

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 603 188**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/06** (2006.01)

**B23K 26/36** (2014.01)

**F16K 7/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.07.2012 PCT/IB2012/053779**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.01.2013 WO13014614**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2012 E 12759230 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2016 EP 2736670**

54 Título: **Procedimiento para la producción de discos de ruptura/seguridad**

30 Prioridad:

**26.07.2011 IT MI20111389**

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

**24.02.2017**

73 Titular/es:

**DONADON SAFETY DISCS AND DEVICES S.R.L.  
(100.0%)  
Via Franceschelli, 7  
20011 Corbetta (MI), IT**

72 Inventor/es:

**MODENA, MARIO y  
DONADON, ANTONIO RUGGERO SANTE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 603 188 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**

Procedimiento para la producción de discos de ruptura/seguridad

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de discos de ruptura/seguridad. Un procedimiento conocido para la producción de discos de ruptura/seguridad se muestra en el documento US 2006/0237457 A1.

10 En particular, la presente invención se usa ventajosamente en la producción de los dispositivos aplicados a plantas a lo largo de líneas hidráulicas o neumáticas para garantizar las medidas de seguridad necesarias de la propia planta, que se puede someter a condiciones diferentes de las de diseño. Más específicamente, dichos dispositivos se aplican a líneas de emergencia para cerrar completamente el conducto sobre el que se aplican.

15 Un fluido a alta presión actúa en uno de los semiespacios definidos por el dispositivo, mientras que el semiespacio opuesto se ve afectado por una presión más baja, por ejemplo la atmosférica.

20 De forma alternativa, los discos de seguridad de tipo conocido pueden proteger a las plantas que funcionan a presión subatmosférica. También en este caso, el dispositivo se somete a una diferencia de presión que actúa entre las dos caras opuestas del mismo.

25 Cuando la diferencia entre la presión que actúa dentro de la planta y la presión externa supera un valor umbral de seguridad precalculado, este disco se abre desgarrándose y permite que el fluido a presión vaya más allá del dispositivo de seguridad para que fluya hacia fuera de la planta. De esta manera, un exceso de presión posible y no deseado no puede dañar otras partes de la planta.

30 En el caso de plantas que funcionan a una presión subatmosférica, la ruptura del disco de seguridad permite que el fluido a presión atmosférica fluya hacia la planta. Típicamente, los discos de seguridad a los que se hace referencia tienen una configuración en forma de disco con una superficie sobre la que actúa el fluido a presión, con una superficie que puede ser plana, cóncava o convexa.

35 De forma alternativa, dichos discos tienen una forma cuadrada o rectangular dependiendo del conducto en el que tienen que aplicarse.

40 Los discos que no tienen ninguna línea frangible de ruptura preestablecida, se abren de una forma no definida con la posible separación de algunas partes. Por esta razón, en muchos casos se usan preferentemente discos con líneas frangibles de ruptura preestablecida, en los que las líneas se pueden obtener con muescas o cortes de diversas formas, que pueden ser cortes pasantes o no. En el caso de cortes pasantes, se necesita una segunda capa continua, más débil que la sección calibrada, para garantizar la estanqueidad hidráulica y/o neumática. Cuando haya cortes no pasantes esto no es necesario.

45 En todo caso, estos discos pueden tener una pluralidad de cortes no pasantes dispuestos sobre una superficie del disco en una configuración adecuada para definir las correspondientes líneas frangibles de ruptura preestablecida.

50 En otras palabras, cuando se produce la superación del valor umbral de la presión del fluido, el disco de seguridad se desgarrar por dichas líneas frangibles de ruptura preestablecida.

55 En los procedimientos para producir estos discos, se debe prestar especial atención exactamente a la ejecución de dichos cortes no pasantes en términos de profundidad, longitud y anchura, pero también en cuanto al mantenimiento de las características mecánicas del material del disco cerca de los cortes no pasantes. En particular, es necesario que este material mantenga su estructura metalúrgica cristalina inalterada.

60 De hecho, los tamaños de los cortes no pasantes se seleccionan como una función del valor del umbral de presión preestablecido al que debe romperse el disco. Las alteraciones mecánicas no deseadas y/o alteraciones en la estructura cristalina que, por otra parte, apenas se pueden evaluar, pueden modificar este valor umbral. De esta manera, el disco de seguridad comienza a funcionar antes o después de conseguir este valor.

65 En los procedimientos de producción conocidos, los cortes se realizan de manera principalmente mecánica. En particular, los cortes se pueden realizar mediante un ajuste permanente a través del uso de golpes y contragolpes relacionados o moldes y contramoldes. De forma alternativa, los cortes se realizan mediante microfresado. En otras palabras, una parte del material se retira mecánicamente con gran precisión.

Los procedimientos descritos en todo caso implican el uso de herramientas que entran en contacto con el disco de seguridad mencionado.

En primer lugar, este tipo de trabajo impone velocidades de trabajo reducidas. Además, los procedimientos de producción similares son caros, sin que por otro lado se garanticen excelentes niveles de precisión.

Finalmente, el contacto directo entre las herramientas requeridas para el trabajo y el disco implica el deterioro gradual de las herramientas que se deben rectificar y/o reemplazar, lo que provoca, como resultado, paradas de producción y una constancia reducida en los discos producidos en un momento posterior. Todo esto obviamente afecta a los costes y la producción.

Para al menos en parte obviar los inconvenientes mencionados, se conocen procedimientos de corte que usan un haz de láser. En este tipo de procedimiento descrito en el documento US 2006/0237457 A1, el disco se cubre previamente con una capa de material protector. En este caso, el haz de láser traza las líneas que se van a cortar directamente en la capa protectora y no en el metal. Entonces los cortes en realidad se realizan a continuación mediante un proceso de pulido eléctrico. La retirada del material metálico tiene lugar mediante un procedimiento electrolítico (pulido eléctrico).

Finalmente, se retira la capa del material protector.

Sin embargo, este tipo de trabajo implica mucho tiempo de trabajo y altos costes de producción debido al requisito indispensable de aplicar y retirar la capa protectora.

El uso del haz de láser para mecanizar directamente los cortes no pasantes del disco se ha analizado en varias publicaciones en los últimos años. Se ha establecido bien que el mecanizado por láser es un proceso de retirada de material basado en el transporte de energía de fotones al material objetivo. Esta energía retira el material mediante dos efectos físicos: fundiendo el material o a través de extirpación o vaporización directa.

El documento US2006/0237457 A1 divulga que el uso de un haz de láser directamente en un disco para proporcionar un corte no pasante no es satisfactorio por una serie de razones, principalmente porque los láseres calientan y queman significativamente el disco, oxidan el material y cambian la metalurgia del metal. Por lo tanto, de acuerdo con esta publicación, es imposible proporcionar un corte no pasante en el disco a través de la extirpación o vaporización directa del material, a saber, anulando o haciendo irrelevante la fundición del material.

Sin embargo, el documento WO 2010/06 8329 A1 expone que las pruebas de laboratorio han demostrado que, cuando se usa el marcado láser con una selección adecuada de parámetros del proceso y del láser, la zona afectada por el calor es estrecha y la capa resolidificada es de dimensiones micrométricas. La distorsión es, por lo tanto, insignificante. De acuerdo con esta publicación, varias pruebas han demostrado que la zona afectada por el calor es de dimensiones tan pequeñas que no afecta negativamente a las características mecánicas globales o al rendimiento del disco para la gama de aplicaciones comerciales típicas de un dispositivo de disco de ruptura.

En particular, la publicación WO 2010/06 8329 A1 enseña que es posible retirar el material del disco de ruptura como vapor sin fundir ni oxidar el material del disco adyacente al material retirado seleccionando una longitud de onda del haz de láser dentro de un intervalo de entre aproximadamente 200 nanómetros y aproximadamente 1064 nanómetros, seleccionando una tasa de repetición de pulsos dentro de un intervalo de entre aproximadamente 2 kHz y aproximadamente 10 kHz, seleccionando una velocidad de movimiento relativo entre el láser y el disco de ruptura para cada pasada del láser dentro de un intervalo de entre aproximadamente 10 mm/s y aproximadamente 60 mm/s, seleccionando un láser que tiene una potencia dentro de un intervalo de entre aproximadamente 0,5 vatios y aproximadamente 30 vatios y seleccionando un diámetro de punto focal del láser dentro de un intervalo de entre aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ .

Al usar los intervalos anteriores para producir discos de ruptura, el promedio de profundidad de marcado por pasada es de entre 6  $\mu\text{m}$  y 168  $\mu\text{m}$  (dependiendo de la combinación real de parámetros).

El solicitante ha observado que, para obtener un disco de ruptura adecuado, las pasadas totales deberían ser de más de una, por ejemplo cinco. De hecho, una sola pasada no puede garantizar la uniformidad de profundidad requerida a lo largo de toda la línea frangible.

Cabe destacar que la anterior profundidad de marcado por pasada es inadecuada en caso de que tengan que producirse discos muy finos.

De hecho, hay una necesidad de producir discos de ruptura que tengan un espesor de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  con una profundidad de marcado total de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$ . Incluso teniendo en cuenta la profundidad de marcado mínima por pasada de aproximadamente 6  $\mu\text{m}$ , cinco pasadas darían como resultado una profundidad de marcado total de 30  $\mu\text{m}$  (claramente inadecuada para la producción de discos muy finos).

Además, no siempre es admisible (en términos de rendimiento del disco de ruptura) tener la capa resolidificada de dimensiones micrométricas en la proximidad del corte no pasante.

En este contexto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la producción de un disco de seguridad con un umbral de rotura precalculado que esté desprovisto de los inconvenientes mencionados.

En particular, es un objetivo de la presente invención proponer un procedimiento para la producción de discos de seguridad con un umbral de rotura precalculado que tenga un espesor tan bajo como de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$ .

5 Es un objetivo adicional de la presente invención proponer un procedimiento para la producción de discos de seguridad con un umbral de rotura precalculado que tenga una capa resolidificada muy insignificante en la proximidad del corte no pasante.

10 La tarea técnica mencionada y los objetivos especificados se logran substancialmente mediante un procedimiento para la producción de discos de seguridad con un umbral de rotura precalculado según se establece en una o más de las reivindicaciones adjuntas. Otras características y ventajas de la presente invención se harán más evidentes a partir de la descripción detallada de un modo de realización preferido pero no exclusivo de un procedimiento para la producción de discos de seguridad que proporcionado a continuación en el presente documento.

15 La presente invención se entenderá más plenamente a partir de la descripción detallada dada a modo de ejemplos no limitativos y los dibujos adjuntos, en los que:

- la fig. 1 es una vista en perspectiva de un disco de seguridad fabricado mediante un procedimiento de acuerdo con la presente invención;

20 - la fig. 2 representa una vista en sección del disco visto en la fig. 1 tomada a lo largo de la línea II-II;

Con referencia a los dibujos, un disco de seguridad fabricado siguiendo un procedimiento de acuerdo con la invención se ha identificado en general con 1.

25 El disco de seguridad 1 se monta en plantas hidráulicas o neumáticas a lo largo de conductos de seguridad. En particular, el disco de seguridad 1 cierra completamente el puerto del conducto sobre el que se aplica y comprende una primera superficie 1a y una segunda superficie 1b. El fluido a presión actúa sobre una superficie y la presión del entorno exterior actúa sobre la otra.

30 Si el fluido que actúa sobre la primera superficie tiene una presión más alta que un valor umbral, el disco de seguridad 1 se abrirá desgarrándose para permitir el tránsito del fluido en el conducto de seguridad y permitir la descarga de un exceso de presión a un entorno exterior.

35 El disco de seguridad 1 es un elemento de lámina, es decir, un elemento que tiene un espesor muy fino en comparación con sus otras dos dimensiones, en el que al menos una marca o corte no pasante 2 se forma en el elemento de lámina.

40 De acuerdo con el modo de realización de la figura 1, el elemento de lámina es un disco plano que puede tener diferentes formas dependiendo de la forma del conducto sobre el que ha de aplicarse.

45 De acuerdo con otro modo de realización no mostrado en las figuras, el elemento de lámina es un elemento en forma de cúpula que puede tener diferentes formas dependiendo de la forma del conducto sobre el que ha de aplicarse. El disco de ruptura cupuliforme puede estar diseñado para estallar a una presión especificada cuando se aplica presión en el lado cóncavo (disco de ruptura de tensión o de acción hacia adelante) o puede estar diseñado para estallar a una presión especificada cuando se aplica la presión en el lado convexo. Este tipo de discos de seguridad son conocidos como de "tipo inverso", ya que el proceso de rotura se inicia con el volteo de la porción convexa. El disco de seguridad del tipo inverso se adapta particularmente para usarse cuando la presión que actúa varía de manera cíclica ya que las tensiones cíclicas no dan lugar a modificaciones en la estructura metalúrgica cristalina, debido a la fatiga.

50 El disco de seguridad 1 comprende al menos una marca o corte no pasante 2 formado en una superficie 1a a lo largo de una línea de trabajo.

55 En los modos de realización descritos, el disco de seguridad 1 comprende cuatro marcas o cortes no pasantes 2 de forma rectilínea dispuestos en una configuración axialmente simétrica. Sin embargo, el número, forma y disposición de las marcas pueden variar dependiendo de los requisitos de funcionamiento.

60 El disco 1 está fabricado preferentemente de material metálico, tal como acero inoxidable, níquel, aluminio u otros metales o aleaciones de metales particulares.

De forma alternativa, el disco 1 puede estar fabricado de grafito, material plástico, materiales vitrocerámicos.

65 De acuerdo con la presente invención, las citadas marcas o cortes no pasantes se obtienen mediante un láser de pulsos que actúa directamente sobre la superficie del elemento de lámina.

En particular, las marcas se obtienen mediante la retirada de material a través de la extirpación. El proceso de

extirpación se obtiene elevando la temperatura del material por encima del punto de ebullición del material a una tasa muy rápida para vaporizar directamente y por lo tanto retirar el material sin fundir ni oxidar la región circundante. Claramente un proceso de este tipo es un proceso ideal, a saber, en realidad las regiones que rodean al material retirado se funden y oxidan en cierta medida.

5 Los cortes no pasantes de los discos de ruptura se deben obtener reduciendo tanto como sea posible la región fundida y oxidada en las regiones que rodean las marcas. Como se ha expuesto anteriormente, existen algunas publicaciones que exponen que es prácticamente imposible obtener cortes no pasantes factibles en discos de ruptura usando un mecanizado por láser directamente sobre la superficie del disco.

10 Otros autores descubrieron y aclararon que las capacidades y limitaciones del mecanizado por láser dependen de los procesos físicos que se producen en la interacción del haz de láser con el material. De acuerdo con estos autores, cuando se usa el marcado láser, la zona afectada por el calor es estrecha y la capa resolidificada es de dimensiones micrométricas; estando comprendida la profundidad de marcado para cada pasada del láser entre 6  $\mu\text{m}$  y 168  $\mu\text{m}$ . Este resultado parece ser el mejor alcanzable.

15 El solicitante ha observado sorprendentemente que el procedimiento de la presente invención logra mejores resultados con respecto a los resultados alcanzables mediante los procedimientos de la técnica anterior.

20 En consecuencia, la presente invención proporciona un procedimiento para la producción de discos de ruptura/seguridad. El procedimiento comprende la etapa de proporcionar un elemento de lámina, seleccionar una longitud de onda para un haz de láser de un láser de pulsos dentro de un intervalo de entre 800 nanómetros y 1800 nanómetros, seleccionar una duración de pulsos para el haz de láser menor de 10 nanosegundos, preferentemente menor de 1 nanosegundo, y extirpar al menos un corte no pasante 2 en el elemento de lámina aplicando directamente dicho haz de láser al elemento de lámina para retirar el material del elemento de lámina obteniendo, de este modo, un disco de ruptura/seguridad. Por lo tanto, la formación de cortes no pasantes o marcas 2 tiene lugar aplicando el haz de láser pulsado directamente sobre el elemento de lámina. En otras palabras, el haz de láser se dirige contra el elemento de lámina y una pequeña porción del mismo se retira mediante extirpación o sublimación. Preferentemente, la longitud de onda del haz de láser está incluida entre 1030 y 1552 nanómetros.

30 Cabe destacar que las divulgaciones de la técnica anterior no se pronuncian sobre la duración de pulso. El solicitante ha encontrado que la duración de pulso es muy importante en el rendimiento de la maquinaria láser para producir discos de ruptura.

35 En un modo de realización de la presente invención, la duración de pulso para el haz de láser está dentro de un intervalo de entre 0,9 picosegundos y 500 picosegundos. Preferentemente, la duración de pulso está comprendida entre 1 y 50 picosegundos.

40 Las pruebas de laboratorio que usan una duración de pulso de 6 picosegundos mostraron buenos resultados (como se divulgará a continuación en el presente documento). En estas pruebas, la longitud de onda del haz de láser era de 1030 nanómetros.

45 En otro modo de realización de la presente invención, la duración de pulso para el haz de láser está dentro de un intervalo de entre 10 femtosegundos (a saber,  $10 \cdot 10^{-15}$  segundos) y 900 femtosegundos. Preferentemente, la duración de pulso está comprendida entre 500 y 800 femtosegundos.

50 Las pruebas de laboratorio que usan una duración de pulso de 800 femtosegundos han mostrado buenos resultados (como se divulgará a continuación en el presente documento). En estas pruebas, la longitud de onda del haz de láser era de 1552 nanómetros.

El procedimiento de la presente invención comprende la etapa de seleccionar una tasa de repetición de pulsos para el haz de láser dentro de un intervalo de entre 15 KHz y 800 KHz. Preferentemente, la tasa de repetición de pulsos está comprendida entre 50 KHz y 200 KHz.

55 El procedimiento comprende además la etapa de seleccionar una velocidad de movimiento relativo entre el haz de láser y el elemento de lámina, a saber, la velocidad de desplazamiento del haz de láser a lo largo del elemento de lámina.

60 Preferentemente, la velocidad de movimiento relativo entre el haz de láser y el elemento de lámina está dentro de un intervalo de entre 0,07 m/s y 50 m/s.

El procedimiento comprende además la etapa de seleccionar un valor de energía de cada pulso del haz de láser. Preferentemente, el valor de energía de cada pulso del haz de láser está dentro de un intervalo de entre 1 microjulio y 250 microjulios.

65 La potencia del láser está incluida entre 1 y 80 W, preferentemente entre 1 y 40 W.

Los intervalos y valor anteriores están vinculados entre sí para minimizar la zona afectada por el calor en el elemento de lámina y minimizar la capa resolidificada.

5 La profundidad de marcado D para cada pasada del láser también es una función de la selección de los intervalos y valores citados anteriormente. De acuerdo con los parámetros citados anteriormente, la profundidad de marcado de cada pasada del haz de láser está dentro de un intervalo de entre 0,005  $\mu\text{m}$  y 5  $\mu\text{m}$ .

10 La figura 2 muestra la profundidad de marcado D, es decir, la profundidad de la marca proporcionada en el elemento de lámina.

15 A este respecto, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención, el procedimiento comprende la etapa de proporcionar un elemento de lámina, seleccionar una longitud de onda para un haz de láser de un láser de pulsos dentro de un intervalo de entre 800 nm y 1100 nm, seleccionar una duración de pulso para el haz de láser dentro de un intervalo de entre 1 picosegundos y 100 picosegundos, y extirpar al menos un corte no pasante 2 en el elemento de lámina aplicando directamente dicho haz de láser al elemento de lámina para retirar el material del elemento de lámina obteniendo, de este modo, un disco de ruptura/seguridad.

20 La tasa de repetición de pulsos para el haz de láser está comprendida dentro de un intervalo de entre 50 KHz y 200 KHz. La velocidad del movimiento relativo entre el haz de láser y el elemento de lámina está comprendida entre 5 m/s y 50 m/s. El valor de energía de cada pulso del haz de láser está comprendido entre 5 microjulios y 50 microjulios.

25 La potencia del láser está incluida entre 5 y 30 W. De acuerdo con estos parámetros, la profundidad de marcado de cada pasada del haz de láser está dentro de un intervalo de entre 0,005  $\mu\text{m}$  y 1  $\mu\text{m}$ .

Además, la distancia entre un punto del haz de láser y el siguiente punto, a saber, la distancia entre el centro del punto del haz de un pulso y el centro del punto del haz del pulso sucesivo está comprendida entre 100  $\mu\text{m}$  y 350  $\mu\text{m}$ .

30 Los dos ejemplos siguientes se han realizado de acuerdo con la selección de los parámetros de este modo de realización.

EJEMPLO 1 (los siguientes valores deben entenderse como indicativos, a saber, como valores promedio dentro de un intervalo del  $\pm 10\%$ ).

35 Material del elemento de lámina: acero inoxidable AISI 316L

Espesor del elemento de lámina: 150  $\mu\text{m}$

40 Longitud de onda del láser: 1030 nm

Potencia del láser: 20W

Duración de pulso: 6 picosegundos

45 Valor de energía de cada pulso: 25 microjulios

Tasa de repetición de pulsos: 100 KHz

50 Velocidad del movimiento relativo: 25 m/s

Pasadas: 3000

El promedio de profundidad de los cortes no pasantes o marcas para cada pasada es de aproximadamente 0,03  $\mu\text{m}$ .

55 La profundidad total de los cortes no pasantes es de aproximadamente 95  $\mu\text{m}$ . El promedio de ruptura de presión del disco de seguridad es de 11,9 barg (diferencia de presión medida en bares entre los dos lados del disco) con una desviación estándar de 0,46.

60 Distancia entre dos puntos: 160  $\mu\text{m}$

EJEMPLO 2 (los siguientes valores deben entenderse como indicativos, a saber, como valores promedio dentro de un intervalo del  $\pm 10\%$ ).

65 Material del elemento de lámina: acero inoxidable AISI 316L

Espesor del elemento de lámina: 20  $\mu\text{m}$

## ES 2 603 188 T3

Longitud de onda del láser: 1030 nm

Potencia del láser: 20W

5 Duración de pulso: 6 picosegundos

Valor de energía de cada pulso: 25 microjulios

10 Tasa de repetición de pulsos: 100 KHz

Velocidad del movimiento relativo: 25 m/s

Pasadas: 250

15 Distancia entre dos puntos: 250  $\mu\text{m}$

El promedio de profundidad de los cortes no pasantes o marcas para cada pasada es de aproximadamente 0,04  $\mu\text{m}$ .

20 La profundidad total de los cortes no pasantes es de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$ . El promedio de ruptura de presión del disco de seguridad es de 1,6 barg (diferencia de presión medida en bares entre los dos lados del disco) con una desviación estándar de 0,05.

25 De acuerdo con otro modo de realización de la presente invención, el procedimiento comprende la etapa de proporcionar un elemento de lámina, seleccionar una longitud de onda para un haz de láser de un láser de pulsos dentro de un intervalo de entre 1000 nm y 1600 nm, seleccionar una duración de pulso para el haz de láser dentro de un intervalo de entre 10 femtosegundos y 900 femtosegundos, y extirpar al menos un corte no pasante 2 en el elemento de lámina aplicando directamente dicho haz de láser al elemento de lámina para retirar el material del elemento de lámina obteniendo, de este modo, un disco de ruptura/seguridad. La tasa de repetición de pulsos para el haz de láser está comprendida dentro de un intervalo de entre 50 KHz y 450 KHz. La velocidad del movimiento relativo entre el haz de láser y el elemento de lámina está comprendida entre 0,07 m/s y 3 m/s.

30 El valor de energía de cada pulso del haz de láser está comprendido entre 5 microjulios y 50 microjulios.

35 La potencia del láser está incluida entre 0,5 y 10 W.

De acuerdo con estos parámetros, la profundidad de marcado de cada pasada del haz de láser está dentro de un intervalo de entre 0,5  $\mu\text{m}$  y 5  $\mu\text{m}$ .

40 Además, la distancia entre un punto del haz de láser y el siguiente punto, a saber, la distancia entre el centro del punto del haz de un pulso y el centro del punto del haz del pulso sucesivo está encuentra comprendida entre 0,2  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$ .

El siguiente ejemplo se ha realizado de acuerdo con la selección de los parámetros de este modo de realización.

45 EJEMPLO 3 (los siguientes valores deben entenderse como indicativos, a saber, como valores promedio dentro de un intervalo del  $\pm 15\%$ ).

Material del elemento de lámina: acero inoxidable AISI 316L

50 Espesor del elemento de lámina: 20  $\mu\text{m}$

Longitud de onda del láser: 1552 nm

55 Potencia del láser: 1,4 W

Duración de pulso: 800 femtosegundos

Valor de energía de cada pulso: 14 microjulios

60 Tasa de repetición de pulsos: 100 KHz

Velocidad del movimiento relativo: 0,09 m/s

65 Pasadas: 6

El promedio de profundidad de los cortes no pasantes o marcas para cada pasada es de aproximadamente 1,6  $\mu\text{m}$ .

## ES 2 603 188 T3

La profundidad total de los cortes no pasantes es de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$ . El promedio de ruptura de presión del disco de seguridad es de 1,4 barg (diferencia de presión medida en bares entre los dos lados del disco) con una desviación estándar de 0,10.

5 Distancia entre dos puntos: 0,9  $\mu\text{m}$ .

Se ha observado que la capa resolidificada en la parte inferior es menor de un micrómetro.

10 De acuerdo con lo anterior, el presente procedimiento permite obtener discos de ruptura/seguridad que no se pueden obtener siguiendo los procedimientos de maquinaria láser divulgados por la técnica anterior.

De acuerdo con otros modos de realización de la invención, el procedimiento se ha implementado usando grafito como material del elemento de lámina.

15 El siguiente ejemplo se ha realizado de acuerdo con la selección de los parámetros de este modo de realización.

EJEMPLO 4 (los siguientes valores deben entenderse como indicativos, a saber, como valores promedio dentro de un intervalo del  $\pm 15\%$ ).

20 Material del elemento de lámina: grafito

Espesor del elemento de lámina: 2 mm

25 Longitud de onda del láser: 1064 nm

Potencia del láser: 3,5 W

Duración de pulso: 40 nanosegundos

30 Valor de energía de cada pulso: 1,5 microjulios

Tasa de repetición de pulsos: 20 KHz

35 Velocidad del movimiento relativo: 25 m/s

Pasadas: 80

40 El promedio de ruptura de presión del disco de seguridad es de 0,55 barg (diferencia de presión medida en bares entre los dos lados del disco) con una desviación estándar de 0,01 (obsérvese que el promedio de ruptura de presión del disco de seguridad no tratado es de aproximadamente 0,85 barg).

45 Además, en los discos de seguridad del tipo inverso, una región de inicio de deformación puede estar presente de forma ventajosa. De hecho, este tipo de disco se deforma antes de desgarrarse por el exceso de presión, hasta que se causa el volteo de su concavidad. Sólo después de esta etapa, el disco de seguridad se abre desgarrándose.

La región de inicio de deformación se proporciona preferentemente sobre una región de la porción central de la cúpula.

50 La creación de dicha región de inicio de deformación se obtiene ventajosamente mediante radiación láser, así como mediante modificación de la estructura metalúrgica cristalina debido a la variación térmica inducida por la radiación láser.

55 Se ha llevado a cabo un ejemplo de creación de la región de deformación aplicando los siguientes parámetros. EJEMPLO 5 (los siguientes valores deben entenderse como indicativos, a saber, como valores promedio dentro de un intervalo del  $\pm 15\%$ ).

Material del elemento de lámina: acero inoxidable AISI 316L

60 Altura de la cúpula: 45 mm

Espesor del elemento de lámina: 0,04 mm

Longitud de onda del láser: 1030 nm

65 Potencia del láser: 20W



## ES 2 603 188 T3

Duración de pulso: 10 microsegundos (10.000 nm)

Tasa de repetición de pulsos: 10 KHz

5 Velocidad del movimiento relativo: 2 m/s

Un círculo de 5 mm de diámetro se ha tratado internamente (es decir, totalmente) con láser sustancialmente sin superposición por pasadas

10 El promedio de presión de volteo del disco de seguridad es de 0,48 barg (diferencia de presión medida en bares entre los dos lados del disco) con una desviación estándar de 0,01 (obsérvese que el promedio de presión de volteo del disco de seguridad no tratado es de aproximadamente 0,75 barg).

15 Como podrían realizarse varias modificaciones a los modos de realización descritos sin apartarse del alcance de la presente invención, se pretende que toda la materia contenida en la descripción anterior se interprete como ilustrativa en lugar de limitativa. Por lo tanto, el alcance de la presente invención no debe limitarse por ninguno de los ejemplos de anteriormente descritos de modos de realización, sino que debe definirse únicamente de acuerdo con las siguientes reivindicaciones adjuntas a la misma.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un procedimiento para la producción de discos de ruptura/seguridad que comprende las etapas de:  
proporcionar un elemento de lámina (1a) realizado en un material metálico o grafito o un material plástico o un  
material vitrocerámico, caracterizado por seleccionar una longitud de onda para un haz de láser de un láser de  
pulsos de entre 800 nanómetros y 1800 nanómetros; seleccionar una tasa de repetición de pulsos para el haz de  
láser dentro de un intervalo de entre 15 KHz y 800 KHz; seleccionar una duración de pulso para el haz de láser  
menor de 10 nanosegundos y extirpar al menos un corte no pasante (2) en el elemento de lámina (1a) aplicando  
directamente dicho haz de láser sobre la superficie del elemento de lámina (1a) para retirar el material del elemento  
de lámina obteniendo, de este modo, un disco de ruptura/seguridad.
- 10 2. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa de seleccionar una velocidad de  
movimiento relativo entre el haz de láser y el elemento de lámina.
- 15 3. Un procedimiento según la reivindicación 2, en el que dicha velocidad de movimiento relativo entre el haz de  
láser y el elemento de lámina (1a) está dentro de un intervalo de entre 0,07 m/s y 50 m/s.
- 20 4. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa de seleccionar un valor de energía de cada  
pulso del haz de láser.
5. Un procedimiento según la reivindicación 4, en el que dicho valor de energía de cada pulso del haz de láser está  
dentro de un intervalo de entre 1 microjulio y 250 microjulios.
- 25 6. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la profundidad de marcado de cada pasada del haz de  
láser está dentro de un intervalo de entre 0,005  $\mu\text{m}$  y 5  $\mu\text{m}$ .
7. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de proporcionar un elemento de lámina (1a) se  
lleva a cabo proporcionando un disco plano.
- 30 8. Un procedimiento de la reivindicación 7, en el que dicho disco plano tiene un espesor dentro del intervalo de  
entre 15  $\mu\text{m}$  y 800  $\mu\text{m}$ .
9. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de proporcionar un elemento de lámina se lleva a  
cabo proporcionando un elemento en forma de cúpula.
- 35 10. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha duración de pulso para el haz de láser está dentro  
de un intervalo de entre 0,9 picosegundos y 500 picosegundos.
- 40 11. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha duración de pulso para el haz de láser está dentro  
de un intervalo de entre 10 femtosegundos y 900 femtosegundos.
12. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho elemento de lámina tiene un espesor dentro del  
intervalo de entre 20  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ .

FIG.1

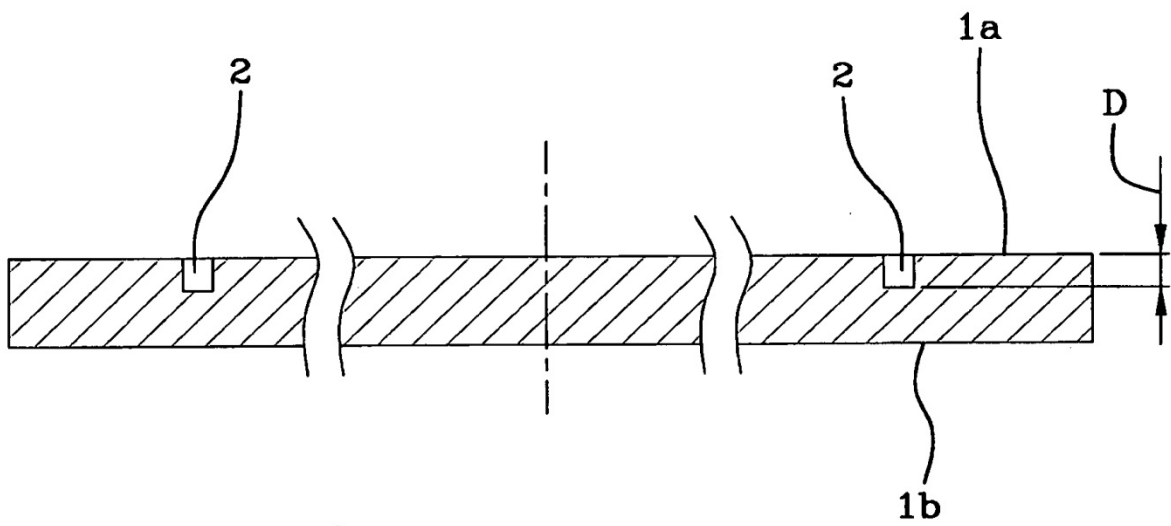
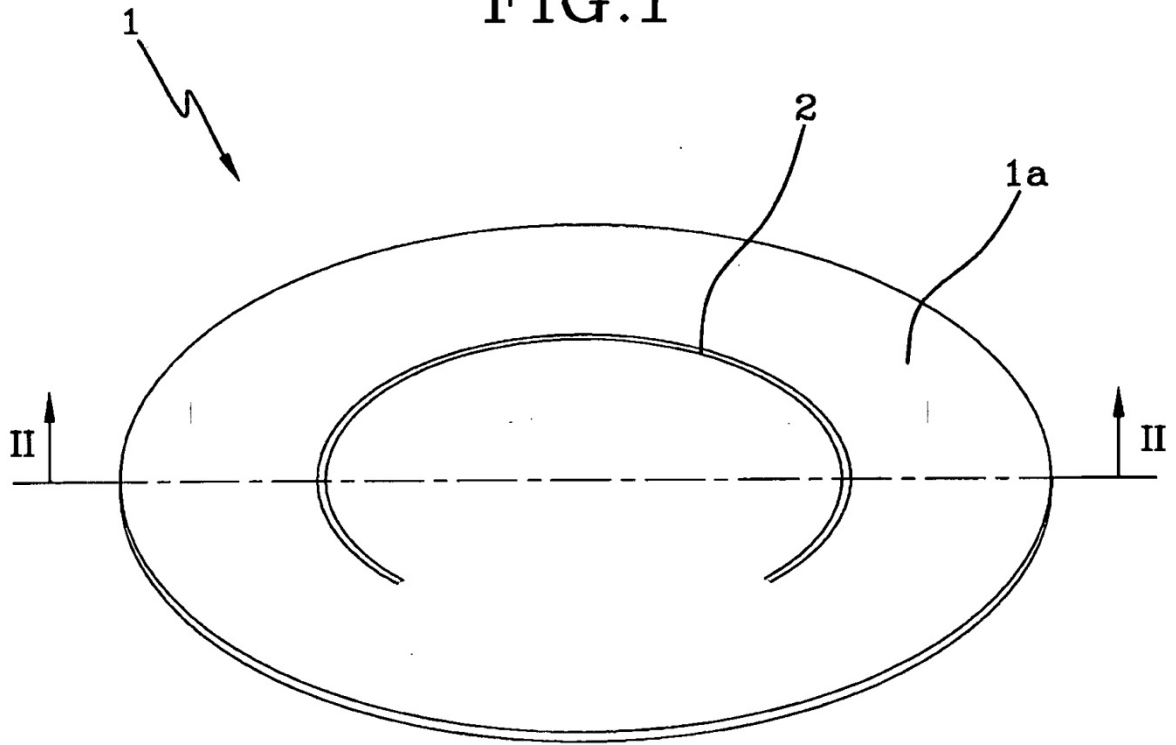


FIG.2