

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 580 631**

51 Int. Cl.:

B23K 26/00 (2014.01)

B23K 26/06 (2006.01)

B23K 26/36 (2014.01)

B23K 26/40 (2014.01)

B65D 90/36 (2006.01)

F16K 17/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2006** **E 06748702 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016** **EP 1863730**

54 Título: **Disco de ruptura de activación inversa con línea de debilitamiento electropulida definida por láser y método de formación de la línea de debilitamiento**

30 Prioridad:

01.04.2005 US 96466

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

25.08.2016

73 Titular/es:

**FIKE CORPORATION (100.0%)
704 SOUTH 10TH STREET
BLUE SPRINGS, MISSOURI 64015, US**

72 Inventor/es:

**SHAW, BON F.;
STILWELL, BRADFORD T.;
KREBILL, MICHAEL D. y
LEONARD, BRENT W.**

74 Agente/Representante:

URIZAR LEYBA, José Antonio

ES 2 580 631 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).

DESCRIPCION

Disco de ruptura de activación inversa con línea de debilitamiento electropulida definida por láser y método de formación de la línea de debilitamiento.

Antecedentes de la invención

Campo de la Invención

[0001] La presente invención se refiere en general a un disco de ruptura que actúa de forma inversa que tiene un rebaje de línea de debilitamiento electropulida definida por láser.

[0002] El rebaje de la línea de debilitamiento se puede configurar y situar estratégicamente para asegurar la apertura completa del disco a lo largo del rebaje de la línea de debilitamiento, al tiempo que se evita la fragmentación del disco con la inversión. Primero se pre-abomba el disco de ruptura en origen, seguido del abombado final, y luego se le proporciona una capa de un material resistente. Se utiliza un láser para eliminar al menos una porción de la capa del material resistente correspondiente al rebaje deseado de la línea de debilitamiento en la cara cóncava del disco de ruptura abombado. El disco se somete después a una operación de electropulido para eliminar metal del área del disco de ruptura atacada con láser, formando de ese modo un rebaje de brillante pulido en la línea de debilitamiento del disco con una configuración deseada y una profundidad predeterminada en relación al grosor del material. El electropulido se controla para formar un rebaje de línea de debilitamiento definido por porciones de canal opuestas separadas, distanciadas por una porción corona elevada central en la que las porciones del canal son de mayor profundidad que dicha porción de corona. Las porciones opuestas del canal de rebaje de la línea de debilitamiento proporcionan redundancia en la apertura y por lo tanto incrementan la fiabilidad del desgarre a lo largo de la línea de debilitamiento sin que se deteriore la vida del ciclo de servicio.

[0003] Preferentemente, el ataque del láser al disco se controla tal que cuando finaliza la operación de láser se deja en el disco un residuo relativamente delgado de material resistente para evitar así cualquier oxidación significativa de la superficie del disco por el rayo láser, lo que impediría o interferiría con el posterior pulido electrolítico del metal. El uso de un láser para definir un rebaje de línea de debilitamiento deseado en una cara del disco, ayuda al fabricante a proporcionar cualquier línea de debilitamiento y marca en la superficie del disco de entre una selección esencialmente ilimitada de configuraciones.

[0004] Esta invención se refiere a un montaje de disco de ruptura de pandeo inverso que tiene su utilidad particular en aplicaciones de tuberías de recipientes a presión sanitarios. Los equipos farmacéuticos, bioquímicos y de procesamiento de alimentos exigen que se mantengan en todo momento las condiciones sanitarias, lo cual necesita una frecuente limpieza de equipos, por lo general con vapor u otros agentes de desinfección. Estos procesos funcionan normalmente a presiones de un nivel relativamente bajo, en donde las sobrepresiones en el equipo o la tubería conectada a este, deben ser aliviadas a niveles de presión baja, de aproximadamente 13,8 kPa (2 psig). Tradicionalmente se ha estado empleando discos de ruptura de pandeo inverso en varias aplicaciones, pero ha resultado difícil proporcionar tolerancias de presión de estallido de rango estrecho a bajas sobrepresiones.

[0005] Con el fin de lograr una ruptura fiable del disco a bajas presiones diferenciales, ahora se ha visto que se puede cumplir al mismo tiempo una especificación de rotura requerida y evitar los problemas de recogida del material sobre la superficie del disco al someter el material del disco a una fuerza que dobla una región del segmento del disco del cuerpo principal de este, y entonces a partir de ahí, aplicar una fuerza al disco que hace regresar la región del segmento doblado a su posición inicial, por ello el metal de la región del segmento doblado y regresado tiene una estructura granular alterada en comparación al metal del resto de la sección abombada central. El metal de la región del segmento doblado y regresado exhibe posiciones de tensión residuales mayores que las del material del disco que rodea la región segmento doblado inicialmente como resultado de la deformación plástica inicial del segmento en una región localizada, primero en una dirección, seguida a continuación de la deformación plástica de la misma región localizada del segmento en la dirección opuesta.

Descripción de la técnica relacionada

[0006] Desde hace tiempo se conocen los discos de ruptura abombados de actuación inversa con un rebaje de línea de debilitamiento o línea de rayado proporcionada en una cara de la comba del disco. Las líneas de debilitamiento o líneas de rayado han sido normalmente rayas transversales, o un rebaje de línea de debilitamiento circunferencial en la cara cóncava del disco donde el rebaje de la línea de debilitamiento o línea de rayado define el área del disco que se abre tras la inversión. Sin un rebaje de la línea de debilitamiento que defina la abertura a través del disco al rasgar el disco a lo largo del rebaje de la línea de debilitamiento, un disco abombado se invertirá, pero no necesariamente se abrirá completamente. En el caso de un rebaje de la línea de debilitamiento que se extiende circunferencialmente, la línea de debilitamiento no es normalmente una línea continua, sino que presenta una zona articulada que previene la fragmentación del área central del disco tras la inversión y la apertura. Un disco rayado transversalmente forma cuatro pétalos que se doblan hacia el exterior tras la

inversión del disco, de nuevo evitando la fragmentación de los pétalos. Las líneas de rayado circunferenciales o líneas de debilitamiento se prefieren en aplicaciones de baja presión debido a que presentan una apertura mayor al romperse el disco a lo largo de la línea de rayado arqueado, en comparación con un disco rayado transversalmente.

[0007] Hasta ahora, las líneas de debilitamiento se han formado en los discos de ruptura de acción inversa mediante un troquel de rayado del metal, el uso de un láser que erosiona una ranura en el disco, o mediante grabado químico para eliminar el metal del disco a lo largo de una línea deseada. Todos estos anteriores discos de actuación inversa han presentado dificultades de fabricación sin resolver, o han experimentado problemas de funcionamiento en diferentes usos de aplicaciones.

[0008] Los trabajos de los troqueles de rayado del metal endurecen el material metálico, cambiando así la estructura granular y la densidad del metal en la línea de rayado. El material que rodea una línea de rayado formada con un troquel de rayado de metal se endurece por trabajo durante el proceso de rayado, lo que aumenta la fragilidad del metal creando zonas de tensión. La fragilidad y el aumento de las zonas de tensión limitan la vida útil del disco de ruptura como consecuencia del quebramiento por la fatiga y la corrosión bajo tensión. La profundidad necesaria en el rayado del metal para un funcionamiento satisfactorio altera profundamente la fuerza de la cúpula abombada original, por lo que es difícil predecir la presión necesaria en última instancia para invertir el disco de ruptura durante la operación inicial de abombado antes del rayado. En consecuencia, es muy difícil fabricar un disco de ruptura de acción inversa que tenga una línea de rayado formada con un troquel de rayado y que se abra de forma fiable a la vez que soporte múltiples ciclos de presión sucesivos.

[0009] Se ha propuesto también formar una línea de rayado en un disco de ruptura de acción inversa utilizando un rayo láser. Estas propuestas no han demostrado ser comercialmente satisfactorias por una serie de razones. La reflectividad del metal hace difícil controlar la penetración del rayo en el grosor del metal y de ese modo formar una ranura lisa de profundidad uniforme a lo largo de la longitud del rebaje de la línea de debilitamiento proyectado. Además, los láseres se calientan mucho y queman el disco, oxidan el material y cambian la metalurgia del metal. Los discos que poseen líneas de debilitamiento quemadas por un láser se ha visto que no son satisfactorios al uso, no solo desde el punto de vista de aberturas no fiables a los valores requeridos de descompresión, sino también por tener una vida útil indeseable.

[0010] Se ha sugerido también en el estado de la técnica anterior el grabado químico de un disco de ruptura el cual posee una capa resistente segmentada que define una línea de debilitamiento, como por ejemplo se muestra y describe en las Patente de EE.UU. nos. 4.122.595, 4.597.505, 4.669.626, y 4.803.136. El solicitante de la patente '595 sugiere la impresión por serigrafía de un material resistente en un disco de ruptura plano donde el tamiz tiene aberturas que presentan un patrón deseado de la línea de debilitamiento. Una vez abombado el disco, se rocía una solución de ácido sobre el disco para grabar una línea de debilitamiento coincidente con el área del disco no protegido por el material resistente. La superficie de metal del material del disco es algo irregular no siendo perfectamente lisa ya que los gránulos individuales tienen picos de lado a lado con estructura de valle entre los gránulos. Por lo tanto, cuando se aplica un agente de grabado en ácido en la superficie del metal, el agente no actúa uniformemente a lo largo de superficie del metal. En lugar de ello, el agente es más agresivo en los valles entre los gránulos que en la erosión de los picos más altos de la superficie de los gránulos del metal. Se cree que el agente contenido en las rebajes de los valles no sólo erosiona más rápidamente el metal en el área del valle en comparación con las áreas de los picos alrededor de los gránulos, sino que también lo hace más eficientemente. El resultado de tal proceso de grabado exagera la rugosidad de la superficie de metal incrementando el grado de irregularidad en la superficie con el tiempo de exposición del metal al agente de grabado. Los discos de ruptura se fabrican de materiales inherentemente resistentes a la corrosión, tales como acero inoxidable, Inconel, Hastelloy-C, y monel. Como consecuencia de ello, la sujeción de estos materiales inherentemente resistentes a la corrosión a un ácido para grabado requiere que el agente de grabado permanezca en contacto con la superficie del metal durante períodos de tiempo prolongados con el fin de erosionar haciendo una ranura que por lo general es tanto como el 70-90 % del grosor del metal. Por ejemplo, si el material tiene 0,102 mm (0,004 pulgadas) de grosor, deberá erosionarse tanto como 0,0914 mm (0,0036 pulgadas) durante el proceso de grabado.

[0011] Además, con el fin de lograr la erosión razonablemente eficiente de estos materiales resistentes a la corrosión, el agente de grabado elegido debe ser uno que este adaptado al tipo particular de metal. Por lo tanto, se necesita un agente ácido diferente para cada uno de los distintos tipos de metales. El material específico utilizado para la fabricación de un disco de ruptura determinado, debe seleccionarse para que pueda satisfacer las especificaciones de la aplicación. Diferentes aplicaciones de disco requieren la utilización de diferentes tipos de metal. Por lo tanto, cuando se utiliza un proceso de grabado para formar una línea de debilitamiento en un material de disco resistente a la corrosión, el fabricante debe tener disponible un agente de grabado que sea más eficaz en erosionar ese específico metal resistente a la corrosión.

[0012] Los titulares de la patente '136 describen el paso de la tira de metal a grabar a través de un baño de grabado, donde la velocidad de alimentación de la tira de metal dentro del baño, la concentración de acidez

del baño, y la temperatura del baño se controlan para obtener una ranura de grabado de una profundidad preseleccionada. Los titulares de la patente describen el material que queda en la parte inferior de la ranura como una membrana plana que se extiende a lo largo del área de grabado.

[0013] Debido a que la rugosidad en superficie del grabado de una línea de debilitamiento ha aumentado aún más como resultado proceso de grabado en comparación con el acabado de la superficie original del material de metal, ello exagera las tensiones impuestas sobre el metal que define la línea de debilitamiento durante el ciclo del disco reduciendo así el ciclo de vida del disco. El aumento de superficie de la rugosa ranura de línea debilitamiento hace menos resistente el área de superficie a los efectos corrosivos lo que disminuye aún más el ciclo de vida del disco. Esto es importante, porque después de colocar en su lugar el montaje de disco de ruptura, ese disco puede permanecer en esa posición durante muchos años sin haber sido operado por una condición de sobrepresión. Sin embargo, si se produce una sobrepresión, el disco de ruptura inversa deberá funcionar de manera fiable a lo largo de los ciclos de vida de servicio establecidos para ese disco.

[0014] Además, un proceso de grabado, que se proponga en base a un enfoque comercial, no puede justificarse económicamente por una serie de razones, entre ellas ya que es necesario tener a la mano un agente de grabado específico para cada tipo de metal además del desmesurado tiempo que se necesita para conseguir eliminar suficiente material como para definir la línea de debilitamiento.

[0015] Con el fin de obtener repetidas aperturas en los montajes de discos de ruptura a baja sobrepresión diseñados para aplicaciones de acción inversa, un necesario enfoque comercial ha sido proporcionar un disco de ruptura de pandeo inverso en el cual se ha formado deliberadamente una muesca en la cúpula del disco de ruptura. La muesca en el área de la cúpula del disco se encuentra estratégicamente en una posición tal que la parte en forma de cúpula del disco fallará primero en el área de la muesca. Así pues, el disco se invierte y se abre en lo que en la técnica anterior se ha descrito como una menor sobrepresión que la de un disco sin muesca.

[0016] Sin embargo, una muesca en la superficie convexa del lado del proceso del área abombada del disco presenta una cavidad que sirve como un punto de recogida de alimentos, productos farmacéuticos o similares. Como resultado, la limpieza del equipo de procesamiento resulta difícil realizarla con vapor de agua o similar y puede requerir desarmar los componentes en los cuales está posicionado el disco de ruptura con el fin de asegurar la eliminación de material que se pueda haber acumulado en la muesca.

[0017] Un montaje ejemplar de disco de ruptura de la técnica anterior que tiene una muesca en la superficie convexa del disco es el de Cullinane-, et al., Patente de EE.UU. N ° 6.494.074, en donde una herramienta puntiaguda apoyada con fuerza contra la superficie convexa de la sección abombada de un disco, forma una muesca en el disco en o cerca del vértice de la forma en cúpula. La forma, superficie y profundidad de la muesca se dice que es selectivamente variable. En cada caso sin embargo, la muesca en la superficie convexa de la sección abombada del disco presenta una cavidad la cual puede recoger material del funcionamiento del proceso, que es detectada a una predeterminada sobrepresión por el montaje de disco en una fijación de tuberías lo que conduce al procesamiento del recipiente a presión. Aunque Cullinane et al., sugieren que la profundidad de la muesca puede ser alterada, pero no eliminada, los titulares de la patente no se dieron cuenta de que se podría proporcionar un disco de superficie lisa lo que evitaría los problemas de se recoja material en una muesca del disco mediante la formación de una huella en el disco que luego regrese a su posición inicial de superficie lisa, al tiempo que cumpla con las más estrictas especificaciones de estallido. Además, el presente y mejorado de acción inversa disco de ruptura y el proceso de fabricación del disco permite que las presiones de estallido sean alteradas mediante el control selectivo de la cantidad de presión de pre-abombado, no obstante de la eliminación de una muesca residual en la porción abombada del disco.

[0018] Las figuras 6-9 de Graham et al., Patente de EE.UU. N ° 6.318.576, ilustran un desmontaje y reconexión de la fijación rápida e higiénica tradicionalmente utilizado en operaciones de la industria farmacéutica, bioquímica, y en el procesamiento de alimentos, adaptado para recibir y retener un montaje de disco de ruptura abombado inverso. La fijación incluye dos acoplamientos que tienen bridas las cuales se encuentra retenidas en relación de interconexión adyacente mediante una abrazadera de liberación rápida.

[0019] Son preferibles los discos de ruptura de pandeo inverso en aplicaciones de presión diferencial debido a que un disco de pandeo inverso se abrirá a una presión cercana a la presión de estallido del disco sin producir fatiga y fallo que es lo que frecuentemente ocurre en un disco de actuación directa cuando el disco opera cercano a su presión de estallido durante largos períodos de tiempo. Una teoría de la secuencia de funcionamiento de un disco de ruptura de pandeo inverso sin hoja de cuchilla se explica en Mozley, patente de EE.UU. N ° 4, 512, 171.

[0020] Un disco de ruptura sanitario de pandeo inverso comercialmente aceptable deberá idealmente cumplir con las normas actuales ASME BPE (Equipo de Bioprocesamiento) y 3-A (leche y productos lácteos), que requieren que el equipo esté libre de imperfecciones superficiales tales como grietas, muescas, hoyos evidentes, etc.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0021] La invención se refiere a un dispositivo de alivio de presión tal como se reivindica en la reivindicación 1.

[0022] El disco de ruptura de acción inversa de esta invención, el cual tiene una utilidad particular en condiciones sanitarias, tiene una sección central abombada que incluye una cara convexa y una cara cóncava opuesta con una porción de brida que rodea la sección central abombada. La cara convexa de la sección abombada es lisa y de configuración principalmente ininterrumpida. Una región de segmento metálico de la sección abombada tiene alterada la estructura granular comparada con el resto del metal de la sección abombada del disco y define una región segmento en una forma de realización preferente que tiene un límite exterior normalmente circular localizado más cerca de la zona más superior de la sección abombada que de la porción de brida del disco. La región segmento se ha desplazado físicamente desde el cuerpo principal de la sección abombada y luego ha regresado a su posición original. La estructura granular alterada de la región segmento resulta del endurecimiento por tensión del metal mediante deformación plástica provocando una mayor tensión residual en la región segmento que en el resto de la sección abombada.

[0023] El disco de ruptura de acción inversa abombado es un elemento metálico relativamente delgado, que tiene una línea de debilitamiento electropulida definida por láser en la cara cóncava del disco. El rebaje de la línea de debilitamiento tiene preferentemente forma de C dejando una zona articulada entre los extremos de la línea C y ubicada adyacente pero ligeramente dentro del área de transición entre la sección abombada del disco y la sección de brida del disco que se extiende circunferencialmente. El rebaje de la línea de debilitamiento está definido por superficies separadas de paredes laterales opuestas unidas por una superficie de pared inferior en donde las superficies del rebaje de la línea de debilitamiento tienen un acabado superficial electropulido brillante que es al menos aproximadamente 6 veces más liso y preferentemente al menos aproximadamente 8 veces más liso que el acabado de la superficie del elemento metálico. El acabado de la superficie del rebaje electropulido es preferentemente no mayor de aproximadamente 102 nm (4 micropulgadas), y más preferentemente no mayor de aproximadamente 50,8 nm (2 micropulgadas) de la desviación media desde la superficie principal. Por lo tanto, el rebaje de la línea de debilitamiento formada por el proceso de electropulido está definida por porciones opuestas de canal separadas que se hayan distanciadas mediante una porción de corona central elevada en donde las porciones del canal son de mayor profundidad que la porción corona por lo que el rebaje tiene normalmente forma de W en sección transversal.

[0024] El disco de ruptura de acción inversa se fabrica preferentemente primero pre-abombando del disco en origen en un dispositivo de fijación con aire presurizado aplicado a una sección central del disco en origen con el fin de pre-abombar esa sección central. Se coloca un poste en el dispositivo de fijación en disposición de agarrar y doblar la sección central del disco en origen cuando se aplica el aire presurizado contra la sección central del disco en origen a un ratio predeterminado para abombar el disco en origen. El pre-abombado del disco en origen contra el poste produce una relativamente pequeña huella que se formara en la sección central del disco en origen, preferentemente compensada hasta cierta medida desde el centro de la sección central abombada. Después de la retracción del poste, el disco se abomba entonces hasta su altura final de cúpula.

[0025] La región segmento de metal doblada de la sección pre-abombada del disco en origen tiene alterada la estructura granular, en comparación con el resto del metal de la sección pre-abombada del disco. En una realización preferente del disco en la cual se utiliza un poste para doblar un segmento de la sección pre-abombada del disco, el segmento doblado tiene un límite exterior normalmente circular situado más cerca de la zona más superior de la sección abombada que de la porción de brida del disco. La región segmento metálico desplazada desde el cuerpo principal de la sección abombada regresa a su posición original durante el abombado final del disco. El metal de la región segmento doblado y regresado exhibe mayor tensión residual que el material disco de que rodea la región segmento inicialmente doblado como resultado de la deformación plástica inicial de una región segmento localizada primero en una dirección seguida luego de la deformación plástica de esa misma región segmento localizado en dirección opuesta.

[0026] La región del disco que ha sido doblado y luego regresado a su disposición original es sometida a tensiones en un área localizada en dos direcciones que en suma son mayores que las tensiones impuestas en el cuerpo principal de la sección abombada del disco durante el abombado final. El resultado es un disco que tiene una sección abombada sin tener una huella o depresión que pudiera recoger los materiales desde el dispositivo de procesamiento y por lo tanto se puede mantener y limpiar más fácilmente. Además, la flexión y el posterior regreso de una región segmento de la sección abombada del disco supone un disco con las características necesarias de tolerancia a la ruptura que puede ser utilizado en aplicaciones de la industria farmacéutica, bioquímica y de procesamiento de alimentos en las cuales las especificaciones exigen un producto de disco de ruptura de estrecha tolerancia a baja presión de estallido.

[0027] En un procedimiento para producir un disco de ruptura sanitario con una región en la sección abombada del disco de mayor resistencia a la tracción que la del cuerpo principal de la sección abombada, se sitúa un disco en origen plano en un dispositivo de fijación el cual tiene un poste de deflexión tal que el poste está unido a una superficie del disco en una posición algo desplazada de lo que será el centro de la sección abombada. El poste de deflexión tiene preferentemente un final de unión del disco en origen hemisférico. El diámetro del poste se selecciona para formar una huella en el disco en origen de grado predeterminado dependiendo del tamaño del disco de ruptura, del material con el que se fabrica el disco, de la resistencia a la tracción del disco en origen de metal, del diámetro del área abombada a ser formado en el disco en origen de metal, del posicionamiento de la huella con respecto a lo que se convertirá en el eje central de la sección abombada del disco y de la especificación de diferencial de presión de estallido para el producto final.

[0028] Se aplica una presión de pre-abombado en la cara del disco de ruptura en origen frente al poste de deflexión, mientras se mantiene el disco en origen en el dispositivo de fijación para efectuar el abombado parcial del disco en origen y al mismo tiempo hacer que se forme una huella en la superficie convexa del disco en origen parcialmente abombada que se encuentra unida al poste de deflexión. El diámetro del área sometida a presión de pre-abombado deberá preferentemente ser igual al diámetro de la sección abombada final del disco.

[0029] A continuación, o bien el poste de deflexión se retrae o bien el disco en origen preformado se coloca en un dispositivo de fijación separado sin poste de abombado final. Se aplica suficiente presión a la superficie cóncava del disco pre-abombado para que se produzca el abombado final de la sección central del disco y, al mismo tiempo regrese la huella formada previamente en el disco a su posición inicial con respecto al resto del cuerpo del disco antes de la formación de la huella en el cuerpo del disco por medio del poste de deflexión. Como resultado, ambas superficies del disco, la convexa y la cóncava son lisas y libres de superficies salientes o depresiones que podrían recoger materiales en el interior de las mismas o a partir de ellas, y por tanto interferir en o impedir la limpieza del equipo con un agente desinfectante tal como el vapor.

[0030] El proceso de formación en dos etapas primero con la formación de una huella de extensión y profundidad predeterminada en la porción del cuerpo del disco en origen que va a ser abombada y luego la eliminación de la huella mediante regreso de la huella del metal a su posición inicial provoca que el área que ha estado hundida y luego restaurada tenga mayor tensión residual que el resto de la sección abombada final del disco, como resultado de la deformación plástica del metal en la región de segmento. La región de segmento, que tiene una estructura granular alterada relativamente pequeña comparada con el área total de la sección abombada, se endurece por el trabajo y exhibe una mayor resistencia a la tracción y compresión, por lo tanto se comporta de manera diferente durante el uso, comparada con el resto de la sección abombada al aplicar sobrepresión en la cara convexa del disco de ruptura.

[0031] Después del pre-abombado y abombado final del disco en origen, se aplica una capa de material resistente al menos en la cara cóncava del disco abombado y más frecuentemente en ambas caras del disco sumergiendo el disco en una solución de material resistente. El material resistente preferente es una fórmula de laca. Después de endurecer el material resistente, se usa un rayo láser para eliminar una porción de capa del material resistente que se encuentra en la cara cóncava del disco abombado, más usualmente a lo largo de una línea en forma de C, adyacente pero separada hacia el interior de la región de transición entre la sección abombada y la sección en planta plana periférica del disco. El rayo láser es controlado tal que el haz se mueva a lo largo de la superficie cóncava del disco en origen ahora en forma de cúpula, para eliminar casi todo el material resistente, dejando sólo un minúsculo residuo del material resistente en la superficie del disco en origen. Preferentemente se quiere controlar el rayo láser para definir la extensión de la línea de debilitamiento proyectada en el disco, pero sin permitir el contacto directo y por tanto oxidar la superficie del metal a lo largo de la trayectoria de desplazamiento del haz.

[0032] El disco atacado por láser se coloca después en un equipo de electropulido que contiene un baño de agente ácido. Preferentemente, el agente no es una solución de decapado químico de un tipo que de por sí decapa de manera significativa la superficie del metal. El disco se conecta a un circuito eléctrico en el cual, el disco funciona como ánodo mientras que un elemento conductor en el baño es el cátodo. Se aplica voltaje al disco / ánodo por lo que inmediatamente el agente ácido del baño comienza a eliminar por electropulido el metal en el área del disco no protegido por material resistente. El electropulido de la línea de debilitamiento continúa hasta que la profundidad del rebaje formado por electropulido sea de aproximadamente un 70% $\pm$ 25% a aproximadamente 70% $\pm$ 5% del grosor del disco en origen. A partir de entonces, el material resistente ha sido eliminado, y el disco de ruptura de acción inversa sometido a limpieza.

[0033] El procedimiento de electropulido forma un rebaje en el área abombada del disco correspondiente a la línea atacada por láser en el material resistente sobre la superficie del disco. El rebaje electropulido queda definido por porciones de canal opuestas separadas distanciadas por una porción corona elevada central donde las porciones de canal son de mayor profundidad que la porción de corona. Las porciones de canal opuestas del rebaje de la línea de debilitamiento proporcionan redundancia en la abertura y por tanto mejoran

la fiabilidad de desgarro del metal lo largo de la longitud de la línea de debilitamiento asegurando de este modo una completa apertura de la sección central del disco durante toda la vida de servicio del disco.

[0034] Una ventaja importante de la presente invención es la capacidad para cambiar las propiedades de presión de inversión del material del disco del mismo grosor que es utilizado para fabricar múltiples lotes de montajes de discos que abarca un rango más amplio del que era posible hasta ahora, cada lote cumpliendo esencialmente las mismas especificaciones de presión de inversión. Variando la altura de la cúpula durante el pre-abombado del disco en origen mientras se mantiene constante la altura de la cúpula de abombado final, permite variar la presión de inversión de los discos utilizando el mismo grosor de material dentro de un rango de presiones más amplio que variando la altura de la cúpula del abombado final mientras se mantiene constante la altura de pre-abombado de la cúpula. Esto es especialmente importante en la fabricación de montajes de discos de ruptura de acción inversa destinados a aplicaciones líquidas en las cuales es ventajoso mantener una altura de cúpula alta.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

[0035]

La Figura 1 Es una representación esquemática de la longitud de una lámina de material de metal utilizado para la fabricación de discos de ruptura de acción inversa, de acuerdo con la presente invención;

La Figura 2 es una vista en planta fragmentaria de la lámina de metal de la figura 1 y que muestra en líneas de trazos el contorno de piezas de los discos de ruptura en origen que serán formados a partir del material de la lámina de metal de la figura 1;

La Figura 3 es una vista esquemática en planta de un disco en origen formado a partir del material de la lámina de la figura 2;

La Figura 4 es una representación esquemática en sección transversal de un dispositivo de fijación para pre-abombar un disco de ruptura en origen que incluye un poste de deflexión para formar una huella en una superficie del disco en origen;

La Figura 5 es una vista en sección transversal horizontal tomada principalmente en la línea 5-5 de la figura 4 y mirando hacia abajo en la dirección de las flechas;

La Figura 6 es una representación esquemática en sección transversal de la etapa de pre-abombado de usando el dispositivo de fijación ilustrado en la figura 4 y que provoca la deflexión de una región segmento del disco de ruptura en origen desde el cuerpo principal del disco en origen;

La Figura 7 es una representación esquemática fragmentaria ampliada del disco pre-abombado que tiene una región segmento con una huella en la superficie convexa parcialmente abombada del disco en origen ocasionado por el poste de deflexión y que ha sido formada por el poste de deflexión.

La Figura 8 es una vista en sección transversal horizontal tomada en la línea 8-8 de la figura 6 y mirando hacia abajo en la dirección de las flechas;

La Figura 9 es una representación esquemática en sección transversal del dispositivo de fijación como se muestra en la figura 4 y que ilustra la manera en la que se aplica presión a la cara cóncava del disco de ruptura pre-abombado para producir el abombado final del disco de ruptura;

La Figura 10 es una representación esquemática en sección transversal del dispositivo de fijación como se muestra en la figura 6 con el poste eliminado y que ilustra la manera en que se aplica presión suficiente a la cara cóncava del disco de ruptura del disco pre-abombado para efectuar el abombado final del disco de ruptura y efectuar el retorno de la región segmento de la sección abombada a la posición inicial antes de formarse la huella en el mismo durante el pre-abombado de la sección central de disco;

La Figura 11 es una vista esquemática en sección transversal del disco abombado final en donde la huella inicial en la sección central del disco ha desaparecido durante el abombado final del disco en origen;

La Figura 12 es una vista en planta del disco abombado como se muestra en la figura 11, donde ha desaparecido el segmento del disco inicialmente con huella que representado por las líneas de trazos circulares;

La Figura 13 es una representación en sección transversal ampliada de la porción de la sección abombada del disco de ruptura y que ilustra esquemáticamente la estructura granular alterada de la región de segmento inicialmente con huella de la sección abombada del disco que ha sido devuelto a su posición original, en comparación al metal del resto de porción de la sección abombada;

La Figura 14 es una representación esquemática de un método de revestimiento del disco de ruptura abombado de la figura 12, con un material de laca de secado rápido;

La Figura 15 es una vista esquemática en sección transversal central del disco de ruptura abombado revestido de laca;

La Figura 16 es una representación esquemática de la manera en que se utiliza un rayo láser para formar una línea en el revestimiento de laca mediante láser que define una línea deseada de debilitamiento que se formara en la sección abombada del disco de ruptura;

La Figura 17 es una vista en planta del disco que ilustra una forma de una línea atacada por láser que define la configuración de rebaje de una línea de debilitamiento que se formara en el disco;

La Figura 18 es una vista vertical fragmentaria ampliada transversal tomada principalmente a lo largo de la línea 18-18 de la figura 17 y mirando en dirección de las flechas;

La Figura 19 es una vista en sección transversal vertical de una representación esquemática del equipo de electropulido para formar un rebaje de la línea de debilitamiento en la sección abombada del disco a lo largo de la línea atacada por láser en el revestimiento de laca del disco;

La Figura 20 es una vista en planta del disco en donde se ha formado un rebaje electropulido en la sección abombada del disco utilizando el equipo de electropulido de la figura 19;

La Figura 21 es una representación esquemática en sección transversal fragmentaria ampliada que ilustra el rebaje electropulido formado en la sección pulida del disco;

La Figura 22 es una vista en planta del disco que tiene un rebaje electropulido correspondiente a la línea atacada por láser en el revestimiento de laca, y con la laca quitada;

La Figura 23 es una vista vertical fragmentaria ampliada transversal tomada en la línea 23-23 de la figura 22 y que ilustra la forma en sección transversal del rebaje electropulido en la sección abombada del disco;

La Figura 24 es una vista en planta de un disco de ruptura de acción inversa que tiene un rebaje de la línea de debilitamiento electropulido en el disco de acuerdo con una realización de la invención en la que los extremos finales opuestos del rebaje de la línea de debilitamiento se curvan hacia el exterior y se extienden lejos uno de otro;

La Figura 25 es una vista en planta de un disco de ruptura de acción inversa que tiene un rebaje de línea de debilitamiento electropulido en el disco de acuerdo con otra forma de realización de la invención en donde el rebaje de la línea de debilitamiento tiene el final de los extremos separados curvados hacia dentro, dirigidos uno hacia el otro.

La Figura 26 es una vista en planta de un disco de ruptura de acción inversa que tiene un rebaje una línea de debilitamiento electropulida en el disco de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención en donde el radio de la línea de debilitamiento varía y tiene los finales de los extremos curvados hacia fuera y en donde la porción del rebaje de la línea de debilitamiento frente a la porción articulada de la sección abombada del disco tiene un segmento de pico normalmente en forma de V dirigido hacia el exterior;

La Figura 27 es una vista en planta de un disco de ruptura de acción inversa que tiene un rebaje de la línea de debilitamiento electropulido en el disco de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención en donde el radio del rebaje de la línea de debilitamiento varía y tiene extremos finales curvados hacia fuera y en donde la porción de la línea del rebaje de debilitamiento frente a la porción articulada de la sección abombada del disco tiene un segmento de pico normalmente en forma de V dirigido hacia el interior;

La Figura 28 es una vista en planta de un disco de ruptura de acción inversa que tiene un rebaje de la línea de debilitamiento electropulido en el disco de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención en donde el rebaje de la línea de debilitamiento tiene los extremos finales separados, opuestos, generalmente circulares;

La Figura 29 es una vista en planta de un disco de ruptura de acción inversa que tiene un rebaje de la línea de debilitamiento electropulido en el disco de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención en donde el rebaje de la línea de debilitamiento tiene el final de los extremos separados curvados hacia dentro, dirigidos uno hacia el otro, y en donde la sección abombada del disco está provista de un logotipo electropulido para fines de identificación;

La Figura 30 es una vista en planta de un disco de ruptura de acción inversa el cual tiene un rebaje electropulido de la línea de debilitamiento en el disco de acuerdo con una forma de realización adicional de la invención en donde el rebaje de la línea de debilitamiento tiene cavidades separadas opuestas normalmente circulares al final de los extremos de la línea de debilitamiento;

La Figura 31 es una vista ampliada en sección transversal vertical a lo largo de la línea 31-31 a través de una cavidad en un extremo de la línea de debilitamiento, y mirando en dirección a las flechas;

La Figura 32 es una vista en perspectiva de un montaje de disco de ruptura sanitario de pandeo inverso de acuerdo con esta invención;

La Figura 33 es una vista en despiece de los componentes que forman el montaje de disco de ruptura de pandeo inverso;

La Figura 34 es una vista en perspectiva de una forma alternativa de un anillo de sujeción que forma parte del montaje de disco de ruptura que se muestra en la figura 32; y.

La Figura 35 es una representación gráfica que demuestra que la presión de inversión de los discos que tienen un rebaje de línea de debilitamiento electropulida que define el área de abertura del disco es esencialmente la misma que la presión de inversión de un disco que no posee una línea de debilitamiento, lo que no sucede con los discos de ruptura de acción inversa que tiene una línea rayada de debilitamiento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0036] En la figura 32 de los dibujos, se ilustra un montaje de disco de ruptura de pandeo inverso sanitario que incorpora los conceptos preferentes de esta invención. El montaje de disco 10 incluye un disco de ruptura 12 y una arandela de apoyo 14 fijado al mismo. El montaje de disco de ruptura 10 está particularmente adaptado para su uso en aplicaciones higiénico- sanitarias en industrias tales como las farmacéuticas, bioquímicas y las de procesamiento de alimentos. En consecuencia, los componentes del montaje de disco de ruptura 10 se fabrican preferentemente de material metálico resistente a la corrosión, siendo cualquiera de entre un número de metales convencionales resistentes a la corrosión, tales como las aleaciones de acero inoxidable, Hastelloy-C, Monel, Inconel, y níquel. El disco de ruptura 12 tiene una sección abombada central

16, y una porción de brida anular 18. Una zona de transición 20 se une la periferia interior de la porción de brida 18 con el margen circular exterior de la sección abombada 16.

[0037] La sección abombada 16 del disco de ruptura 12 tiene una región relativamente pequeña 22 (figuras 32 y 12) que está desplazada del eje central de la sección abombada 16. El metal de la región 22 tiene una estructura granular alterada y presenta una mayor resistencia a la tracción que el resto de la sección abombada 16, y se ha formado al hacer una huella en la superficie convexa 16a, y luego haber regresado esta huella a su posición inicial de modo que la superficie convexa 16a de la sección abombada 16 es lisa sin interrupciones significativas.

[0038] La sección abombada 16 del disco de ruptura 12 está provista de un rebaje semicircular de la línea de debilitamiento 24 que se encuentra en la sección abombada 16 del disco hacia el interior y normalmente complementario con el área de transición 20, como se ilustra en la figura 22. Se puede observar a partir de la figura 22 que el rebaje de la línea de debilitamiento 24 tiene el final de los extremos 26 y 28 separados uno de otro a lo largo de la longitud del área de transición 20. En la realización del disco se muestra en la figura 22, el final de los extremos 26 y 28 del rebaje de la línea de debilitamiento 24 están curvados hacia fuera lejos uno de otro, y normalmente tienen una configuración en forma de C.

[0039] La arandela de apoyo 14 tiene un cuerpo principal anular 30 configurado como base de la porción de brida 18 del disco de ruptura 12. En la figura 33 se verá como el borde semicircular interior 32 del cuerpo anular 30, tiene varias proyecciones separadas circunferencialmente 34 que se extienden hacia el interior desde el borde 32 del cuerpo 30. El anillo 30 puede tener cualquier número de proyecciones 34, variando de 0 a 11 como se muestra en la figura 33, o más. Una lengüeta que se extiende hacia el interior 36 integral con el cuerpo 30, tiene una porción de extremo girada hacia abajo más externa 38, y también se proyecta dentro de la abertura interior del cuerpo del anillo 30. Una realización alternativa 94 de la arandela 14 se muestra en la figura 34 y tiene un cuerpo anular 96 provisto de un segmento único dirigido hacia dentro 97 provisto de un borde lineal más externo 98.

[0040] En estado montado, el cuerpo anular del anillo de sujeción 30 está asegurado a la brida 18 del disco 12 por medio de sujetadores 40 que pueden comprender tornillos, soldaduras por puntos, adhesivos u otros medios de fijación equivalentes. La lengüeta 36 de la arandela de apoyo 14 se coloca preferentemente entre los extremos finales 26 y 28 del rebaje de la línea de debilitamiento 24 y actúa como medio de apoyo seguro para el área articulada 42 de la sección abombada 16 del disco de ruptura 12 definido por el rebaje de la línea de debilitamiento 24. Las proyecciones 34 tienen el tamaño y están estratégicamente ubicados como base y apoyo directo de la sección abombada 16. Si se desea, se puede proporcionar un componente 44 esencialmente en forma de Z, como parte del cuerpo anular 30 del montaje de disco de ruptura 10 que ayude a una persona a orientar el montaje adecuadamente durante la instalación. Del mismo modo, el anillo 94 puede tener también un componente en forma de Z, 99 el cual tiene una función similar a la del componente 44 de la arandela 14. Puede proporcionarse una junta anular (no mostrada) junto a la porción de brida y al anillo de sujeción del montaje de disco.

[0041] El disco de ruptura 12 se fabrica a partir de una lámina 13 de material resistente a la corrosión como se ha descrito antes, que puede desenrollarse a partir de un rollo grande de metal seleccionado. Un disco en origen 15 se estampa, corta por láser, o corta por electroerosión EDM desde de la lámina 13. Preferentemente, el disco en origen 15 tiene una espiga de alineación unitaria periférica 17. La fabricación del disco de ruptura 12 se lleva a cabo preferentemente en dos etapas. La primera etapa consiste en el pre-abombado del disco de tal manera que forme una huella en la superficie convexa del disco en origen 15. La segunda etapa implica el abombado final del disco en condiciones tales que la huella en la superficie convexa de la sección abombada del disco se elimina con el regreso de la región de segmento con huella de la sección abombada a su posición inicial.

[0042] Un dispositivo de fijación 46 para formar una huella de una configuración predeterminada de disco de ruptura en origen de metal se ilustra esquemáticamente en la figura 4. A este respecto deberá entenderse que la representación esquemática de la fijación 46 solo tiene fines ilustrativos y no pretende ser representativo de un tipo particular de dispositivo de fijación para conseguir el resultado deseado. El anillo de base inferior 48 de la fijación 46, el cual en su forma preferente tiene una configuración cilíndrica, tiene una abertura central 50. La abrazadera cilíndrica 52 del dispositivo de fijación 46 tiene un paso central 54 alineado con y de la misma forma y área transversal que la sección de la abertura 50. El elemento de cubierta 56 cierra el extremo superior abierto del paso 54 de la abrazadera 52. Una abertura 58 a través de la pared lateral de la abrazadera 52 sirve para permitir que gas, tal que aire, escape desde el interior de la abrazadera 52. Aunque no se ilustra, se deberá entender que el anillo de base 48 y o la abrazadera 52 tienen una ranura (s) para recibir complementariamente la espiga 17 de un respectivo disco en origen 15, de modo que los discos en origen 15 están situados de forma repetitiva en el dispositivo de fijación 46 en la misma posición.

[0043] Un poste de deflexión alargado 60 se coloca dentro del paso 54 y, preferentemente, está acoplado a un elemento de soporte 62 que descansa contra la cara inferior de la cubierta 56. Después colocar el disco en

origen de metal 15 en el anillo base de sujeción 48, el disco 15 queda sujeto en su sitio por el anillo abrazadera 52 y el anillo de base 48 posicionados como se muestra en relación cercana al paso 54. Aunque en una realización preferida el extremo más alejado del poste 60 es hemisférico, como se muestra, el extremo final del poste 60 puede ser cuadrado, de sección transversal en forma de estrella, o tener cualquier otra configuración deseada. El poste 60 tiene una longitud tal que el extremo final 64 se apoya contra la superficie 66 de disco en origen 15.

[0044] Se introduce aire bajo una presión de pre-abombado en el dispositivo de fijación 46 a través de la abertura central 50 para efectuar el pre-abombado del disco en origen 15, que hace que la región segmento 68 de disco 15 se desvíe desde el cuerpo principal de la sección de pre-abombado en dirección hacia abajo como se muestra en la figura 4. La profundidad de la región segmento con huella 68, la configuración y la extensión de tal huella van en función del diámetro del poste 60, la forma y el radio del extremo hemisférico 64 del poste 60 y de la presión aplicada a la superficie 70 del disco en origen 15. En el caso de un poste 60 que tiene un extremo hemisférico 64, la región de segmento con huella 68 tiene una porción 68a normalmente hemisférica y una superficie algo cónica ahusada 68b que conduce y que termina en la porción del cuerpo principal 16b de la sección abombada 16. Viendo la figura 7, puede observarse que la región central del segmento con huella generalmente hemisférico 68a se haya rodeado por una porción con huella de forma generalmente circular u ovalada 68b radiada hacia el exterior desde la región segmento con huella 68a. Durante la aplicación de presión al disco en origen 15 para pre-abombar el disco en origen, el aire contenido dentro del rebaje definido por el paso 54 y la cubierta 56 puede escapar por el paso 54 a través de la abertura 58 en la abrazadera 52.

[0045] Una vez completada la etapa de pre-abombado, la cubierta 56 y el poste de deflexión asociado 60 se retiran de la abrazadera 52. Se aplica la suficiente presión a la cara 16c cóncava del disco en origen 15 para completar el abombado final de la sección abombada 16 del disco de ruptura 12 que se representa en la figura 9. La cantidad de presión aplicada durante el abombado final del disco de ruptura 12 debe ser adecuada no sólo para abombar completamente el disco 12 que forma la sección 16 abombada, sino también lo suficiente como para hacer regresar la región de segmento con huella 68 a su posición inicial como se muestra en la figura 10. Así, la superficie convexa 16a de la sección abultada 16 es lisa e ininterrumpida a lo largo de toda su área, incluyendo la región de segmento 68 que define la región 22. Hacer una huella en la región segmento 68, seguido por el retorno de dicha huella a su posición inicial hace que el metal de la región 22 tenga una estructura granular alterada, como se muestra esquemáticamente en la figura 13.

[0046] Se ha encontrado que mediante la formación de una huella 68 en el disco en origen 15 durante el pre-abombado del disco, en donde la deformación del metal ocurre plásticamente en una dirección y luego a continuación, durante el abombado final del disco en origen 15 la deformación plástica del metal ocurre en la dirección opuesta, provocando por ello que el metal regrese a su posición original, siendo las superficies cóncava y convexas opuestas del área 68b complementarias con la curvatura de las caras cóncava y convexas opuestas de la sección abombada 16, iniciando la inversión de la sección abombada en el área 68b a una presión predeterminada y preseleccionada. Este inicio de inversión a la posición estratégica del área 68b es atribuible a la doble condición de pretensado del área 68b, y no al resultado de la geometría de la sección abombada 16. Debido a que la estructura granular del metal en el área 68b ha sido alterada como resultado de la deflexión de esa área en una dirección y a continuación la deflexión de esa misma área en la dirección opuesta, los cambios resultantes en la estructura granular del metal provocan el comienzo de la inversión del área 68a antes que el resto del área de la superficie de la sección abombada 16. Mediante la tracción del metal en dos direcciones en el área 68a se obtienen más fiable inversión y la apertura completa de la sección abombada 16 a lo largo del rebaje 24 de la línea de debilitamiento.

[0047] La arandela de apoyo 14 está fijada a la brida 18 del disco de ruptura abombada 12 utilizando sujetadores adecuados con las proyecciones 34 de la línea de rayado 24 y la sujeción de la sección abombada 16. La lengüeta 36 está principalmente alineada con el área articulada 42 de la sección abombada 16, y la espiga 17 del disco de ruptura 12.

[0048] El montaje de disco de ruptura 10 está adaptado para ser montado entre los acoplamientos de brida del tipo que se ilustra en las figuras 6-9. La patente de EE.UU. Nº 6.318.576 tiene la superficie 16a del disco de ruptura 12 mirando hacia el lado en que se procesa el equipo a proteger. El brazo 44 en el anillo 30 proporciona información al instalador del montaje de disco 10, en cuanto a la orientación adecuada del montaje entre los acoplamientos de brida durante la instalación, asegurando que la superficie 16a convexa de disco de ruptura 12 mira a la cara en que se procesa el equipo. El brazo 44 es también un indicador visual continuo de que el disco instalado está orientado adecuadamente.

[0049] En caso de que suceda una condición de sobrepresión en el recipiente del proceso o en las tuberías protegidas por el montaje de disco de ruptura 10, suficiente para efectuar la inversión de la sección abombada 16, la sección 16 abombada se abre a lo largo del rebaje 24 de la línea de debilitamiento, mientras es retenido por la porción articulada 42. La ruptura inversa comienza en el segmento 68 que define la región 22 a causa de la mayor tensión y alteración de la estructura granular de la región de segmento 68. Debido a

la existencia de mayor tensión en la región 22 de la sección abombada 16, se cree que la sobrepresión ejercida sobre la cara convexa 16a de la sección abombada 16 inicia la inversión de la sección abombada 16 y en última instancia, abre la sección abombada 16 a lo largo la longitud del rebaje 24 de la línea de debilitamiento.

[0050] Se ha descubierto inesperadamente que mediante la deflexión de un segmento que será la sección abombada 16 del disco como se ha descrito en detalle anteriormente, y luego regresar ese segmento a su posición inicial para presentar una superficie convexa lisa e ininterrumpida, la inversión del disco es función de la discontinuidad de la estructura granular en la región segmento 68. Esto va a contrastar con el hecho de proporcionar simplemente una depresión en el disco como se ilustra y describe en la Patente de EE.UU. N ° 6.494.074, en donde la ruptura que se inicia como resultado de la geometría de carga alterada y la distribución de la tensión subsiguiente de la superficie convexa modificada.

Ejemplo 1

[0051] Un ejemplo de un disco 12 preparado de acuerdo con el procedimiento preferente de esta invención y representado en la figura 10 se fabrica preferentemente de acero inoxidable de 0,051 mm (2 milésimas de pulgada) 316 y tiene un diámetro total de alrededor de 4,35 cm (2,5 pulgadas). El pre-abombado del disco 12 ilustrado esquemáticamente en la figura 6 se acompaña de una presión de aproximadamente 345 kPa (50 psig) para formar una depresión 68 en el disco en origen 44 como se muestra en la figura 6. El abombado final del disco como se muestra esquemáticamente en las figuras 9 y 10 se lleva a cabo a una presión aproximada de 1,4 mPa (200 psig) ocasionando el abombado de un disco en el cual la altura de la cúpula es aproximadamente 8,64 mm (0,34 pulgadas). El disco abombado final se somete después a tratamiento térmico a una temperatura aproximada de 316 °C (600 °F) durante 10 minutos para aliviar aún más cualquier tensión residual en el disco. El límite exterior 91 (figura 12) de la región segmento de metal 68 de la sección abombada del disco, que ha sido sometido a una mayor tensión que el resto del metal de la sección abombada 16, tiene un área nominal aproximada de 2,6 cm² (0,4 pulgadas cuadradas). La región segmento 68 en el disco del ejemplo, está separada del eje central de la sección abombada 16 aproximadamente 7,4 mm (0,3 pulgadas). Este disco tiene una presión de estallido nominal aproximadamente de 5,5 kPa (8 psig).

[0052] Se ha descubierto inesperadamente que variando la presión aplicada en el disco en origen 15 en el dispositivo de fijación 46 para producir el pre-abombado del disco contra el poste 60, la presión de inversión del disco abombado final, donde el área 68 de la sección abombada 16 tiene la huella en una dirección para luego hacerla desaparecer en la dirección opuesta, la presión a la que se invierte el disco puede variarse de manera similar. Al aumentar la presión de pre-abombado para profundizar la huella inicial en la sección abombada del disco, seguido de la desaparición de la huella durante el abombado final del disco, se ha encontrado que el disco de ruptura se invertirá a una presión inferior. Entonces de acuerdo a ello, el rango de presiones a las que un disco se invertirá, es más amplio que en un disco que tiene una huella en una dirección que luego no ha desaparecido por el endurecimiento por trabajo bidireccional del metal en dos etapas si se compara con la deflexión del material en una única dirección. El efecto del endurecimiento por trabajo dual del metal de dirección opuesta en una única localización, se ha comprobado, proporciona un rango significativamente más amplio de presiones predeterminadas de inversión que en el caso de tener una huella en el metal en una sola dirección. Este aumento del rango de presiones de inversión predecibles se considera atribuible en gran medida al efecto aditivo de endurecimiento por tensión del metal de dirección opuesta y al simultáneo cambio sustancial en la estructura granular. En el caso de una huella permanente en el metal en una única dirección, se piensa que la inversión del disco dependerá principalmente de la geometría del vector de fuerza. Por lo tanto, al pre-abombar el disco a diferentes presiones para obtener diferentes profundidades de huellas iniciales en la sección abombada del disco en origen, seguido del abombado final del disco en una medida que haga desaparecer la huella, pueden establecerse empíricamente los resultados de las presiones de inversión de los discos resultantes y anotarlos para la posterior duplicación. Estos análisis empíricos son una función del tipo de material utilizado en la fabricación del disco de ruptura, del grosor de ese material y del diámetro del disco.

Proceso preferente de fabricación del disco de ruptura

[0053] En el proceso preferente de formación de un rebaje de la línea de debilitamiento en un disco de acción inversa, es preferible que la línea de debilitamiento este situada en la sección abombada del disco. Por consiguiente, el material en el fondo del rebaje esta comprimido cuando opera el disco en funcionamiento, en lugar de estar en tensión si la línea de debilitamiento esta situada en la brida del disco fuera de la sección abombada del disco. Esto es particularmente importante dado el hecho de que los discos de ruptura de actuación inversa están sometidos a variaciones repetitivas a menudo bastante considerables de presión de funcionamiento.

[0054] Haciendo referencia a las Figuras 14 y 15 de los dibujos, se aplica una capa 100 de laca de material resistente al menos en la porción cóncava de la sección abombada 16 del disco de ruptura. Un ejemplo de laca es la laca Microshield o Microstop disponible en la división de la firma Tolber de Pyramid Plastics, Inc.,

Hope, Arkansas. La laca se puede pulverizar al menos en la superficie cóncava de la sección abombada del disco de ruptura 12, aunque el proceso más eficiente implica la inmersión del disco de ruptura 12 en un baño de laca 102 dentro de un recipiente 104.

[0055] Después de extraer el disco 12 del baño de laca de 102, seguido del secado del disco revestido, el disco revestido de laca se coloca en un láser 105 para la erosión por láser de una línea en la laca que representa y duplica la línea de debilitamiento a formar en la superficie cóncava de la sección abombada del disco 12. Se ha comprobado que un láser adecuado es el láser Model Speedy II de la división de firma Trotec de Trodat Corporation con sede principal en Wells, Austria. El Speedy II es un láser pulsado de 65 vatios de CO₂. El láser está programado para dirigir el rayo del láser 107 sobre el revestimiento de laca 100 en la cara cóncava 16c de la sección abombada 16 del disco de ruptura 12 y seguir una línea 106 que corresponde a la configuración del rebaje de la línea de debilitamiento deseada en el disco de ruptura final. El control de la potencia de salida del láser va desde 4,5 vatios a aproximadamente 13 vatios a una velocidad de la cabeza del láser de aproximadamente 3,6 cm/s (1,4 pulgadas por segundo). Los ajustes de potencia dependen del tipo de laca utilizada y del grosor del metal que erosiona el láser. La absorción de calor es la razón principal para variar la potencia de salida. La velocidad de escaneo del láser es también una variable a tener en cuenta al determinar los ajustes de la energía láser. Cuanto mayor es la velocidad de la cabeza del láser, mayor es la energía láser necesaria. Cuanto más lenta es la velocidad de la cabeza del láser, menor es el nivel de ajuste de energía necesario. La mejor forma de mantener un suministro de energía constante es utilizar el valor del ratio de velocidad de la cabeza del láser y los niveles de salida del láser. Este valor debe estar dentro del rango aproximado de 3.2 a 9.28. Se prefiere que el área de la laca atacada por láser, que controla la anchura del rebaje de la línea de debilitamiento, se mantenga dentro de un rango aproximado de 0,0508 mm (0,002 pulgadas) a aproximadamente 2,54 mm (0,10 pulgadas), deseablemente dentro del ratio aproximado de 0,254 (0,010 pulgadas) a aproximadamente 2,032 mm (0,080 pulgadas) y preferentemente del rango aproximado de 0,152 mm (0,006 pulgadas) a aproximadamente 0,203 mm (0,008 pulgadas).

[0056] El ratio de la velocidad de la cabeza del láser y los niveles de salida del láser deberá mantenerse a un nivel que asegure también que el rayo láser araña y o elimina la laca en contacto con el láser, pero no oxida el metal de debajo. Se ha encontrado a este respecto que cuando se utiliza el láser adecuadamente, se elimina el material de laca mediante el haz dejando un residuo muy delgado de laca de protección que recubre la superficie más superior del sustrato de metal. Preferentemente, se elimina por el láser al menos aproximadamente un 90% de la laca, pero no toda, para asegurar que el metal no se oxida ni se elimina con el láser. El objetivo de la operación del láser es al menos debilitar y dañar, y o eliminar la laca a lo largo de la línea de ataque del láser lo suficiente para permitir el electropulido posterior del metal subyacente, evitando la alteración de la integridad del metal del disco de ruptura. La figura 18 representa en sección transversal ampliada la línea que forma el láser 106 en la capa de laca 100 en el disco de ruptura en origen 15.

[0057] Un ejemplo de disco erosionado por láser se ilustra en la figura 17 de los dibujos, en donde se puede observar que la línea atacada por láser 106 tiene una configuración principalmente en forma de C y presenta el final de los extremos 26 y 28 curvilíneos dirigidos hacia fuera y los cuales están separados uno del otro a una distancia igual a la anchura de la articulación preseleccionada de la sección abombada del disco 16.

[0058] La cara cóncava del disco atacado por láser como se muestra en la figura 22 se somete después a una operación de electropulido a fin de erosionar un rebaje brillante de la línea de debilitamiento similar a un espejo, en la porción abombada del elemento metálico adyacente al área de transición entre la sección abombada 16 y la brida 18, y que conforma la configuración de la línea atacada por láser 106. El equipo de electropulido consiste preferentemente en un recipiente de electropulido, un recipiente de aclarado con agua y una secadora. El recipiente de electropulido contiene una solución ácida que comprende una mezcla a la que se añade ácido ortofosfórico y ácido sulfúrico. La empresa Molectrics, Inc., de Cleveland, Ohio, son los propietarios de una formulación comercial adecuada que se encuentra disponible como marca POWER KLEEN 500.

[0059] El disco atacado por láser 12 como se muestra en la figura 22 se sumerge en la solución ácida 108 que contiene el recipiente 110 y se mantiene a una temperatura aproximada de 54 °C (130° F). La temperatura del baño ácido es una función de la concentración y los constituyentes de la solución ácida. Los cátodos 112 sumergidos en la solución ácida 108 y el disco 12 que sirve como ánodo 114 están conectados a una fuente de potencia variable.

[0060] La solución ácida en el electropulidor en combinación con la corriente eléctrica aplicada a la solución elimina eficazmente el metal de la cara cóncava de la sección abombada del disco de ruptura a lo largo de una línea definida por el área atacada por láser del revestimiento de laca en el disco. El electropulidor tiene la capacidad única de atacar y eliminar el metal a la vez que deja una superficie brillante semejante a un espejo. La operación de electropulido forma un rebaje 116 generalmente en forma de W en el metal en el cual las superficies 118 del rebaje definen porciones opuestas de canal distanciadas 120 y 122 separadas por una porción de corona central elevada 124. Las porciones de canal 120 y 122 tienen mayor profundidad que la porción de corona 124. Preferentemente, la profundidad máxima del rebaje 116 de la línea de

debilitamiento es al menos un $70\% \pm 25\%$ del grosor de la sección transversal del material del disco. Se desea que el rebaje 116 tenga una profundidad aproximada de al menos el $70\% \pm 10\%$ del grosor de la sección transversal del disco, y preferentemente de al menos aproximadamente el $70\% \pm 5\%$ del grosor del material del disco. En una realización preferente, cada una de las porciones de canal 120 y 122 del rebaje 116 tienen aproximadamente un 25% de la anchura total del rebaje.

[0061] Después de electropulir el disco para formar una rebaje electropulido 116, la laca se elimina con un disolvente. Un proceso de eliminación de la laca preferente es sumergir el disco electropulido en un diluyente de laca u otro disolvente adecuado tal como N-metil-2-pirrolidona, el ingrediente principal de "Microstrip C" lo tiene disponible Tolber, la división de la empresa Pirámide Plastics, Inc. Después de eliminar la laca de la superficie del disco de ruptura electropulido 12, se enjuagan las partes en el recipiente de enjuague del equipo de electropulido y luego se secan en el componente de secado del equipo.

[0062] Una ventaja especialmente importante de usar un láser para formar una línea definida en el revestimiento de laca en el disco que corresponde al rebaje deseado de la línea de debilitamiento en la superficie del disco, radica en la capacidad para programar el láser a que siga el curso de cualquier configuración predeterminada cambiante. Por ejemplo, en las figuras 17, 20, 22 y 24 correspondientes al ejemplar de disco preferente, el rebaje electropulido 116 que define la línea de debilitamiento 24 ha girado hacia el exterior, los extremos finales semicirculares 26 y 28 en los lados opuestos de la porción articulada 42. En el caso de que los extremos finales curvilíneos 26 y 28 girados hacia afuera como se muestra en la figura 24 tras la inversión de la porción central de la sección abombada 16 del disco de ruptura 12, las fuerzas aplicadas a la línea de debilitamiento que causan la rotura de una o ambas porciones de canal 120 y 122 del rebaje 116, hacen que esas fuerzas se dirijan hacia fuera en los extremos curvados 26 y 28 hacia el cuerpo 30 de la arandela de apoyo 14 base del montaje 10, proporcionando de este modo una resistencia adicional al desgarrar de la porción articulada 42 del disco que de otra manera podría causar la fragmentación de la porción central abierta de la sección abombada 16 del disco 12.

[0063] En las figuras 25-28 y 30 se ilustran configuraciones alternativas de líneas de debilitamiento. En la forma de realización del disco de ruptura 12a mostrado en la figura 25, los extremos finales 26a y 28a del rebaje de la línea de debilitamiento 24a se encuentran también girados hacia adentro uno hacia el otro en lugar de estar girados hacia el exterior como en la forma de realización de la figura 24. Los extremos finales 26a y 28a se encuentran principalmente en las mismas posiciones que los extremos finales 26 y 28.

[0064] En la Figura 26 de la forma de realización del disco de ruptura 12b, los extremos finales 26b y 28b del rebaje 24b de la línea de debilitamiento también se giran hacia fuera como se muestra, mientras que el radio del rebaje 24b es variable. Si se desea, el rebaje de la línea de debilitamiento 24b puede estar configurado para proporcionar un segmento 30b en pico girado hacia fuera directamente frente a la porción articulada 42 del disco 12. El segmento en pico 30b del rebaje 24b de la línea de debilitamiento facilita la apertura de la porción central de la sección abombada 16 tras la inversión del disco 12. La separación de la porción central desde la brida 18 del disco comienza en el segmento en pico 30b debido a la concentración de fuerzas de flexión en el ápice del segmento de pico 30b. El radio del rebaje de la línea de debilitamiento 24c de la realización del disco 12c ilustrado en la figura 27 varía, pero en este caso el segmento en pico 30c frente a la porción articulada 42 del disco 12 se gira hacia dentro hacia el centro de la sección abombada 16.

[0065] En la forma de realización de disco 12d mostrado en la figura 28, los extremos finales 26d y 28d de la línea de debilitamiento 24d tienen forma de círculos separados entre sí y están situados en los lados opuestos de la porción articulada 42 del disco 12. La provisión de los extremos finales circulares 26d y 28d en los extremos opuestos del rebaje de la línea de debilitamiento 24d sirven para dirigir y para la difusión de las fuerzas de desgarrar impuestas en el rebaje de la línea de debilitamiento 24d. Los extremos finales circulares 26d y 28d dirigen y expanden las fuerzas de flexión a los extremos opuestos de la línea de debilitamiento, lo que contribuye a la resistencia al desgarrar de la porción articulada 42 de la porción central de la sección abombada 16 del disco 12. Esta difusión de fuerzas de desgarrar en los extremos finales 26d y 28d del rebaje de la línea de debilitamiento 24d impide la fragmentación de la porción central de la sección abombada 16 durante la apertura de la misma.

[0066] En la Figura 29, el disco 12e tiene la misma construcción que el disco 12 como se muestra en la figura 24, pero en este caso, se puede formar una imagen distintiva en la superficie del disco tal que el logotipo 130 de un fabricante o cliente mediante electropulido, al mismo tiempo que se forma el rebaje 116 en el equipo de electropulido. En lugar de un logotipo o similar, la imagen electropulida formada en la sección abombada 16 del disco 12 puede ser un número de identificación único o la designación de modelo.

[0067] En la forma de realización alternativa de la figura 30, el disco 12f tiene cavidades circulares 26f y 28f en los extremos opuestos del rebaje de la línea de debilitamiento 24f en el disco de ruptura 12f. Como es evidente a partir de la sección transversal que se muestra en la figura 31, las cavidades individuales 26f y 28f tienen una zona central elevada 30f. Las cavidades 26f y 28f también sirven para dirigir y la difusión de las fuerzas de desgarrar impuestas en el rebaje de la línea de debilitamiento 24f, contribuyendo así a la

resistencia al desgarre de la porción de la articulación 42f de la porción central de la sección abombada 16f del disco 12f al rasgar, que habría causado la fragmentación de la porción central de la sección abombada 16 a la apertura de la misma.

- 5 [0068] La utilización de un láser para formar la representación de la línea de debilitamiento permite al fabricante del disco 12 proporcionar cualquier representación de entre una variedad infinita de representaciones de electropulido en la capa de revestimiento de laca sobre el disco 12, que se transfiere entonces a la superficie del disco durante el electropulido del rebaje de la línea de debilitamiento.
- 10 [0069] Las representaciones gráficas de la figura 35 representan los resultados de pruebas que demuestran que la existencia del rebaje de la línea de debilitamiento 116 en la sección abombada 16 del disco 12 no cambia o afecta la presión necesaria para efectuar la inversión de la porción central de la sección abombada 16 del disco 12. Esto es importante por varias razones.
- 15 [0070] Un disco de ruptura de acción inversa sin rayar de un material, un grosor y un diámetro particulares, que tiene una porción central abultada a una altura predeterminada se invertirá a una presión particular, pero la porción invertida del disco no se abre al menos que se provea una línea de debilitamiento que defina el área del disco que se abre. Sin embargo, cuando se raya el disco, ya sea en la sección abombada o en el área de la brida, el disco se invierte y se abre a una presión diferente a la de un disco sin rayar debido al endurecimiento por trabajo del área rayada por el troquel de rayado y la creación de fuerzas de tensión en el disco adyacentes a la línea de rayado mientras que el área articulada no se tensa de manera similar. Como consecuencia del rayado del disco, la presión necesaria para que se produzca la inversión de la sección abombada del disco en comparación a un disco sin rayado es impredecible debido a factores entre los que se incluyen el grado de endurecimiento por el trabajo del troquel, la profundidad de la línea de rayado, la condición en la que se encuentre del troquel por un uso constante, las diversas variables establecidas en el troquel de rayado incluyendo la presión ejercida en el troquel durante el rayado, la inclinación del troquel durante el rayado provocando una profundidad desigual de rayado a lo largo de su longitud, las diferencias inherentes en la metalurgia de la lámina de material a lo largo de toda su extensión y la variedad de metales que son necesarios para la fabricación de discos que cumplan las condiciones particulares especificadas y los requisitos del cliente.
- 20
- 25
- 30

Ejemplo 2

- 35 [00071] En la representación gráfica de la figura 35, los resultados de las pruebas de presión llevadas a cabo en ocho discos de 0,051 mm (dos pulgadas) de diámetro de acero inoxidable cada uno de grosor 0,051 mm (0,002 pulgadas), se representan en base a la presión de estallido/inversión en el eje Y y el porcentaje de presión de pre-abombado en el eje X. Cuatro de los discos tenían un rebaje electropulido mientras que los otros cuatro discos no tenían un rebaje electropulido y por lo tanto su superficie era lisa. Todos los discos se hicieron usando una presión de abombado final de 1,4 mPa (200 psi) como se expone en el Ejemplo 1. Los porcentajes de la presión de pre-abombado en el eje X del gráfico de la figura 35 se expresan como porcentaje de la presión final de abombado 1,4 mPa (200 psi).
- 40

- [0072] Estas pruebas demostraron que muestras sin un rebaje electropulido, cuando se pre-abomban previamente a presiones que van desde 10% al 25%, se invierten dentro de un rango de 69 kPa (10 psi) a 345 kPa (50 psi), dependiendo de la presión de pre-abombado. Inesperadamente, las muestras que tenían un rebaje electropulido se invirtieron y estallaron esencialmente a las mismas presiones que los discos sin un rebaje electropulido, en cada caso dependiendo del grado de pre-abombado.
- 45

- [0073] Como es evidente a partir del gráfico, la variación en el porcentaje de presión de pre-abombado y el grado del pre-abombado cambia la presión de estallido / inversión de los discos, y confirma que se puede conseguir un rango de presiones de estallido / inversión simplemente variando el porcentaje de la presión de pre-abombado en comparación con la presión de abombado final.
- 50

- [0074] El presente proceso de fabricación de discos de ruptura de acción inversa que usa un láser para definir mediante láser una línea de debilitamiento en una capa de laca sobre la superficie del disco seguida de la formación de un rebaje de una línea de debilitamiento electropulida, se ha encontrado que supera muchos de los problemas hasta ahora no resueltos inherentes a los esfuerzos por grabar una línea de debilitamiento en materiales resistentes a la corrosión como el acero inoxidable y similares. Obtener un rebaje de una profundidad necesaria en materiales resistentes a la corrosión no sólo supone una cantidad de tiempo desmesurada, sino que además la superficie grabada resultante es rugosa y por lo tanto más susceptible de fallar por corrosión en el mismo punto en donde el disco de ruptura es más débil. Además, es difícil controlar el proceso de fabricación en un entorno de producción, sobre todo donde la solución de grabado y las condiciones de grabado sufren constantes cambios y debe utilizarse un agente ácido diferente para cada metal particular que está siendo grabado.
- 55
- 60

65

[0075] Las formas preferentes de la invención descritas anteriormente deberán usarse únicamente como ilustración y no se usaran para limitar la interpretación del alcance de la presente invención. Los expertos en la técnica podrían hacer modificaciones obvias en las realizaciones ejemplares expuestas anteriormente sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de descompresión que comprende un miembro metálico relativamente delgado que tiene dos caras opuestas, en una de dichas caras del miembro se dispone una línea de debilitamiento alargada (24) definida mediante un rebaje (116) en dicha una cara, dicho rebaje de línea de debilitamiento alargada esta configurado para representar un área delineada de alivio de sobre presión del miembro que **se caracteriza porque** dicho rebaje de línea de debilitamiento (116) esta definido mediante porciones opuestas espaciadas de canal (120,122) estando separadas mediante una porción corona central elevada (124), dichas porciones de canal (120,122) son mas profundas que dicha porción corona (124).
2. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde dicho rebaje de línea de debilitamiento (116) tiene una superficie electropulida.
3. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde dicho rebaje de línea de debilitamiento (116) tiene normalmente forma de W en sección transversal.
4. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 3 en donde dicha porción corona (124) tiene generalmente forma de U invertida.
5. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde la profundidad máxima del rebaje de línea de debilitamiento (116) es al menos un 70% $\pm$ 25% del grosor de la sección transversal del miembro.
6. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde la profundidad máxima del rebaje de línea de debilitamiento (116) es al menos un 70% $\pm$ 10% del grosor de la sección transversal del miembro.
7. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde la profundidad máxima del rebaje de línea de debilitamiento (116) es al menos un 70% $\pm$ 5% del grosor de la sección transversal del miembro.
8. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 2 en donde dicha superficie de rebaje de línea de debilitamiento (116) es una superficie electropulida pasivada.
9. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde el ancho del rebaje de línea de debilitamiento (116) es de 0,0508 mm (0,002 pulgadas) a 2,54 mm (0,1 pulgadas),
10. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde el ancho del rebaje de línea de debilitamiento (116) es de 0,254 mm (0,010 pulgadas) a 2,032 mm (0,080 pulgadas),
11. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde las porciones de canal (120,122) tienen una profundidad principalmente uniforme a lo largo de toda la longitud del rebaje (116).
12. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde el ancho de cada una de las porciones de canal (120,122) del rebaje (116) es aproximadamente un 25% del ancho total del rebaje (116).
13. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 1 en donde dicho miembro metálico tiene una porción abombada, dicho rebaje de línea de debilitamiento (116) se dispone en la porción abombada del miembro metálico.
14. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 13 en donde la porción abombada de dicho miembro metálico tiene una cara convexa y una cara cóncava, dicho rebaje de línea de debilitamiento (116) se dispone en la cara cóncava del miembro metálico.
15. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 14 en donde dicho rebaje de línea de debilitamiento (116) se sitúa adyacente al perímetro de la porción abombada del miembro metálico.
16. Un dispositivo de alivio de presión como se establece en la reivindicación 14 en donde dicho rebaje de línea de debilitamiento (116) tiene generalmente una configuración en forma de C.

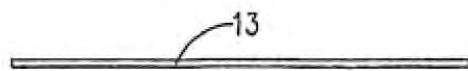


FIG. 1.



FIG. 3.

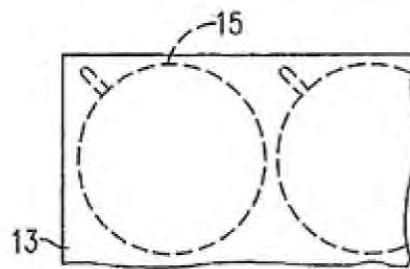


FIG. 2.

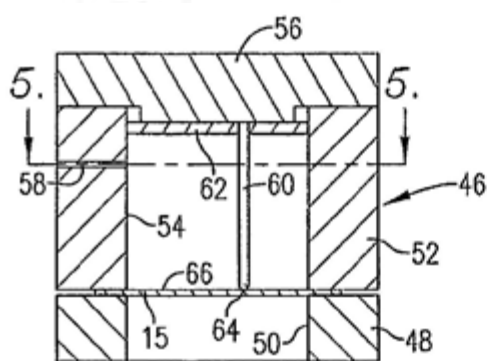


FIG. 4.

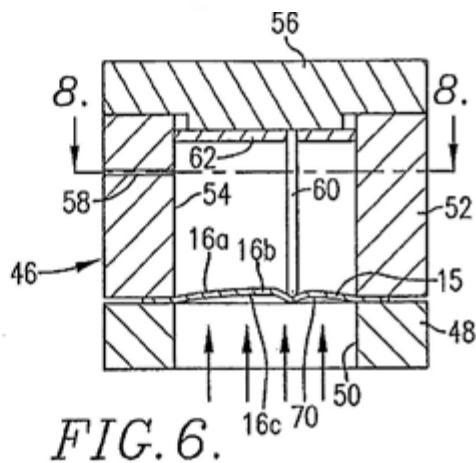


FIG. 6.

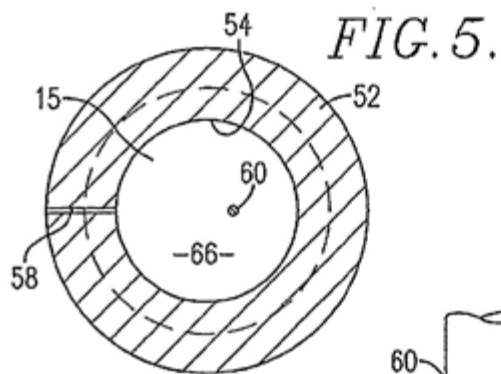


FIG. 5.

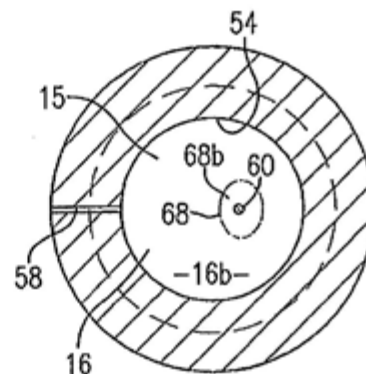


FIG. 8.

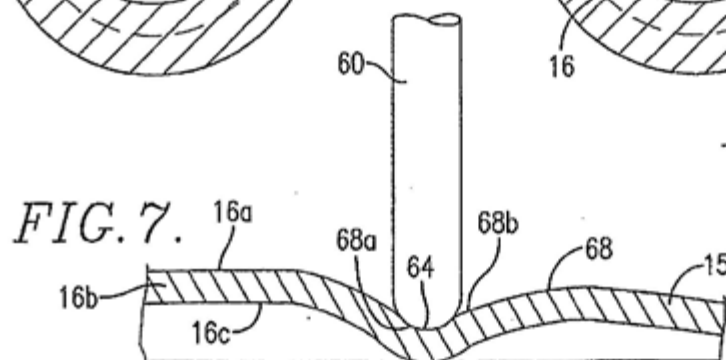


FIG. 7.

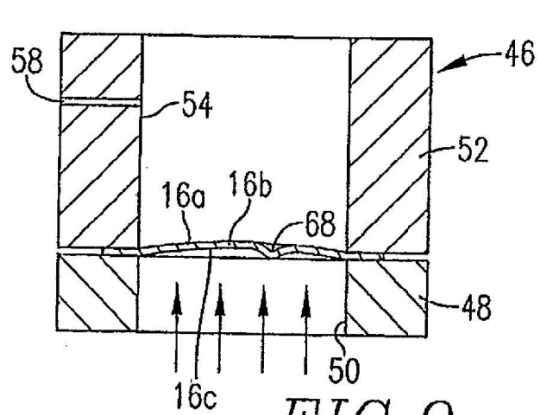


FIG. 9.

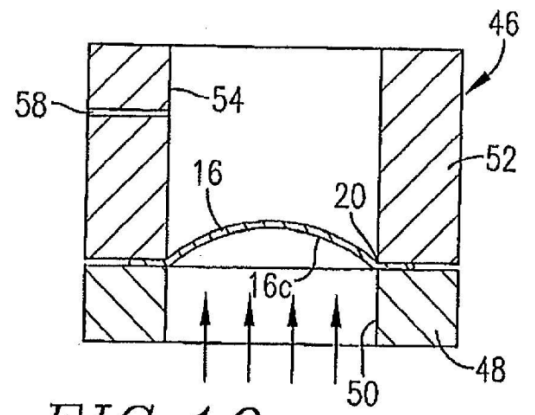


FIG. 10.

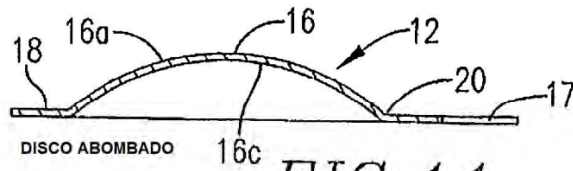


FIG. 11.

FIG. 14.

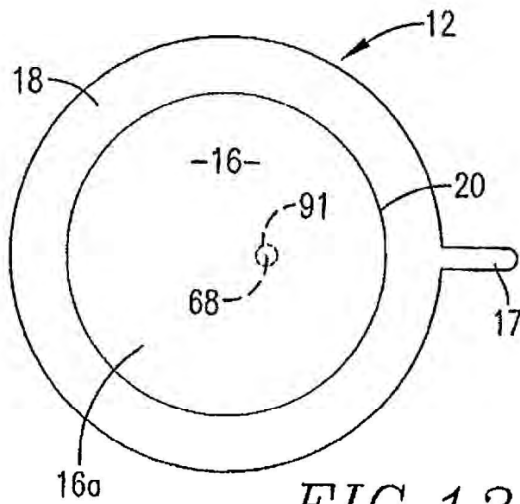


FIG. 12.

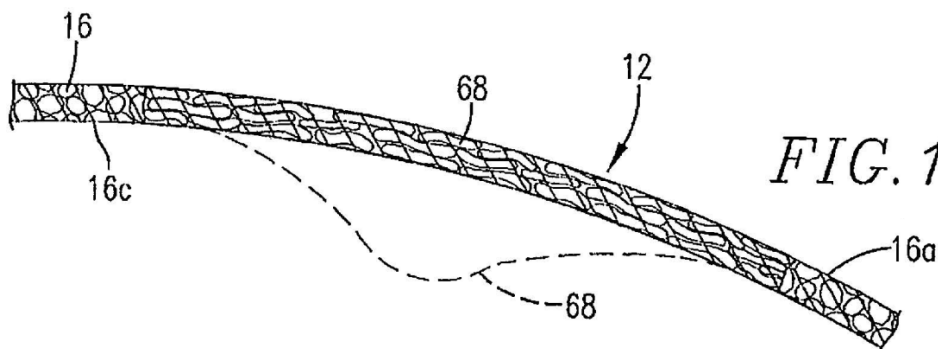
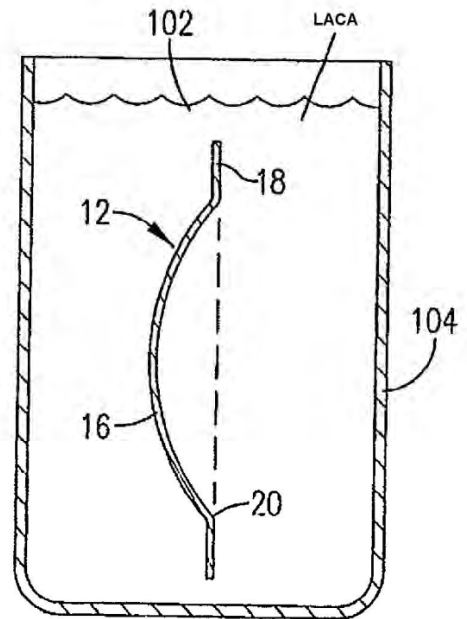


FIG. 13.

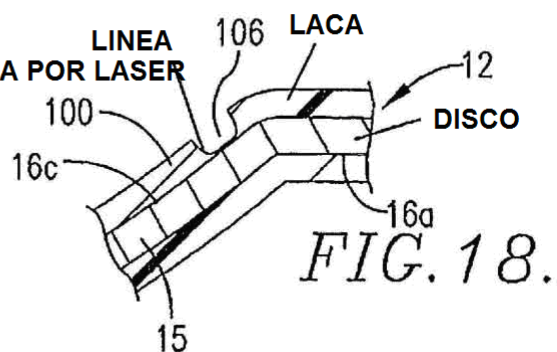
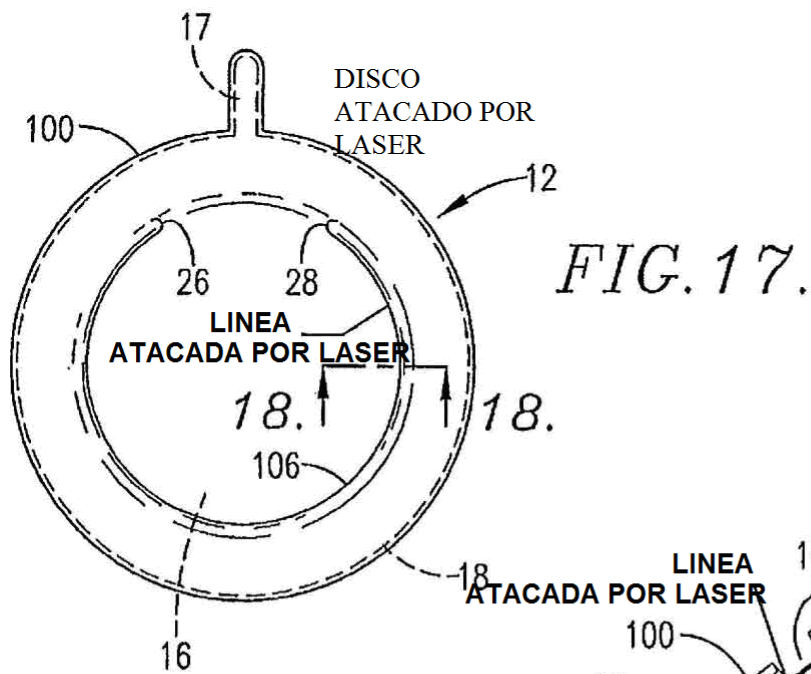
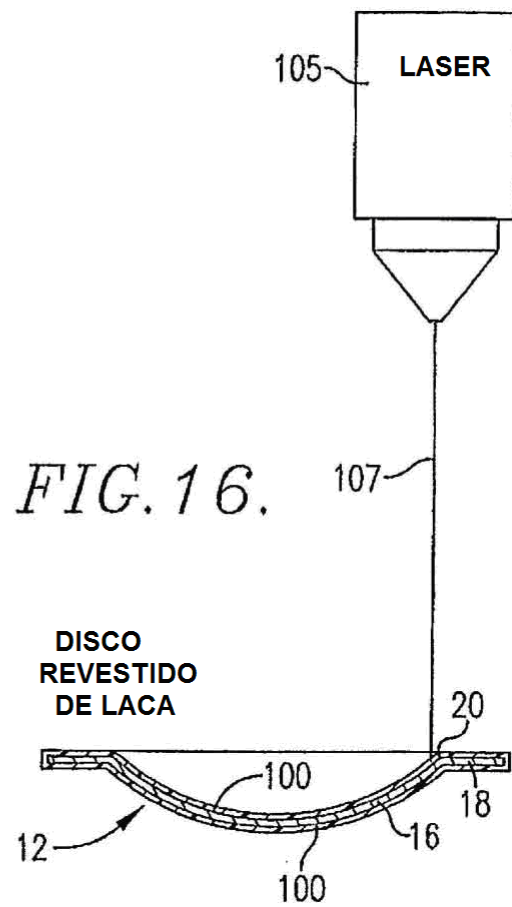
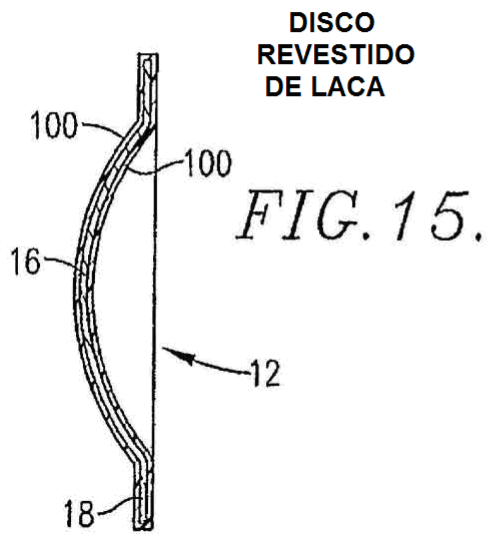


FIG. 19.

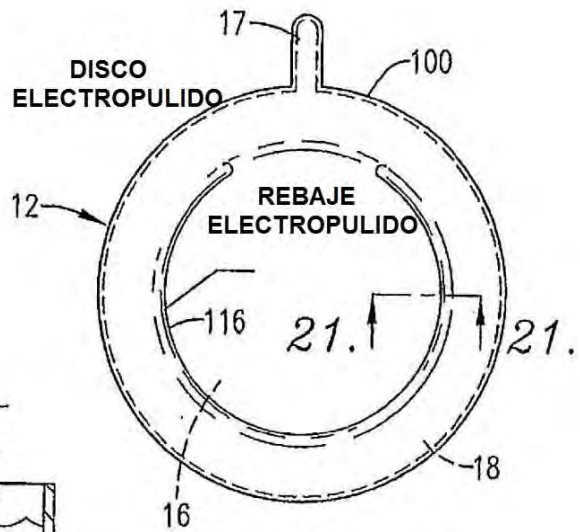
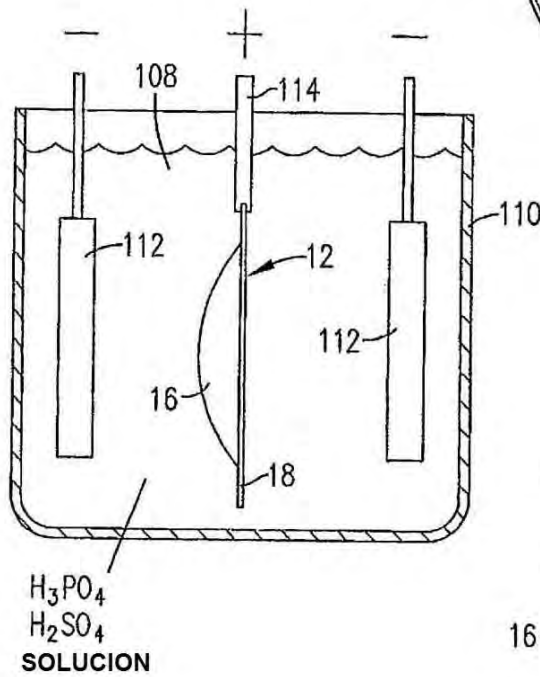


FIG. 20.

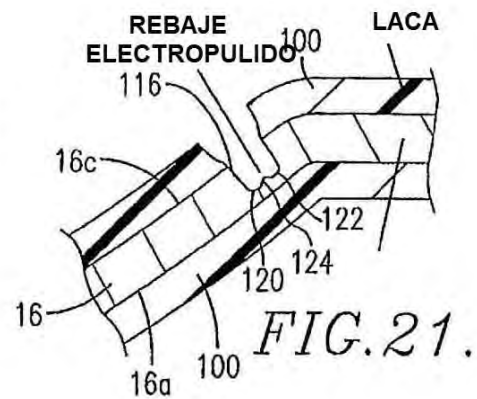


FIG. 21.

FIG. 22.

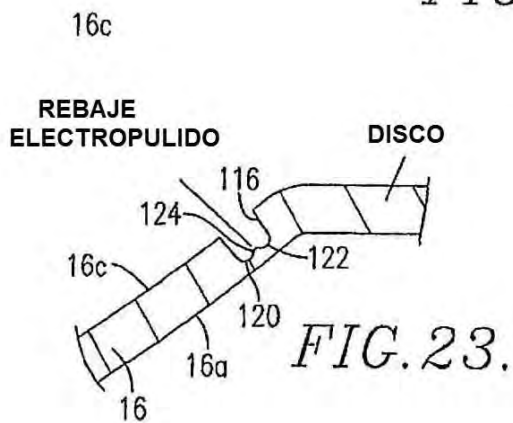
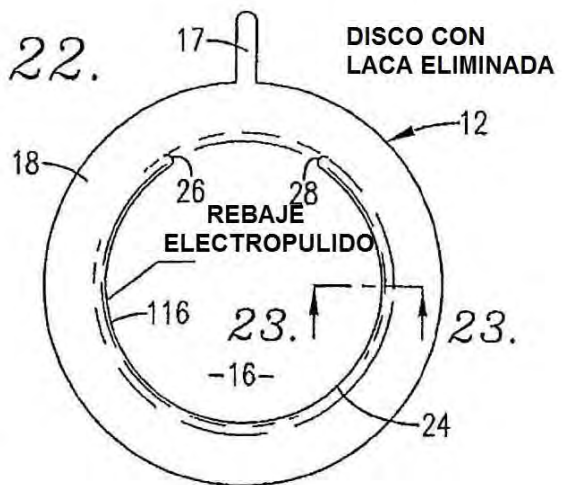


FIG. 23.

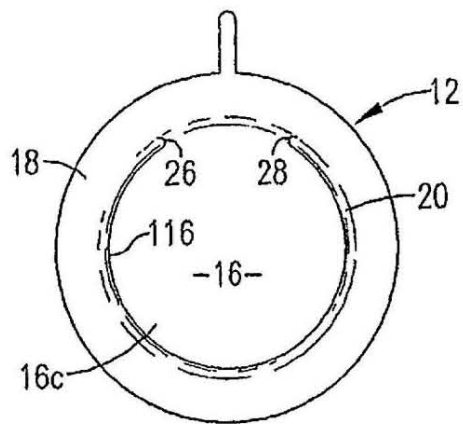


FIG. 24.

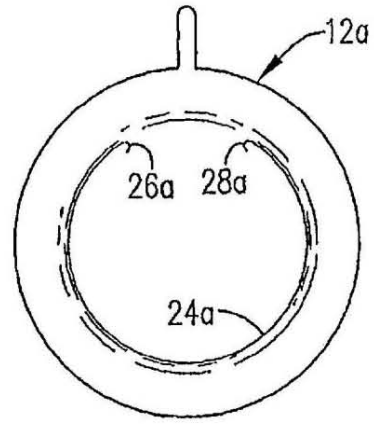


FIG. 25.

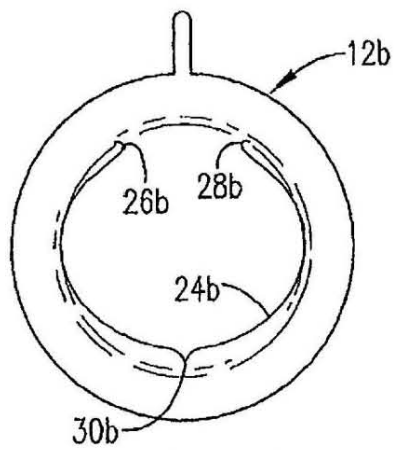


FIG. 26.

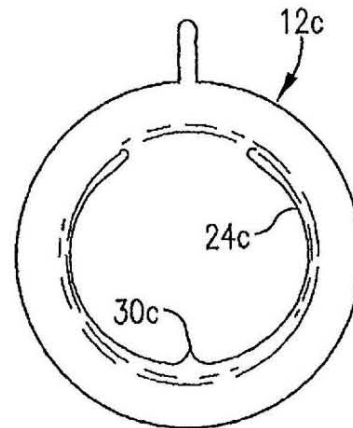


FIG. 27.

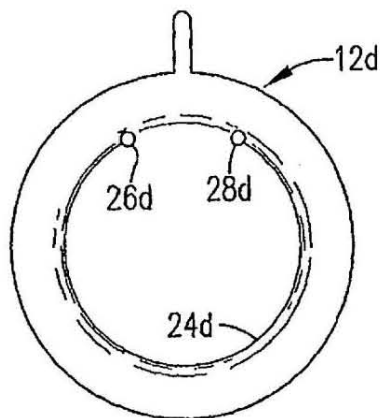


FIG. 28.

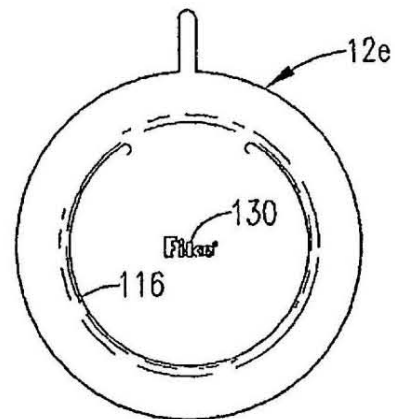


FIG. 29.

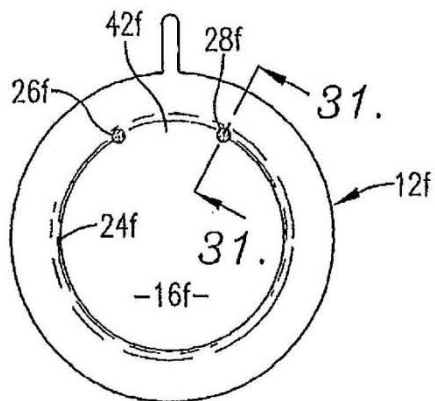


FIG. 30.

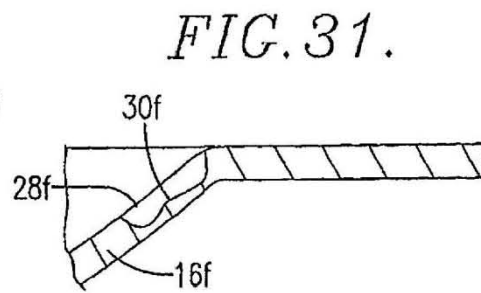


FIG. 31.

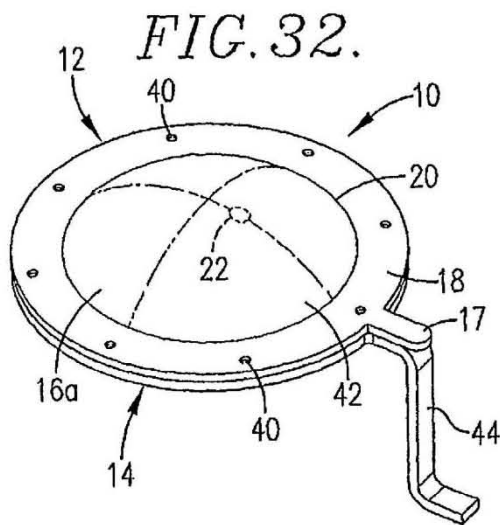


FIG. 32.

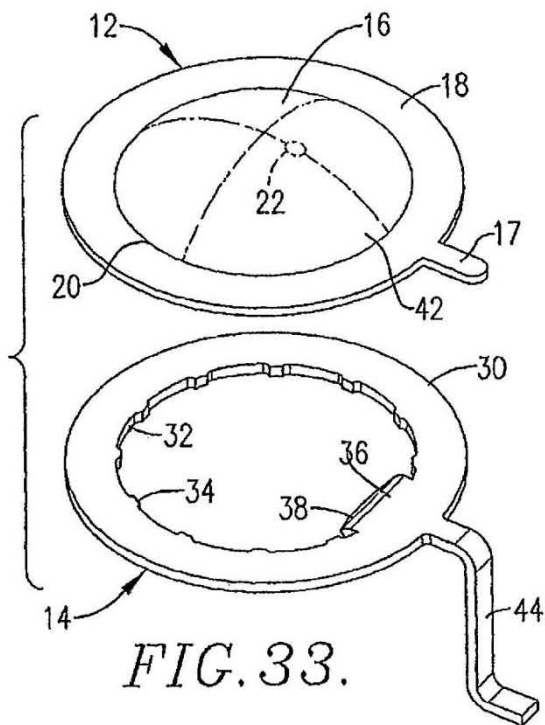
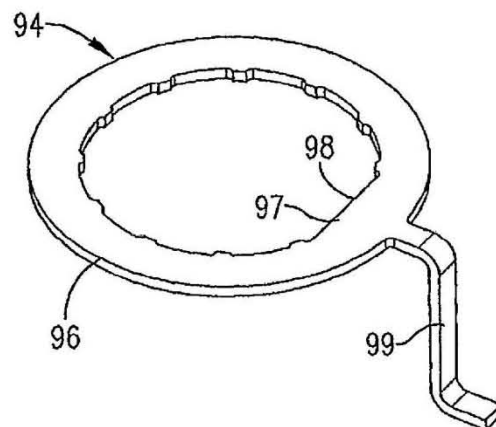


FIG. 33.

FIG. 34.



PRESION DE ESTALLIDO CON REBAJE ELECTROPULIDO 2" en relación a PRESIONES DE INVERSION
SIN REBAJE ELECTROPULIDO. (EL REBAJE ELECTROPULIDO NO AFECTA A LA PRESION DE
ESTALLIDO)

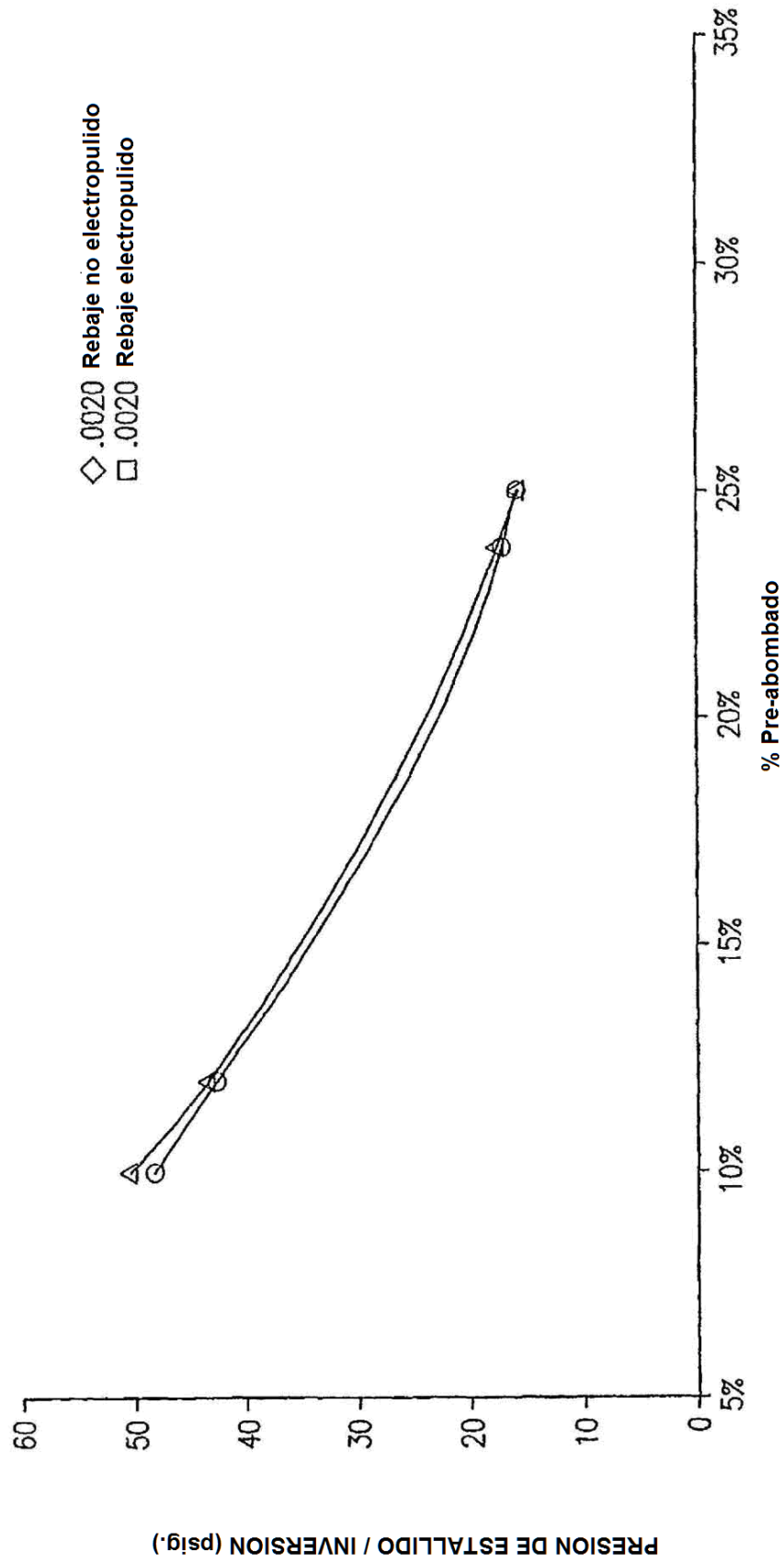


FIG.35.