de magnitud.

15

Un método de procesamiento alternativo es el biselado por láser. El láser se caracteriza por una luz monocromática que tiene una gran longitud de coherencia. Los láseres se emplean en muchas aplicaciones industriales y médicas. Las aplicaciones técnicas significativas de los láseres incluyen, por ejemplo, espectroscopía, medición láser de distancia, y los láseres también se utilizan en procesos de corte y soldadura de precisión de metales, cerámica y vidrio.

20

El documento WO 03015976 A1 divulga un método para biselar bordes de un sustrato de vidrio, que comprende: tratar un borde de vidrio sucesivamente con un primer rayo láser enfocado con una baja intensidad de energía térmica, que tiene un punto de calor elíptico ubicado en un ángulo relativo al borde de vidrio, en el que cuando el sustrato de vidrio se mueve en la dirección de carga, el primer punto láser, después de precalentar la porción del sustrato de vidrio en la vecindad del borde, se funde y bisela el borde, y luego el sustrato se calienta en un segundo rayo láser que tiene un punto de calor en forma de una elipse alargada en la dirección del movimiento del sustrato de vidrio. De este modo, las tensiones residuales se mitigan sin producir pequeñas grietas. Sin embargo, el método es difícil de poner en práctica y "templar" el vidrio, es decir, eliminar las tensiones térmicas provocadas por la fusión del vidrio es imposible en tan poco tiempo.

25

30

El documento KR-B-100820689 divulga un método para desafilarse bordes afilados de objetos de vidrio que comprende tratar los bordes de vidrio con un rayo láser enfocado en el que un primer punto láser y un segundo punto láser tienen forma elíptica. Se conoce una divulgación similar del documento US 6,407,306 B1 que enseña a utilizar un rayo enfocado elíptico no solo para cortar objetos de vidrio sino también para rectificar simultáneamente los bordes de una cara cortada.

35

La técnica anterior más relevante es un método para desafilarse bordes afilados de objetos, enseñado en RU 2163226 C1, que comprende calentar al menos una superficie del borde por una porción de un rayo o por uno de dos rayos separados a una temperatura sin exceder el punto de fusión del material y calentar la otra superficie del borde del objeto por la otra porción de el rayo o por el segundo rayo individual. El rayo láser utilizado para calentar tiene una forma de sección elíptica sobre la superficie del material. Las desventajas de este método incluyen la reducción de la resistencia debido a posibles tensiones térmicas residuales, y la probabilidad de romper las astillas del material que se está desprendiendo, así como la poca capacidad de control del proceso debido a la diferente distribución de la densidad de potencia en cada uno de los puntos de tratamiento, en los que la uniformidad de distribución puede ser solo teórica.

40

45

Divulgación de la invención.

50

El objeto de la presente invención es proporcionar un método para desafilarse bordes afilados de objetos de vidrio, que garantice productos de mejor calidad, aumente la velocidad de procesamiento de objetos de vidrio, mientras proporciona un biselado con un tamaño mínimo requerido que es constante en toda la duración del tratamiento y aumento de la resistencia de los productos.

55

El objeto se logra mediante un método para desafilarse bordes afilados de objetos de vidrio de acuerdo con la invención, que comprende tratar el borde de vidrio con un rayo láser enfocado que tiene una sección en forma de anillo, mientras se mueve relativamente el objeto de vidrio y/o el rayo, dicho tratamiento comprende calentar el borde de vidrio con el rayo láser a una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea, $T > T_g$.

60

El rayo que tiene una sección en forma de anillo se refiere aquí a un rayo producido por una lente coaxial, que transforma un rayo que tiene una sección sólida en un rayo que tiene una sección en forma de anillo. Un transformador de rayo de ejemplo es un conjunto que consta de dos conos de espejo, externo e interno (denominado "axicon").

65

- La temperatura de transición vítrea T_g es una de las características básicas de los materiales poliméricos. A una temperatura inferior a la temperatura de transición vítrea, un material polimérico está en un estado más duro y quebradizo; cuando se supera esta temperatura, el material transita sustancialmente de forma intermitente al estado plástico. Con esto, el coeficiente de expansión térmica del material también aumenta dramáticamente. La temperatura de transición vítrea es difícil de determinar exactamente debido a las características de dispersión de los materiales y la aplicación de diversas técnicas. Para la mayoría de los vidrios industriales, T_g está dentro del rango de 400-600°C.
- En la presente invención, la sección en forma de anillo del rayo láser es un factor determinante para biselar objetos de vidrio, lo que evita daños en la superficie del vidrio y astillado. En primer lugar, crea áreas de vidrio templado de forma y tamaño deseados en la región cercana al borde debido a tensiones térmicas en estas áreas, proporcionando de esta manera la formación de un biselado con extremos redondeados o romos en el vidrio en una fractura frágil.
- El método de acuerdo con la invención permite la creación, en la región cercana al borde, de secciones de vidrio endurecido con tensiones térmicas, cuya magnitud y dirección proporcionan la formación de chaflanes con extremos redondeados en el vidrio en una fractura frágil.
- Cuando se crean porciones endurecidas sobre el borde afilado de un objeto de vidrio al calentar por encima de la temperatura de transición vítrea, las astillas se rompen y deterioran la calidad. Es por eso que, de acuerdo con la invención, el rayo que tiene una sección en forma de anillo crea porciones endurecidas en la región cercana al borde, mientras que la punta de la astilla permanece más elástica, por lo tanto, la astilla mantiene su integridad durante todo el proceso. De este modo, se preserva y mantiene la geometría predeterminada del biselado.
- El rayo láser se dirige preferiblemente de modo que su eje se encuentre en un ángulo de 20-70° con respecto al plano, que es una continuación de la superficie de vidrio que mira al rayo láser. Más allá del límite inferior, la mayor parte del rayo (hasta el 70%) se reflejará, y las condiciones de astillado y biselado serán inviables, mientras que por encima del límite superior se formará una ranura en lugar de un biselado.
- Preferiblemente, dicho ángulo se encuentra en el plano perpendicular al vector de movimiento del objeto y/o rayo de vidrio.
- El eje del rayo láser también se puede dirigir en un ángulo de 0-30° con respecto al plano perpendicular al vector de dicho movimiento del objeto y/o rayo de vidrio.
- Preferiblemente, el tratamiento se lleva a cabo con un rayo láser que tiene la forma de un anillo alargado en la dirección del movimiento de dicho objeto de vidrio y/o el rayo para producir un punto de calor en forma de un anillo alargado. Esto garantiza un efecto adicional de introducir una mayor cantidad de energía térmica (W , vatios) en el material a la densidad de potencia óptima (P , vatios/mm cuadrado), aumentando de esta manera la eficiencia del proceso.
- El tratamiento con un rayo láser comprende preferiblemente eliminar el material de vidrio en forma de astilla para biselar el borde del vidrio, y el tamaño del biselado está definido por el eje menor del punto de calor, la densidad de potencia de radiación en el punto de calor W (vatios/cm cuadrado) y tiempo de exposición τ (s).
- Después de tratar el borde del objeto, se puede suministrar un refrigerante al área de calentamiento.
- Otras ventajas y características de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferidas con referencia a los dibujos acompañantes.
- Breve descripción de los dibujos
- La invención se describirá ahora con mayor detalle basándose en las realizaciones de ejemplo de la misma con referencia a los dibujos, en los que:
- La Figura 1 es un diagrama que ilustra el tratamiento de un borde de vidrio con un rayo láser y planos que definen la dirección del rayo. a la superficie del vidrio;
- La Figura 2 es una vista en sección que ilustra los fenómenos que se producen en el borde del vidrio tratado de acuerdo con la invención.
- La Figura 3 muestra una forma en sección de un biselado producido sobre el vidrio tras el tratamiento de acuerdo con la invención;
- La Figura 4 ilustra las tensiones térmicas que se producen en el vidrio tratado de acuerdo con la invención.
- La Figura 5 muestra gráficos comparativos que ilustran la naturaleza de la división térmica que se produce en diferentes formas del punto;
- La Figura 6 muestra una disposición de lentes para producir un rayo láser que tiene una forma de sección elíptica;
- La Figura 7 muestra posiciones opcionales de conos de espejo interior y exterior para producir un rayo láser que tiene una forma en sección de un anillo con diferentes diámetros de anillo; y

La Figura 8 muestra una disposición de ejemplo de lentes cilíndricas.

Realizaciones de la invención

5 De acuerdo con la invención (véase Figura 1), un método para desafilar bordes afilados de objetos de vidrio comprende: tratar un borde del objeto 1 de vidrio con un rayo 2 láser enfocado que tiene una sección en forma de anillo, mientras se mueve relativamente el objeto de vidrio y/o el rayo. El tratamiento con un rayo láser comprende calentar el borde 4 de vidrio a una temperatura superior a la temperatura de transición vítrea, $T > T_g$. Esto provoca la eliminación del material de vidrio en forma de astilla 3 del borde 4 del objeto 1 de vidrio para formar un biselado.

10 Adicionalmente, como se muestra en la Figura 1, en una realización, el rayo 2 láser, cuyo punto de calor es preferiblemente una elipse en forma de anillo, se dirige al borde del vidrio 1 para que se bisele en ángulo con respecto al plano 3, que es una continuación de la superficie del vidrio 1 que mira al rayo 2 láser. Bajo condiciones normales, el rayo láser se mueve preferiblemente a lo largo del borde del vidrio 1 en línea recta a una velocidad constante y una distancia focal constante. Sin embargo, cuando se trata un objeto de vidrio que tiene una forma, por ejemplo, con esquinas redondeadas, el rayo láser se puede mover en la región de las esquinas a una velocidad diferente y con un tamaño de punto de calor modificado para mantener condiciones de calentamiento estables.

15 En la realización ilustrada, la elipse en forma de anillo del punto de calor (que se muestra esquemáticamente en la Figura 1) tiene el eje mayor de 11 mm y el eje menor de 3 mm. El ángulo en el que el rayo láser se dirige al borde del vidrio es de 45° en esta realización.

20 Para proporcionar la elipse en forma de anillo del punto de calor, se utiliza un sistema de lentes, que se muestra esquemáticamente en la Figura 6 y consiste, en particular, en dos conos de espejo: un cono 5 interno (denominado "axicon") y un cono 6 externo truncado.

25 La Figura 7 muestra que el diámetro de el rayo resultante en forma de anillo cambia en función de la posición del axicon 6 con respecto al cono 5 externo. Por ejemplo, en la realización mostrada en la Figura 6 si los vértices de los conos están en el mismo plano (es decir, la distancia entre ellos es de 0 mm), el diámetro exterior de la sección del rayo en forma de anillo emitido desde el cono 6 será de 8 mm. De acuerdo con lo anterior, si la distancia es de 2 mm, el diámetro es de 12 mm, y con una distancia de 4 mm, el diámetro es de 16 mm. El sistema también puede comprender un par de lentes 8 cilíndricas, una de las cuales comprime el rayo en forma de anillo en un plano, y la otra lente hace lo mismo en el otro plano, cambiando de esta manera el tamaño de los ejes de la elipse en forma de anillo. La Figura 8 muestra que la rotación mutua de las lentes 8 cilíndricas (ángulo α cambiante) modifica la forma del punto de calor. El sistema ilustrado comprende, además: un detector 9 de fuente, un detector 10 de axicon y un detector 11 de enfoque.

30 El uso de un sistema con el sistema de lentes: una lente cónica coaxial que transforma un rayo que tiene una sección sólida en un rayo que tiene una sección en forma de anillo, y una lente cilíndrica que estira el anillo hasta una elipse, proporciona simultáneamente un rayo láser alargado y en forma de anillo en la dirección del movimiento del objeto y/o rayo de vidrio. Sin embargo, un experto en la técnica apreciaría que son posibles otras realizaciones del sistema óptico para transformar el rayo láser en forma elíptica y de anillo.

35 Como se indicó, la temperatura de transición vítrea T_g para la mayoría de los vidrios comerciales varía entre $400-600^\circ\text{C}$. De acuerdo con la invención, el calentamiento se proporciona preferiblemente a una temperatura de $650-680^\circ\text{C}$, seguido de enfriamiento con una mezcla líquido/aire.

40 En un calentamiento más intenso de la superficie, puede ocurrir evaporación (sublimación del material); por lo tanto, el rango aceptable es: por encima de la temperatura de transición vítrea y por debajo de la temperatura de evaporación.

45 A continuación, se describirá una realización de ejemplo de la producción de un biselado en el borde del vidrio.

50 Las pruebas se llevaron a cabo con el láser Synrad firestar f100W, disponible en Synrad, que tiene una potencia láser $W = 100$ vatios; la velocidad de movimiento del rayo láser fue $V = 0.6-0.9$ m/min; El punto de calor resultante tenía la forma de una elipse anular de tamaño $S = 3 \times 11$ mm (el tamaño del punto se tomó como una función de la potencia del láser; a una potencia mayor, el punto puede incrementarse a lo largo del eje mayor).

55 El rayo láser, cuyo punto de calor era una elipse en forma de anillo que tenía el eje mayor de 11 mm y el eje menor de 3 mm, se dirigió sobre el borde del vidrio para ser biselado en un ángulo de 45° (o algún otro ángulo desde $45+30^\circ$ hasta $45-15^\circ$) y se movió a lo largo de una línea recta a una velocidad constante y una distancia focal constante.

60 Al calentar la superficie del vidrio 1 con el rayo 2 láser, la energía del láser se absorbió en una capa superficial delgada, ya que el vidrio era opaco para el rayo láser. Por lo tanto, la energía del láser pasó más adentro de la profundidad del material por conducción térmica.

En este caso, cuando la tensión de tracción excede la resistencia del vidrio, se separa una tira estrecha de vidrio del borde del vidrio, es decir, se quita la astilla del borde para formar un biselado. El efecto local del láser sobre la superficie del vidrio permite derretir el material de vidrio en la región de exposición y redondear el borde del vidrio sin derretir simultáneamente el resto del material de vidrio, lo que de otro modo podría provocar la deformación del vidrio cerca de los bordes tratados.

La extensión del calentamiento de la superficie de vidrio expuesta a la radiación láser depende de los siguientes factores: potencia y densidad de potencia w (vatios/cm cuadrados) de radiación láser, velocidad de movimiento relativo del rayo láser y/o vidrio, tiempo de exposición τ (s), y la velocidad de disipación de calor desde la superficie hacia la profundidad del vidrio, que se define por el factor de conductividad térmica del vidrio. Las mismas características también determinan el tamaño del biselado, que también se establece por el tamaño del eje menor de la elipse del punto de calor. El tamaño del biselado puede variar desde unas pocas centésimas de milímetro hasta varios milímetros. Adicionalmente, el ángulo de inclinación del biselado en relación con la superficie del vidrio, que depende del ángulo en el que el eje del rayo láser se dirige a la superficie del vidrio tratado, puede variar.

La Figura 2 muestra esquemáticamente procesos que ocurren en el borde en el curso del tratamiento con un rayo láser en forma de anillo de acuerdo con la invención.

Como se ve en esta Figura, el calentamiento da lugar a porciones de vidrio expandido formadas en áreas 12 adyacentes al borde 4 de vidrio, entre las cuales se forma una porción de vidrio 13 endurecido. Con esto, las siguientes tensiones están actuando en el sitio 14 de redondeo de microgrietas: momento de flexión M , tensión térmica G_{13} causada por flexión y tensión térmica G_r provocada por enfriamiento. El material de vidrio se separa a lo largo de la trayectoria 15 de la microgrieta.

La Figura 3 ilustra en una vista en sección que el biselado resultante tiene bordes redondeados debido al presente método.

La Figura 4 muestra esquemáticamente tensiones térmicas que surgen en el vidrio tratado con un rayo láser en la absorción de la superficie. Se muestra por simplicidad que el rayo 2 láser se dirige verticalmente al fragmento elemental del área calentada del vidrio 1. Las siguientes tensiones térmicas surgen en el vidrio:

G_r - tensiones 16 térmicas radiales que surgen cuando el rayo se aleja del área de calentamiento y el área se enfría; provocan el desarrollo de un proceso de fractura frágil en la "porción endurecida"/interfaz de masa de vidrio y la formación de grietas;

G_t - tensiones 17; se dirigen a lo largo de la línea de propagación de grietas; el impacto de estos esfuerzos térmicos debe reducirse porque degradan la calidad de los bordes de las superficies separadas;

G_z - tensiones 18 térmicas coaxiales; generalmente no afectan el proceso de fractura frágil y pueden ser negligentes.

Las condiciones para biselar un borde afilado son:

$$T_H > T_g > T_{\Delta}$$

$$G_t > G_{str}$$

en las que:

T_H - temperatura del vidrio en el área del punto de calor

T_{Δ} - resistencia térmica máxima

T_g - temperatura de transición vítrea

G_t - tensiones térmicas creadas en vidrio

G_{str} - resistencia máxima a la tracción del vidrio;

T_g y T_{Δ} son características de un tipo de vidrio dado, que se toman de los libros de referencia;

T_{Δ} se puede calcular mediante la fórmula

$$T_{\Delta} = G_{str} \cdot (1 - \gamma) / \alpha \cdot E$$

en la que:

α - resistencia a la tracción final

γ - factor de expansión térmica

E - Módulo de Young.

Para proporcionar un proceso estable y cualitativo de biselado, es necesario asegurar la condición:

$$G_t/G_{str} > 1 \quad (1) .$$

Esta condición se puede lograr al especificar las características básicas deseadas del proceso:

- 5 densidad de potencia en el punto de calor, vatios/mm cuadrado;
 tiempo de exposición del rayo láser dr (mm)/ v (mm/seg);
 forma del punto de calor;
 intensidad, temperatura y dirección de la corriente de refrigerante.

- 10 El análisis de la condición (1) lleva a la conclusión de que $r^2 \cdot dT/dr$, es decir, la temperatura desde el eje de corte debe aumentar (ya que $dT/dr > 0$).

Los gráficos comparativos mostrados en la Figura 5 demuestran que un anillo es la mejor forma del punto para proporcionar división térmica, se prefiere la forma de una elipse.

- 15 Las pruebas del presente método dieron como resultado las siguientes conclusiones:

1. Al aumentar la potencia del láser hasta 100-400 vatios y establecer un tamaño mínimo requerido del biselado (cuanto más pequeño es el biselado, más rápido es el tratamiento) sobre la base de eficiencia económica, se pueden lograr velocidades de tratamiento comercialmente significativas (hasta varios m/min).
 2. Se observó un proceso de tratamiento suficientemente estable en el movimiento preciso del punto de calor a lo largo del extremo del vidrio. Con esto, el tamaño del biselado fue constante durante todo el tratamiento.
 3. Al cortar con láser, el extremo de vidrio se biseló con alta calidad.
 4. El método se puede utilizar para el tratamiento del vidrio antes del enfriamiento (especialmente para paneles de vidrio de más de 6 mm de grosor), para el procesamiento de contornos para mejorar la calidad de los bordes sin esmerilar y pulir, y así aumentar la resistencia del objeto de vidrio en no menos superior al 30%, que incluye el cristal de antalla.

- 30 Preferiblemente, el rayo láser se dirige de modo que su eje se encuentre en un ángulo de 20-70° con respecto al plano, que es una continuación de la superficie de vidrio que mira al rayo láser.

- El ángulo está dispuesto preferiblemente en el plano perpendicular al vector de dicho movimiento del objeto y/o rayo de vidrio. Sin embargo, el eje del rayo láser se puede dirigir en un ángulo de 0-30° con respecto al plano perpendicular al vector de movimiento del vidrio y/o rayo.

- 35 De acuerdo con la invención, el tratamiento se lleva a cabo más preferiblemente con un rayo láser que tiene la forma de un anillo alargado en la dirección del movimiento del objeto y/o rayo de vidrio para obtener un punto de calor en forma de un anillo alargado, por ejemplo, una elipse alargada, que mejora la eficiencia del proceso de biselado. Se debe proporcionar la posibilidad de rotar el rayo elíptico con respecto a la dirección del movimiento.

- 40 El tamaño del biselado se especifica por el tamaño del eje menor del punto de calor, la densidad de potencia en el punto de calor w (vatios/cm cuadrados) y el tiempo de exposición τ (s).

- 45 Después de procesar el borde del objeto, se carga preferiblemente un refrigerante en el área de calentamiento para enfriar localmente el área de calentamiento.

Aquellos expertos en la técnica apreciarán que la invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente, y que pueden realizarse modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones presentadas a continuación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para desafilarse bordes afilados de objetos de vidrio, que comprende tratar el borde de vidrio con un rayo láser enfocado, mientras se mueve relativamente el objeto de vidrio y/o el rayo, en el que dicho tratamiento comprende calentar el borde de vidrio con el rayo láser a temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea, $T > T_g$, caracterizado porque dicho tratamiento del borde del vidrio se lleva a cabo con el rayo láser que tiene una sección en forma de anillo.
- 10 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho rayo láser se dirige al borde del vidrio de modo que su eje esté dispuesto en un ángulo de 20-70° con respecto al plano que es una continuación de la superficie del vidrio que mira al rayo láser.
- 15 3. Método según la reivindicación 2, en el que dicho ángulo se encuentra en el plano perpendicular al vector de movimiento del objeto y/o rayo de vidrio.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el eje del rayo láser se dirige en un ángulo de 0-30° con respecto al plano perpendicular al vector de movimiento del objeto y/o rayo de vidrio.
- 20 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho tratamiento se lleva a cabo con un rayo láser que tiene la forma de un anillo alargado en la dirección del movimiento de dicho objeto de vidrio y/o rayo para producir un punto de calor en forma de un anillo alargado.
- 25 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, en el que dicho tratamiento con un rayo láser comprende eliminar el material de vidrio en forma de astilla para biselar el borde del vidrio.
- 30 7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el tamaño del biselado se define por el eje menor del punto de calor, la densidad de potencia de radiación en el punto de calor W (vatios/cm cuadrados) y el tiempo de exposición τ (s).

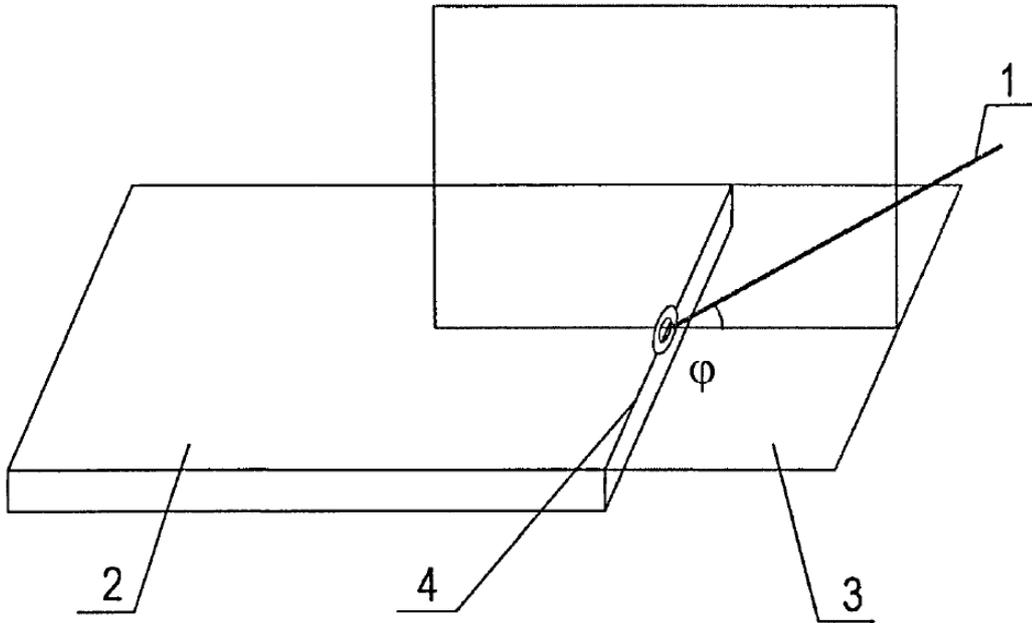


Fig. 1

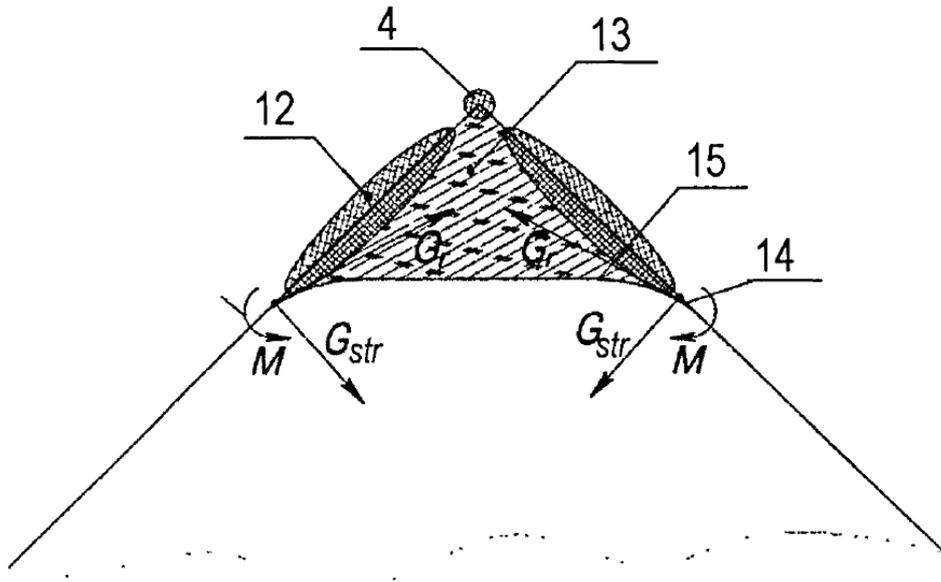


Fig. 2



Fig. 3

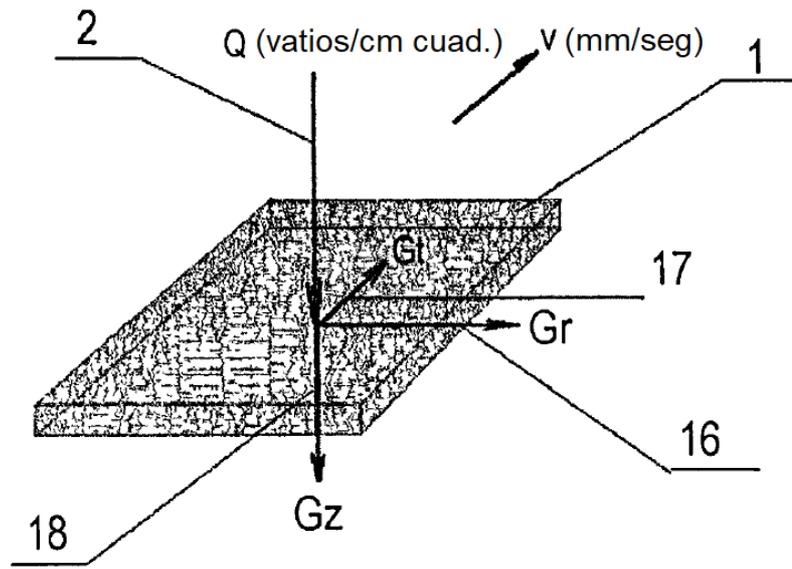


Fig. 4

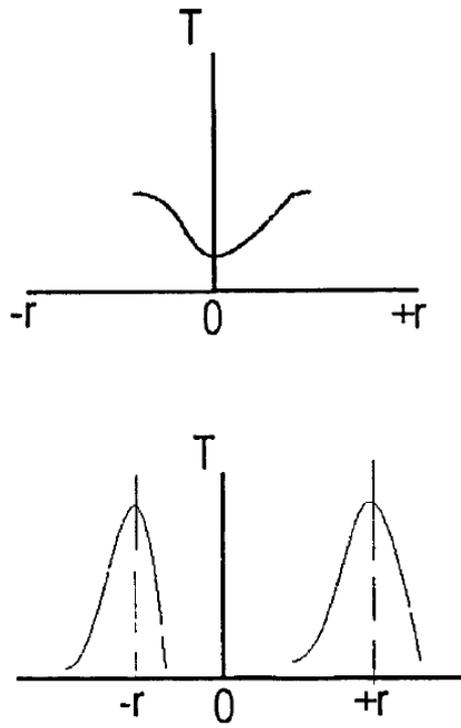


Fig. 5

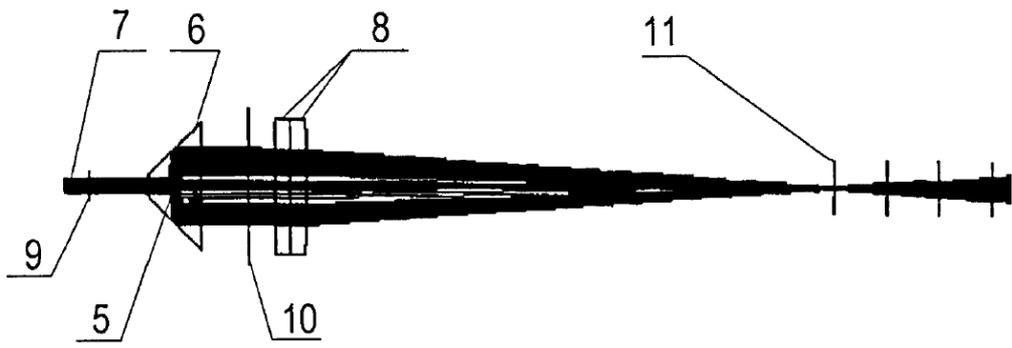


Fig. 6

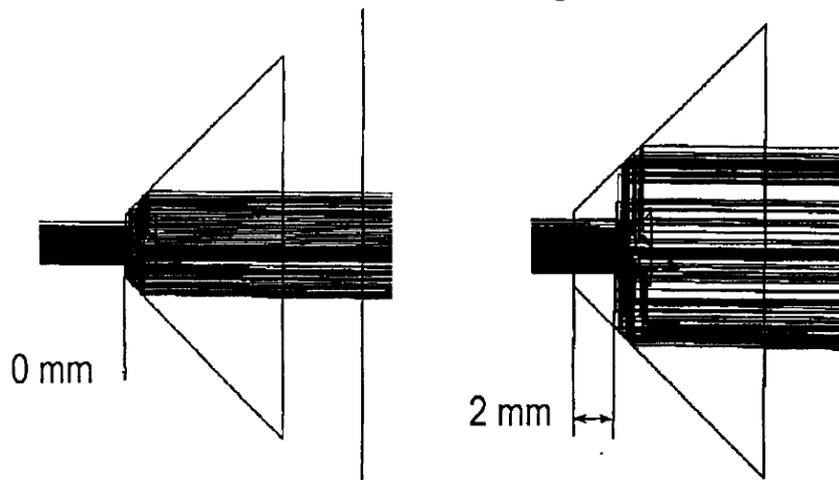


Fig. 7

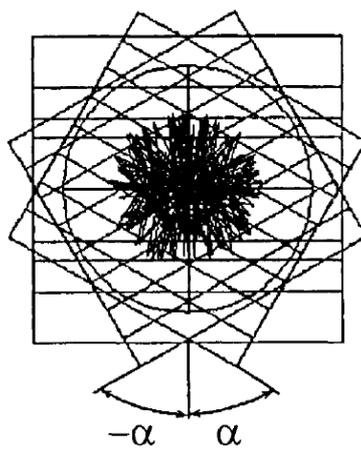


Fig. 8