

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 404**

51 Int. Cl.:

G01N 3/42

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2018** **PCT/US2018/030277**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2019** **WO19027521**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2018** **E 18726610 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2024** **EP 3662252**

54 Título: **Dispositivo para analizar la resistencia al impacto y a la perforación**

30 Prioridad:

31.07.2017 US 201762539326 P

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

29.10.2024

73 Titular/es:

DOW GLOBAL TECHNOLOGIES LLC (50.0%)

2040 Dow Center

Midland, MI 48674, US y

ROHM AND HAAS COMPANY (50.0%)

72 Inventor/es:

MCCARTY, DONALD, L. II;

SUTANTO, ERICK;

DOTSON, LARRY;

GLAD, BRAYDEN, E.;

SINGH, HITENDRA y

LUND, JOHN

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 984 404 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

Dispositivo para analizar la resistencia al impacto y a la perforación

5 **Campo**

La presente invención se refiere al análisis de la resistencia al impacto y a la perforación de una película o lámina de material.

10 **Introducción**

La caracterización de las propiedades físicas de los materiales es útil para analizar y mejorar las formulaciones químicas empleadas en la producción de los materiales, así como para analizar y mejorar los procesos de fabricación de los materiales. La caracterización de las propiedades físicas también puede ayudar a los consumidores a determinar el mejor producto para su caso de uso particular, así como a los investigadores para ayudar a desarrollar novedosas soluciones para aplicaciones específicas. Una de las propiedades físicas útiles de un material es determinar las propiedades de perforación del material. La prueba del dardo proporciona a los científicos información sobre las propiedades de perforación a alta velocidad de un material. La prueba del dardo implica normalmente perforar una película delgada con una sonda cilíndrica redondeada de dimensiones específicas que se desplaza a una velocidad específica y medir la fuerza ejercida por la sonda sobre la película delgada.

En la actualidad, las pruebas con dardos en películas se realizan de dos formas: el sistema manual de caída de dardos y el sistema instrumentado de dardos. En ambos casos, el sistema se basa en la gravedad para acelerar la sonda de dardo hacia la película a ensayar. La película se mantiene tensa en su lugar por medio de mecanismos de sujeción. La caída de dardo (DD) consiste en dejar caer una masa/peso conocido sobre la película. Un operador observa si la película se ha perforado. Esta prueba puede repetirse numerosas veces con diferentes masas/pesos sobre múltiples réplicas de la película. Las propiedades de la película resultantes (generalmente solo la energía global) se estiman a partir de los resultados. Sin embargo, este sistema es engorroso de usar, no adecuado para operaciones automatizadas y no proporciona una comprensión detallada de la naturaleza de una curva de fuerza aplicada a la película.

El sistema de impacto de dardo instrumentado (IDI) es más adecuado para obtener datos más ricos de una única prueba ya que incorpora un sensor de fuerza en la sonda de dardo utilizada para perforar la película. El sistema IDI utiliza un muelle precargado para aumentar la fuerza y la capacidad energética del sistema de prueba. Este es el estado actual de la técnica para los sistemas de dardo automatizados. Sin embargo, ambos sistemas anteriores se accionan pasivamente. Además, los sistemas anteriores proporcionan una cantidad limitada de datos recogidos.

Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de un dispositivo para analizar la resistencia al impacto y a la perforación de una película que resuelva los problemas anteriores y otros de los dispositivos y sistemas existentes. El documento US 2006/243057 A1 describe métodos y aparatos para el cribado de películas de alto rendimiento mediante indentación. Las películas se montan en pocillos de una placa de pocillos. La placa de pocillos está montada en una etapa x-y, de modo que el indentador puede probar múltiples películas en una fila. El documento WO 03/056302 A1 describe una sonda para suelo o nieve que incorpora una célula de carga en el cabezal de la sonda y también un acelerómetro para poder establecer un perfil de resistencia vertical de la nieve o el suelo. El documento WO 2005/054815 A1 describe un dispositivo para determinar una propiedad de tracción de un material plano.

45 **Resumen**

Los dispositivos para analizar la resistencia al impacto y/o a la perforación según la presente descripción proporcionan, por ejemplo, activación activa o controlada de la sonda de dardo que permite una prueba controlada de las propiedades físicas de una película o una lámina de material, así como una mayor recogida de datos durante el ensayo.

Un aspecto de la presente descripción es proporcionar un dispositivo para analizar una característica física de una muestra de película según la reivindicación 1.

55 **Breve descripción de los dibujos**

La presente descripción, así como los métodos de operación y funciones de los elementos de estructura relacionados y la combinación de partes y economías de fabricación, resultarán más evidentes al considerar la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas con referencia a los dibujos adjuntos, todos los cuales forman parte de esta memoria descriptiva, en donde los números de referencia similares designan partes correspondientes en las diversas figuras. Sin embargo, debe entenderse expresamente que los dibujos tienen únicamente el propósito de ilustración y descripción y no pretenden ser una definición de los límites de la invención.

La Fig. 1 muestra un diagrama esquemático de un sistema según una realización de la presente descripción;

La Fig. 2 muestra una vista en perspectiva tridimensional de un sistema robótico según una realización de la presente descripción;

La Fig. 3 muestra una vista en perspectiva tridimensional de un sistema de soporte de material según una realización de la presente descripción;

5 La Fig. 4 muestra una vista en perspectiva tridimensional de componentes de un sistema de medición de espesor, según una realización de la presente descripción;

La Fig. 5 muestra una vista en perspectiva tridimensional de un sistema analizador de imágenes de material para analizar defectos en la muestra de película, según una realización de la presente descripción;

10 La Fig. 6A es una vista en perspectiva tridimensional de un sistema de sujeción según una realización de la presente descripción;

15 La Fig. 6B muestra una vista en corte del sistema de sujeción, según una realización de la presente descripción;

Las Figs. 7A y 7B muestran fotogramas iniciales y finales de un vídeo de una película sujeta mediante un sistema de sujeción, según una realización de la presente descripción;

20 Las Figs. 8A y 8B muestran fotogramas de la película cuando una sonda de dardo apenas golpea la película (Fig. 8A) y cuando la película está más estirada (justo antes de la perforación) (Fig. 8B), según una realización de la presente descripción;

25 La Fig. 9 muestra una vista en perspectiva tridimensional de un sistema de una sonda de dardo según una realización de la presente descripción;

La Fig. 10 muestra una vista en perspectiva tridimensional de una sonda de dardo, según una realización de la presente descripción;

30 Las Figs. 11A y 11B muestran vistas laterales de la muestra de película sujeta por la abrazadera justo antes de que la sonda de dardo entre en contacto con la película y después de que la sonda de dardo entra en contacto con la película y estira la película hasta un máximo justo antes de la perforación, respectivamente, según una realización de la presente descripción;

35 La Fig. 12A es un gráfico de la fuerza (N) ejercida sobre la sonda frente al tiempo (s) desde un inicio del movimiento de la sonda hasta una parada completa de la sonda, según una realización de la presente descripción;

La Fig. 12B es un gráfico de la fuerza (N) ejercida sobre la sonda frente al tiempo (s) desde el punto de impacto con la muestra hasta la finalización de la perforación de la muestra, según una realización de la presente descripción; y

40 Las Figs. 13A y 13B muestran gráficos de la fuerza (N) frente al desplazamiento (m), según una realización de la presente descripción.

Descripción detallada

45 Según algunas realizaciones de la presente descripción, el proceso de prueba de resistencia al impacto y a la perforación de una película delgada de material puede automatizarse. La idea de dispositivos automatizados de prueba de dardo surge de la necesidad de pruebas de alto rendimiento (HTP) en diversas industrias. Una mayor velocidad de prueba permite que grandes cantidades de datos se recopilen de forma relativamente rápida y se analicen para determinar las tendencias, lo que permite realizar estudios más detallados en áreas de interés. Una característica necesaria en la introducción de una configuración de prueba de HTP es un funcionamiento continuo (o casi continuo).
50 Al permitir que los sistemas funcionen sin parar, aumenta la cantidad de pruebas realizadas. El sistema también permite un aumento de la velocidad de una única prueba en comparación con los sistemas manuales de prueba. Esto puede lograrse utilizando un dispositivo de prueba de dardo completamente automatizado que puede, por ejemplo, permitir probar muchas películas de material sin interrupción entre pruebas sucesivas. Esto proporciona un aumento en el rendimiento de las pruebas y un aumento en el número de muestras de película probadas, así como someter las películas probadas a las mismas condiciones de prueba.

Además, utilizando el dispositivo de prueba de dardo de la presente descripción, puede establecerse una velocidad de dardo y múltiples muestras pueden someterse a la misma velocidad de dardo. Por ejemplo, esto permite comparar
60 las propiedades físicas de una pluralidad de muestras, si las muestras son del mismo material o de un material diferente. Además, la velocidad de la sonda de dardo en el dispositivo de prueba del dardo puede ajustarse desde unos relativamente bajos 0,04 m/s para realizar pruebas de resistencia a la perforación a 8 m/s para realizar pruebas de impacto de dardo de alta velocidad. Además, como se describirá más detalladamente en los siguientes párrafos, la sonda de dardo en el dispositivo de prueba del dardo puede recuperarse automáticamente, lo que permite aumentar
65 el rendimiento en la prueba de la película.

Además, el presente dispositivo de prueba de dardo permite probar varias películas de material, incluidas las películas poliméricas de prueba (por ejemplo, plásticos) y películas no poliméricas. Además, el presente dispositivo de prueba de dardo puede usarse para probar películas o sustratos de diversos espesores que incluyen sustratos con un espesor de hasta 1 mm o más. Los sustratos pueden ser, por ejemplo, placas poliméricas, láminas metálicas, láminas de papel u otros materiales compuestos. Por lo tanto, los términos “película”, “muestra de película” o “película de material” se usan en la presente descripción para abarcar varios tipos de materiales (por ejemplo, plástico, papel, metal o compuestos) y diversos espesores de los materiales. En un ejemplo, el presente dispositivo de prueba de dardo permite la prueba de otros materiales fabricados, tales como los formados a través de moldeo por inyección y otros medios de formación de plástico.

La Fig. 1 muestra un diagrama esquemático de un sistema según una realización de la presente descripción. En una realización de la presente descripción, el sistema para analizar 10 la resistencia al impacto y a la perforación incluye uno o más de un sistema robótico 12, un sistema de soporte 14 de material, un sistema de medición 16 de espesor de material, un sistema analizador 18 de imágenes de material y un dispositivo 20 de prueba de dardo. El sistema robótico 12, el sistema de soporte 14 de material, el sistema de medición 16 de espesor de material, el sistema analizador 18 de imágenes de material y el dispositivo 20 de prueba de dardo pueden ubicarse en una superficie 22 de trabajo o en un marco común. El sistema robótico 12, el sistema de soporte 14 de material, el sistema de medición 16 de espesor de material, el sistema analizador 18 de imágenes de material y el dispositivo 20 de prueba de dardo pueden controlarse usando el sistema informático 24. También se puede proporcionar un sistema de suministro. El sistema de suministro puede incluir una o más bandejas que suministran muestras a una superficie de trabajo donde el sistema robótico 12 y el sistema de soporte 14 de material pueden recuperar la muestra de película de las una o más bandejas.

La Fig. 2 muestra una vista en perspectiva tridimensional de un sistema robótico 12, según una realización de la presente descripción. En una realización, el sistema robótico 12 es un sistema de brazo robótico de seis ejes, tal como el robot Epson C4L fabricado por Epson Corporation. Según las realizaciones, el sistema robótico Epson C4L tiene un alcance máximo de 900 mm (~35"). El sistema robótico 12 está configurado para mover una muestra de película a analizar o ensayar entre estaciones proporcionadas en una superficie de trabajo 22. Por ejemplo, el sistema robótico puede conectarse a un sistema de soporte de material, como se describe a continuación en relación con la Fig. 3. Se pueden usar otros tipos de sistemas robóticos además del brazo robótico mostrado en la Fig. 2 para mover una muestra de película entre las estaciones proporcionadas en la superficie de trabajo 22.

La Fig. 3 muestra una vista en perspectiva tridimensional de un sistema de soporte de material según una realización de la presente descripción. El sistema de soporte 14 de material está conectado a un extremo del sistema robótico 12 mostrado en la Fig. 2. Por ejemplo, en una realización, el sistema de soporte 14 de material está unido a un brazo del sistema robótico 12 usando sujetadores. El sistema de soporte 14 de material está configurado para sujetar y mover la muestra de película. En una realización, el sistema de soporte de material incluye un sistema de succión al vacío 30 adaptado para sujetar la muestra de película a través de succión de vacío. En una realización, el sistema de succión al vacío 30 incluye dos pares de ventosas 32 configuradas para sostener una muestra de película que tiene una forma cuadrilátera y un espesor sustancialmente plano en cada esquina de la muestra de película para evitar el hundimiento de la película. En una realización, el par de ventosas 32 están dispuestas y separadas para permitir que las ventosas 32 mantengan la muestra 38 de película en su periferia. Se proporciona un espacio o ranura 33 entre el par de ventosas 32 para proporcionar acceso a la muestra de película 38 para la prueba. En una realización, el sistema de succión al vacío 14 incluye además un tercer par de ventosas 34 para aumentar la eficiencia con la que las películas se mueven alrededor de la superficie de trabajo. Por ejemplo, al proporcionar un tercer par de ventosas 34, una muestra 36 de película previamente probada se puede recoger simultáneamente mientras se coloca una nueva muestra 38 de película para la prueba.

Aunque las ventosas se describen en la presente descripción como que se utilizan para mantener la muestra de película, también se pueden usar otros mecanismos o sistemas para mantener la muestra de película dependiendo del tipo de material. Por ejemplo, las ventosas pueden ser muy adecuadas para contener muestras no porosas y relativamente ligeras, tales como diversos plásticos y materiales poliméricos. Por lo tanto, si se usan por ejemplo materiales porosos, entonces las ventosas se pueden sustituir por otros mecanismos de sujeción tales como imanes, clips o algún otro tipo de mecanismo de agarre.

La Fig. 4 muestra una vista en perspectiva tridimensional de los componentes de un sistema de medición de espesor, según una realización de la presente descripción. El sistema 16 de medición de espesor está configurado para medir el espesor de una muestra de película en una amplia gama de espesores, por ejemplo, entre 0,5 milésimas a 10 milésimas. El sistema 16 de medición de espesor está configurado para medir el espesor de una muestra de película usando una placa 40 de contacto y una sonda 41. La placa 40 de contacto y la sonda 41 son generalmente planas y entran en contacto con la película sobre superficies opuestas de la misma, y el espesor de la película se mide como la distancia entre la placa 40 de contacto y la sonda 41. Tanto la superficie de la placa 40 de contacto como la superficie de la sonda 41 es suficiente para evitar la perforación de la muestra de película durante la medición. La placa 40 de contacto y la sonda 41 tienen la ventaja de dispersar la fuerza del calibre del espesor y evitar que la muestra de película se deforme durante la medición. Por ejemplo, la placa de contacto 40 y la sonda 41 pueden configurarse para utilizarse con materiales flexibles y maleables o con muestras más rígidas.

El sistema 16 de medición de espesor también incluye un sensor 44 de contacto digital de alta precisión (por ejemplo, Keyence GT2 Series de Keyence Company). El sensor 44 se usa para medir el espesor de la muestra de película con una precisión de 1 micrómetro. El sensor 44 se selecciona por su precisión. La sonda 41 está unida mecánicamente al sensor 44. El sistema 16 de medición de espesor también incluye una rampa 42 que está dispuesta de modo que la muestra de película (no mostrada) no se captura ni en los contactos superior o inferior del sensor 44. Una vez que la muestra de película está en su lugar entre la placa 40 de contacto y la sonda 41, el aire presurizado del sistema 46 de presión de aire se aplica al sensor 44 que extiende el eje 45 unido al sensor 44 y a la sonda 41 para mover la sonda 41 para medir el espesor de la muestra de película.

Aunque se describe y usa un sistema 16 de medición de espesor de tipo mecánico, también se pueden emplear otros tipos de sistemas de medición de espesor. Por ejemplo, en otra realización, el sistema 16 de medición de espesor incluye sensores láser de medición de distancia adaptados para determinar el espesor usando rayos láser. Por ejemplo, se pueden usar analizadores de espesor por láser duales para medir el espesor de una muestra de película. En otra realización más, se pueden usar sistemas de medición capacitivos para medir el espesor de una muestra de película. Los sistemas de medición capacitivos (o generalmente de impedancia) se basan en la medición de la capacitancia (o impedancia) a través del material. La impedancia medida está vinculada directamente al tipo de material y al espesor de la muestra de película.

Con referencia de nuevo a la Fig. 1, antes o después de la medición del espesor en el sistema 16 de medición de espesor, la muestra de película se mueve por el sistema robótico 12 al sistema analizador 18 de imágenes de material. La Fig. 5 muestra una vista en perspectiva tridimensional de un sistema analizador de imágenes de material para analizar defectos en la muestra de película, según una realización de la presente descripción. En una realización, el sistema analizador 18 de imágenes de material se basa en el principio de la luz polarizada. El sistema analizador 18 de imágenes de material está configurado para detectar defectos en una muestra de película a ensayar. Se utiliza una fuente de luz polarizada 18A para iluminar la muestra de película dentro del sistema analizador 18, al tiempo que se elimina sustancialmente cualquier luz ambiental. Una vez que la luz pasa a través de la muestra de película, se captura con cámara 18B provista de un filtro de polarización. Una película perfectamente formada no dispersa la luz polarizada de la fuente, lo que da como resultado una imagen completamente clara. Sin embargo, cualesquiera imperfecciones/defectos en la película dispersa la luz que se detecta por la cámara. A continuación, un algoritmo de visión artificial identifica y etiqueta las muestras de película con defectos significativos. Por lo tanto, el sistema analizador 18 de imágenes de material se basa en detectar defectos causados cuando la luz polarizada que pasa a través de la muestra de película se ve afectada por determinados defectos físicos presentes en una muestra. Dado que el sistema analizador de imágenes del material se basa en la polarización de la luz, cuando se cambia el material que se va a probar, la polarización también puede cambiar, lo que podría indicar la presencia de un defecto donde no lo hay. Sin embargo, como parte del aspecto de análisis, el análisis de defecto o irregularidad se desplaza a la interpretación de datos y se lleva a cabo observando el intervalo de resultados de una película e identificando los valores atípicos basados en la desviación estándar y la distancia de la media. Por lo tanto, el presente método para determinar defectos es independiente del material y es una solución más universal al problema para una realización HTP. En una realización, alternativamente, el sistema analizador 18 de imágenes de material puede incluir un probador de gel que está configurado para cuantificar e identificar los tipos de defectos. Los ejemplos de los probadores de gel incluyen los probadores del sistema de control óptico (OCS). Pueden usarse alternativamente otros tipos de sistemas analizadores de imágenes de material que los descritos anteriormente. Por ejemplo, se pueden usar sistemas analizadores de la transmitancia de luz óptica o sistemas de detección de defectos por ultrasonidos para detectar defectos en una muestra de película. El término “defecto” se usa en la presente descripción para incluir cualesquiera imperfecciones o irregularidades en la muestra de película.

Tras la medición del espesor y el análisis de la imagen, la muestra de película se mueve por el sistema robótico 12 al dispositivo 20 de prueba de dardo. El dispositivo de prueba de dardo está configurado para probar las características físicas de una muestra de película. En una realización, las características físicas incluyen la elasticidad y resistencia de la muestra de película. Con referencia a las Figs. 6A y 6B, el dispositivo 20 de prueba de dardo incluye un sistema 60 de sujeción de película. La Fig. 6A es una vista en perspectiva tridimensional del sistema de sujeción 60 según una realización de la presente descripción. La Fig. 6B muestra una vista en corte del sistema de sujeción 60, según una realización de la presente descripción. El sistema de sujeción 60 de película desempeña un papel en asegurar la precisión de la prueba. El sistema de sujeción 60 incluye dos mordazas 62A y 62B. En una realización, las mordazas 62A y 62B son circulares, es decir, tienen una forma circular o anular. Sin embargo, las mordazas 62A y 62B también pueden tener una forma diferente, tal como una forma poligonal. En una realización, las dos mordazas 62A y 62B comprenden geometrías de superficie correspondientes que se acoplan total o parcialmente entre sí cuando las mordazas 62A, 62B se cierran entre sí. Por ejemplo, como se muestra en el corte de la Fig. 6B, la mordaza superior 62A está provista de un patrón de ranuras 64A y crestas 65A. La mordaza inferior 62B está provista de ranuras 64B y crestas 65B coincidentes. Las crestas 65A en la mordaza superior 62A están configuradas para acoplarse con ranuras 64B en la mordaza inferior 62B. Las crestas 65B en la mordaza inferior 62B están configuradas para acoplarse con las ranuras 64A en la mordaza superior 62A. Las ranuras 64A, 64B y crestas 65A, 65B están configuradas para tirar de la película cuando las dos mordazas 62A, 62B cierran una sobre otra. Las ranuras 64A, 64B y las crestas 65A, 65B están configuradas además de modo que no se aplican tensiones indebidas sobre la película en el proceso. En una realización, las ranuras y crestas son circulares. En una realización, la anchura de una cresta es ligeramente más pequeña que la anchura de una ranura para proporcionar suficiente espacio para que la muestra de película quede atrapada entre, pero no cortada por, las

crestas y ranuras opuestas. Las mordazas 62A y 62B definen una abertura ubicada centralmente, tal como un orificio 66. En una realización, el orificio central 66 es de 3" (7,62 cm) de diámetro (especificado por el estándar de prueba de la norma ASTM). Las dos mordazas 62A y 62B son accionadas por una pinza 68 neumática de mordaza paralela (obtenida de Schunk) que puede accionarse para abrir y cerrar las mordazas 62A, 62B. En una realización, la mordaza inferior 62B incluye cuatro ventosas 63 (mostradas en la Fig. 6A) que mantienen la muestra de película en su lugar mientras el sistema de sujeción 60 de película está abierto. Se pueden usar otras abrazaderas que las mostradas en las Figs. 6A y 6B para mantener la muestra de película durante la prueba de dardo. En una realización, se aplica una presión entre 10 psi (0,69 bar) y 50 psi (3,45 bar), por ejemplo, 15 psi (1,03 bar), mediante la pinza 68 neumática de mordaza paralela para cerrar las dos mordazas 62A y 62B para sujetar la muestra de película entre ellas. Sin embargo, son posibles otras presiones siempre que la presión aplicada no corte la muestra de película.

La funcionalidad del sistema de sujeción 60 se puede probar para confirmar que (a) se tira de la muestra de película tensa cuando la abrazadera se cierra y no hay tensión /estiramiento excesivos de la muestra de película debido a la abrazadera, y (b) la muestra de película no se desliza en la abrazadera durante todo el proceso de ensayo. Se puede usar un sistema de cámara de alta velocidad para ayudar a recopilar datos cualitativos para estos estudios. Para probar la eficacia del sistema de sujeción 60 para tirar de la muestra de película tensa, se pueden colocar múltiples películas con niveles variables de arrugas y pliegues en la abrazadera para diferentes pruebas. Se puede capturar el vídeo de alta velocidad desde arriba del sistema de sujeción 60 a medida que se cierra en la muestra de película, sin embargo, también son posibles otros puntos de visión.

Las Figs. 7A y 7B muestran fotogramas iniciales y finales de un vídeo de la muestra de película sujetado por el sistema de sujeción 60, según una realización de la presente descripción. El fotograma inicial en la Fig. 7A muestra algunas arrugas en la muestra de película antes del cierre del sistema de sujeción 60. Sin embargo, al cerrar el sistema de sujeción 60, el fotograma final en la Fig. 7B muestra que se ha tirado de la muestra de película tensa mediante el funcionamiento del sistema de sujeción 60. Se extrajeron los círculos concéntricos en la muestra de película antes de colocar la muestra de película en el sistema de sujeción 60. Los fotogramas muestran que los círculos no se alteran significativamente en forma cuando el sistema de sujeción 60 se cierra. Por lo tanto, el sistema de sujeción 60 no impacta negativamente en la muestra de película mientras tira de la misma tensa (por ejemplo, distorsiona o estira la película).

Después de que la muestra de película es fijada por el sistema de sujeción 60, se mueve un dardo a través de la muestra de película. Se puede capturar un vídeo de alta velocidad de la prueba. La Fig. 8A muestra un fotograma del vídeo cuando el dardo acaba de golpear la muestra de película, según una realización de la presente descripción. La Fig. 8B muestra un fotograma del vídeo cuando la muestra de película está más estirada (justo antes de la perforación), según una realización de la presente descripción. Las imágenes de los dos fotogramas en las Figs 8A y 8B muestran que los bordes de la muestra de película más cercana a las mordazas de enganche permanecen en su lugar, lo que indica que la muestra de película no se desliza en el sistema de sujeción 60. Las pruebas anteriores representadas en las Figs. 8A y 8B se realizaron en muestras de película relativamente delgadas (0,5 milésimas) y relativamente gruesas (10 milésimas) y, en ambos casos, la muestra de película no se deslizó en el sistema de sujeción 60.

Con referencia a la Fig. 9, el dispositivo 20 de prueba de dardo también incluye un sistema 90 de sonda de dardo. La Fig. 9 muestra una vista en perspectiva tridimensional del sistema 90 de sonda de dardo, según una realización de la presente descripción. El sistema 90 de sonda de dardo incluye una sonda de dardo 92 y un sistema de propulsión 94 que mueve la sonda de dardo 92. En una realización, el sistema de propulsión 94 incluye un motor lineal 96 (por ejemplo, un motor lineal LinMot de LinMot USA, Inc.) y un controlador (no mostrado) para controlar el motor lineal 96. El motor lineal 96 está configurado para una aceleración y desaceleración relativamente altas mientras se sigue con precisión un perfil de movimiento prescrito. En una realización, el motor lineal 96 proporciona la flexibilidad para variar o seleccionar una velocidad objetivo de la sonda de dardo de velocidades relativamente inferiores (0,04 m/s) a velocidades relativamente más altas (4 m/s), así como regular la velocidad durante una resistencia a la perforación y la prueba de impacto de dardo mientras alcanza la velocidad objetivo dentro del intervalo de movimiento permitido. Además, el motor lineal proporciona la ventaja de una recuperación rápida y fácil de la sonda de dardo dado que la sonda de dardo está vinculada al motor lineal. El controlador puede usar un controlador convencional proporcional-integral-derivado (PID) con compensación de avance basada en parámetros motores estimados. Las instrucciones se envían al controlador desde el sistema informático 24 (véase la Fig. 1). El sistema informático 24 está en comunicación con el controlador y el sistema informático 24 está configurado para enviar una señal de comando al controlador para controlar el motor lineal 96. El sistema informático 24 está configurado para enviar una señal de comando al controlador para cargar una trayectoria y mover la sonda de dardo 92 de acuerdo con la trayectoria cargada. De manera similar, los datos de retroalimentación se reciben en el sistema informático 24 del controlador PID. La sonda 92 de dardo está unida a un deslizador 95 móvil del motor lineal 96, mientras que el estator está asegurado a la superficie 22 o bastidor de trabajo, por ejemplo, por el poste 97. Puesto que la sonda de dardo 92 se acciona por el motor lineal 96, el proceso de recuperación de la sonda de dardo 92 es más rápido y seguro que con los sistemas de la técnica anterior, lo que permite pruebas de película automatizadas de alto rendimiento. Sin embargo, pueden usarse sistemas de propulsión distintos del motor lineal 96 para mover la sonda de dardo 92. Por ejemplo, también se puede usar un sistema hidráulico o sistema neumático (por ejemplo, usando aire comprimido) para mover la sonda 92 de dardo. También se puede usar un motor en lugar del motor lineal 96 para mover la sonda de dardo 92.

Siguiendo con la Fig. 9, el sistema de sonda de dardo incluye además un sensor de fuerza 99. El sensor de fuerza 99 está configurado para medir la fuerza con la que la sonda de dardo 92 está sujeta durante un movimiento de la sonda de dardo 92, por ejemplo, durante la deformación de la muestra de película. En una realización, el sensor de fuerza 99 es un sensor de fuerza piezoeléctrico (PZT) que se instala en o en la sonda de dardo 92, por ejemplo, entre la sonda de dardo 92 y el deslizador 95 del motor lineal 96, para medir la señal de fuerza durante la prueba de dardo. Los sensores piezoeléctricos son capaces de medir las fuerzas de cambio rápido con precisión. Los sensores piezoeléctricos son muy adecuados para medir la fuerza que forma la sonda de dardo 92, que experimenta un perfil de fuerza dinámico. Aunque en la presente descripción se describe un sensor piezoeléctrico para medir las fuerzas durante las pruebas de dardo, también se pueden usar otros tipos de sensores para medir las fuerzas.

La prueba de impacto de dardo se correlaciona con la norma ASTM D1709 mientras que la prueba de resistencia a la perforación se correlaciona con la norma ASTM F1306. El dispositivo 20 de prueba de dardo está configurado para una mejor regulación de la velocidad y una recuperación más rápida de la sonda. Al intercambiar la sonda de dardo 92, el dispositivo 20 de prueba de dardo puede realizar una prueba de resistencia a la perforación a baja velocidad y una prueba de impacto de dardo a una velocidad más alta.

La Fig. 10 muestra una vista en perspectiva tridimensional de una sonda de dardo, según una realización de la presente descripción. En una realización, la sonda de dardo 92 se construye como se especifica por las normas de prueba ASTM. En una realización, la sonda de dardo 92 es una barra cilíndrica 102 con un diámetro de 0,5" pulgadas (1,27 cm). En una realización, la barra cilíndrica 102 tiene un diámetro entre 0,2" (0,51 cm) y 1" (2,54 cm). La sonda de dardo 92 también tiene un extremo 104 semiesférico, como se especifica por la norma ASTM. La forma hemisférica minimiza la concentración de la tensión. Según una realización, el extremo 104 semiesférico puede tener un radio de 0,25 pulgadas (0,63 cm), como se especifica por la norma de prueba ASTM. Si bien la norma ASTM especifica que la sonda está fabricada de acero, esto haría que la sonda fuera pesada para la presente configuración. De hecho, como la sonda está impulsada por un motor, un peso excesivo de la sonda puede ser perjudicial para el funcionamiento del motor a lo largo del tiempo, lo que incluye la reducción de la precisión, la velocidad y la longevidad del motor. Por lo tanto, en una realización, para minimizar el peso de la sonda 92 de dardo, la sonda 92 de dardo está construida para ser hueca. De forma adicional o alternativa, la sonda de dardo 92 está hecha de aluminio. Para garantizar que la sonda de dardo 92 cumple con la norma ASTM, la punta 104 puede estar hecha de acero. En una realización, la punta 104 se sujeta usando, por ejemplo, pegamento, o enroscada, a la barra cilíndrica 102. La longitud total de la sonda es de aproximadamente 10" (25,4 cm). En una realización, la longitud total de la sonda está entre 6" (15,2 cm) y aproximadamente 16" (40,6 cm). El peso de la sonda de dardo 92 es de aproximadamente 90 g. En una realización, el peso de la sonda de dardo 92 está entre 50 g y 200 g.

Para realizar la prueba de impacto de dardo a alta velocidad, las normas ASTM requieren que la sonda de dardo se desplace a 3,3 m/s en el momento del impacto con la muestra de película, y continúa viajando a no menos del 80 % de esa velocidad hasta que se perfora la muestra de película. En una realización, la velocidad de la sonda de dardo 92 es de 3,3 m/s en impacto con la muestra de película y la velocidad permanece a más del 80 % de 3,3 m/s hasta que se perfora la muestra de película por la sonda de dardo 92. Para lograr este perfil de velocidad a lo largo de una distancia de recorrido razonable, puede ser necesario una planificación cuidadosa de la trayectoria. La trayectoria tiene tres fases: aceleración desde el reposo hasta 3,3 m/s antes del contacto con la muestra de película, velocidad constante de 3,3 m/s y deceleración desde 3,3 m/s hasta el reposo después de perforar la muestra de película. Debido a la aceleración y la desaceleración, el sensor de fuerza 99 registra las fuerzas G en las fases de aceleración y desaceleración. Los datos de las fases de aceleración y desaceleración se descartan como se explicará más adelante en los siguientes párrafos. Idealmente, estas fuerzas no existirían en la porción de velocidad constante de la trayectoria y no contaminarían las mediciones de fuerza debido al impacto de la sonda con la muestra de película. Sin embargo, si el perfil de aceleración es demasiado agresivo, el sistema de control de posición PID no puede mantenerse hasta la posición objetivo inicialmente, y finalmente sobrepasa la velocidad objetivo en la región de velocidad constante. Esto produce una oscilación en el movimiento del dardo que se refleja en el sensor de fuerza 99. Para evitar esta situación no deseada, se puede establecer una trayectoria suave para minimizar los cambios repentinos en la aceleración. Las ganancias en el controlador PID se pueden ajustar para garantizar que el sistema esté sobrearmortiguado o no sea oscilatorio. Aunque la velocidad de la sonda de dardo 92 se ha descrito anteriormente como igual a 3,3 m/s en el impacto, la velocidad de la sonda de dardo 92 puede ajustarse desde los relativamente bajos 0,04 m/s para realizar pruebas de resistencia a la perforación a 4 m/s para realizar pruebas de impacto de dardo a alta velocidad.

Las Figs. 11A y 11B muestran vistas de la muestra de película sujeta por la abrazadera justo antes de que el dardo entre en contacto con la muestra de película y después de que el dardo entra en contacto con la película y estire la película hasta un máximo justo antes de la perforación, respectivamente, según una realización de la presente descripción.

Para mantener las condiciones de prueba sustancialmente iguales para todas las muestras de película a ensayar, se puede seleccionar un formato de película común para las muestras de ensayo. Por ejemplo, en una realización, se selecciona una pieza de película cuadrada de 6" x 6" (15,2 cm x 15,2 cm) como formato común. Por ejemplo, este tamaño es lo suficientemente grande como para mantenerse de forma segura en el sistema de sujeción 60 para la prueba de dardo. Además, está disponible un troquel convencional para cortar películas en este formato. Sin embargo, como se puede apreciar, también se pueden usar otros tamaños y formatos.

Con referencia de nuevo a la Fig. 1, una realización del procedimiento de prueba para el sistema de dardo incluye las siguientes etapas:

- (a) recoger una muestra de película mediante el sistema robótico 12 usando el sistema de soporte 14 de material,
- (b) medir el espesor de una muestra de película utilizando el sistema de medición 16 de espesor de material,
- (c) colocar la muestra de película en la abrazadera 60 en el dispositivo 20 de prueba de dardo,
- (d) mover la sonda de dardo 92 en el dispositivo 20 de prueba de dardo,
- (e) recolectar datos y resultados de la prueba de dardo por el sistema informático 24, y
- (f) desechar la muestra analizada.

Opcionalmente, el procedimiento de prueba también puede incluir realizar un análisis de defectos usando el sistema analizador 18 de imágenes de material.

La muestra puede comprender una película cuadrada de 6" (15,2 cm).

Con respecto a la etapa (c), cuando la muestra de película está lista para el ensayo, la abrazadera 60 del dispositivo 20 de prueba de dardo se abre y el sistema de soporte 14 de material unido al sistema robótico 12 retira primero cualquier película precedente que está en la abrazadera 60 (si una película está presente en la abrazadera 60) y coloca una nueva película de muestra de película en la abrazadera 60. Como se representa en la Fig. 3, esto se logra controlando las ventosas 34 en el sistema de soporte 14 de material para agarrar y retirar cualquier película 36 usada/vieja y controlando el par de ventosas 30 y 32 de succión al vacío para mantener la nueva muestra 38 de película, así como controlar el conjunto de ventosas en la abrazadera 60 (véase la Fig. 6). Una vez que el sistema robótico 12 con el sistema de soporte de material 14 se retira del espacio de la abrazadera 60, la abrazadera 60 se cierra y la película de muestra se mantiene tensada entre las mordazas 62A y 62B de la abrazadera 60. Por lo tanto, la muestra de película está lista para ser perforada.

Con respecto a la etapa (d), el motor lineal 96 (véase la Fig. 9) se inicializa cuando se inicia el sistema, incluida la orientación del motor lineal 96 a una posición de partida consistente. En una realización, una vez que se inicializa el motor lineal 96, pueden ejecutarse múltiples pruebas sin reinicializar el motor lineal 96. En una realización, el motor lineal 96 del dispositivo 20 de prueba de dardo puede volver a inicializarse periódicamente, por ejemplo, diariamente, para asegurar que el motor lineal 96 vuelva a una misma posición de partida. La sonda de dardo 92 del dispositivo 20 de prueba de dardo se mueve entonces por el sistema informático 24 que da instrucciones al controlador PID del dispositivo 20 de prueba de dardo para cargar una trayectoria especificada y para enviar un comando al motor lineal 96 para mover la sonda de dardo 92.

Con respecto a la etapa (e), el sistema informático 24 también envía un comando a un sistema de adquisición de datos en comunicación con el sistema informático 24 y en comunicación con el sensor de fuerza 99 que mide la señal de fuerza durante la prueba de dardo para iniciar la recopilación de datos. Este comando puede enviarse de forma sustancialmente simultánea con el movimiento del comando de dardo, o también puede enviarse secuencialmente con el movimiento del comando de dardo. Después de que se completa la prueba, el motor lineal 96 vuelve a su posición inicial.

Con respecto a la etapa (f), la muestra de película usada se puede elevar entonces por el sistema de soporte 14 de material usando el sistema robótico 12 y se coloca en un contenedor de basura que puede vaciarse periódicamente por un operador. Esto completa el ciclo y el sistema vuelve a su estado inicial, listo para recoger una muestra de la siguiente película, por ejemplo, desde o cuando llega al receptáculo.

Además de controlar la prueba de dardo y la recolección de datos y los resultados de la prueba de dardo, en una realización, el sistema informático 24 puede configurarse además para rastrear la muestra de película a medida que avanza a través de diversas pruebas, de manera que la medición del espesor, el análisis de defectos y la información de la prueba de dardo se correlacionan para cada muestra y se almacenan para una referencia posterior. Por lo tanto, por ejemplo, los datos de prueba de una muestra defectuosa pueden marcarse y evaluarse si debe confiarse o desecharse.

Típicamente, el tiempo desde el impacto hasta la perforación de la muestra de película es del orden de unos pocos milisegundos. Además, el análisis rápido de Fourier de la señal de impacto adquirida mostró un contenido de información de frecuencia de aproximadamente 20 kHz. Por lo tanto, la frecuencia de muestreo (tasa de recopilación de datos) puede realizarse a más de 20 kHz. El espectro de frecuencia de los datos capturados muestra datos relevantes a frecuencias más bajas y cualquier ruido a frecuencias más altas. El ruido se elimina usando filtros de paso bajo como se explica más adelante en los siguientes párrafos.

Como se ha indicado anteriormente, se utilizan sensores para medir la fuerza a la que la sonda está sometida. En una realización, un sensor de fuerza de un solo eje es suficiente para medir la fuerza en el sistema de dardo. Como se ha explicado anteriormente, en una realización, se selecciona un sensor piezoeléctrico debido a su elevado ancho de banda (36000 Hz) y, por lo tanto, su capacidad para medir cambios rápidos en la fuerza. En una realización, se utiliza un sensor de fuerza de un solo eje de PCB Piezotronics, modelo ICP Force Sensor, 208C02. Este sensor piezoeléctrico tiene una capacidad de carga de 100 libras (45,36 kg) (equivalente a una fuerza de 444 N) en la dirección Z. Este sensor está configurado para aplicaciones dinámicas de fuerza. Cualquier carga estática en el sensor volverá eventualmente a cero.

Como consecuencia de la naturaleza dinámica del sensor, la calibración del sensor utiliza un equipo sofisticado y es difícil de realizar en los laboratorios. Por lo tanto, la calibración rutinaria de los sensores puede ser realizada por el fabricante. Además, los sensores de fuerza también pueden ser propensos al ruido de la medición que se agrava aún más por la velocidad del dardo durante la prueba. En una realización, para reducir o eliminar sustancialmente el ruido de alta frecuencia en la señal de fuerza, se realiza el filtrado de paso bajo de la señal de fuerza sin procesar. En una realización, se puede usar un filtro de Butterworth de segundo orden con una frecuencia de corte de 400 Hz para este propósito. Además, en una realización, para eliminar cualquier retardo introducido por este proceso de filtrado, la señal se filtra una segunda vez en la dirección inversa (inversa con respecto al tiempo). Esto es similar a la función de filtfilt proporcionada por MatLab de MathWorks.

En una realización, para confirmar la velocidad de la sonda de dardo 92 en el impacto y a través del proceso de perforación de la muestra de película, la velocidad de la sonda de dardo se calcula tomando la derivada numérica de la señal de posición. Para eliminar cualquier ruido numérico introducido por este proceso, se usa una estrategia de filtrado de paso bajo similar a la usada para filtrar la señal de fuerza.

En una realización, el sistema informático 24 en comunicación con el dispositivo 20 de prueba de dardo está configurado para recoger o adquirir datos de fuerza del dispositivo 20 de prueba de dardo. En una realización, la recopilación de datos en el dispositivo 20 de prueba de dardo comienza cuando la sonda de dardo 92 se mueve y termina cuando la sonda de dardo 92 llega a un tope en la parte superior de su carrera. Esto asegura que los retrasos y las consideraciones de tiempo no afecten a los datos recopilados mientras la sonda de dardo 92 está en contacto con la muestra de película. Por lo tanto, para aislar las porciones relevantes de los datos dentro de los datos recopilados, se truncan preferiblemente los datos recopilados. Esto se realiza usando los datos del sensor de impacto que indica el tiempo en el que la sonda de dardo 92 entra en contacto con la película. La finalización de la perforación se indica cuando la fuerza medida disminuye hasta cero. Sin embargo, debido al filtrado de la señal de fuerza, la fuerza puede no disminuir hasta cero. Por lo tanto, en una realización, el punto completo de perforación se identifica usando la señal de fuerza sin filtrar.

La Fig. 12A es un gráfico de la fuerza (N) ejercida sobre la sonda frente al tiempo (s) desde un inicio del movimiento de la sonda de dardo 92 hasta una parada completa de la sonda de dardo 92, según una realización. Este gráfico muestra un primer pico ancho correspondiente a la aceleración de la sonda de dardo 92, un pico agudo correspondiente al contacto de la sonda de dardo 92 con la muestra, y un segundo pico ancho correspondiente a la desaceleración de la sonda de dardo 92.

La Fig. 12B es un gráfico de la fuerza (N) ejercida sobre la sonda de dardo 92 frente al tiempo (s) desde el punto de impacto con la muestra de película hasta completar la perforación de la muestra, según una realización de la presente descripción.

Las métricas clave pueden calcularse a partir de los datos de fuerza recopilados por el dispositivo 20 de prueba de dardo. Estas métricas ayudan a caracterizar las películas en función de sus aplicaciones. En la Tabla 2 se resumen los ejemplos de las métricas clave, junto con sus unidades, descripción y una breve descripción de cómo se calculan.

Tabla 2

Métrica	Unidades	Descripción	Cálculo
Fuerza máxima	N	Fuerza máxima experimentada por la muestra de película durante la prueba.	Identificación de valor máximo de fuerza después del impacto de la sonda de dardo con la muestra de película.
Desplazamiento máximo	mm	Desplazamiento de la muestra de película cuando se observa la fuerza máxima.	Sustraer el desplazamiento de la sonda de dardo en el punto de impacto con la muestra de película del desplazamiento de la sonda de dardo en la fuerza máxima.
Energía máxima	J	La energía absorbida por la muestra de película	Área bajo la curva de fuerza-desplazamiento

		cuando se observa la fuerza máxima.	hasta el punto de fuerza máxima.
Desplazamiento total	mm	Desplazamiento de la muestra de película en el punto de perforación completa de la muestra de película.	El punto de perforación completa de la muestra de película se identifica como el punto cuando la fuerza vuelve a cero después de alcanzar su valor máximo.
Energía total	J	Energía total absorbida por la muestra de película.	Área bajo la curva de fuerza-desplazamiento completa.

La Fig. 13A muestra un gráfico de la fuerza (N) frente al desplazamiento (m), según una realización de la presente descripción. La Fig. 13A indica el pico de la fuerza (o fuerza máxima). La Fig. 13A también indica la energía máxima, que corresponde al área bajo la curva de fuerza hasta la fuerza máxima. La energía corresponde a la integral de la fuerza a la distancia de desplazamiento. En una realización, se usa un método trapezoidal para calcular la energía o integral de la fuerza. Sin embargo, se pueden usar otros métodos informáticos.

La Fig. 13B muestra un gráfico de la fuerza (N) frente al desplazamiento (m), según una realización de la presente descripción. La Fig. 13B indica el pico de la fuerza (o fuerza máxima). La Fig. 13B indica también la energía total, que corresponde al área bajo la curva de fuerza hasta el desplazamiento total.

Después de que se hayan probado todas las réplicas o muestras de un solo tipo de película, se puede usar un algoritmo estadístico para detectar y eliminar cualquier valor atípico en los datos. El propósito de eliminar cualquier valor estadístico atípico es eliminar cualquier resultado incorrecto de la prueba que pueda resultar de una prueba inadecuada (por ejemplo, ninguna película presente durante la prueba, película tom, etc.). Por lo tanto, los umbrales utilizados para eliminar los valores atípicos son conservadores.

En una realización, se usa una puntuación Z modificada para determinar los valores atípicos. Se puede encontrar una descripción detallada del método de puntuación Z en el sitio web del US Department of Commerce National Institutes of Standards and Technology. En resumen, la puntuación Z modificada indica qué tan lejos está una observación dada de su mediana (puntuaciones Z ordinarias indican de manera similar la distancia de la media). La puntuación Z se calcula usando la ecuación (1).

$$M_t = \frac{0,6745(x_i - \tilde{x})}{MAD} \quad (1)$$

donde, M_t es la puntuación Z modificada para una observación x_i , $\tilde{x}$ es la mediana del conjunto de observaciones y MAD es la mediana de la desviación absoluta que se calcula usando la ecuación (2).

$$MAD = \text{mediana}(|x_i - \tilde{x}|) \quad (2)$$

La puntuación Z modificada se considera una medida más robusta de la dispersión estadística de un conjunto de datos en comparación con las puntuaciones Z ordinarias. Un único valor atípico que se encuentre lejos de la media puede afectar la media de los datos (y, por lo tanto, la puntuación Z ordinaria). Suponiendo que el número de valores atípicos sea mucho más pequeño que las observaciones aceptables, la mediana del conjunto de datos no se ve afectada. Aunque la puntuación Z se calcula preferiblemente usando la mediana de la desviación absoluta (MAD), también es posible usar la desviación estándar (σ) en lugar de MAD para calcular la puntuación Z. Además, también se pueden usar otros métodos estadísticos distintos del método de puntuación Z, tal como el ensayo de Grubbs, la prueba de Tietjen-Moore, la prueba de la Desviación Extrema Estudiada Generalizada (DSE), etc.

En una realización, debido a que hay múltiples métricas y mediciones para cada prueba de dardo, la detección de valores atípicos puede realizarse en una métrica o medición. Según esta realización, se asume que si una prueba produce un valor atípico, dados los umbrales conservadores, algo debe haber ido significativamente mal y daría lugar a datos igualmente malos para todas las métricas. Esto está en línea con el propósito de detección de valores atípicos que es detectar un inconveniente significativo en la prueba.

En una realización, una vez que se identifican los valores atípicos, las desviaciones medias y estándar de las réplicas o muestras restantes en el conjunto de datos pueden calcularse y cargarse en una base de datos. Los datos atípicos pueden etiquetarse como tales y pueden almacenarse si se desea en la base de datos para una revisión adicional.

El término “sistema informático” se usa en la presente descripción para abarcar cualquier sistema de procesamiento o unidad o unidades de procesamiento de datos. El sistema informático puede incluir uno o más procesadores o unidades de procesamiento. El sistema informático también puede ser un sistema informático distribuido. El sistema informático puede incluir, por ejemplo, un ordenador de sobremesa, un ordenador portátil, un dispositivo informático portátil tal como una PDA, una tableta, un teléfono inteligente, etc. Se puede ejecutar un producto o productos de

programa informático en el sistema informático para lograr las funciones u operaciones descritas en los párrafos anteriores. El producto de programa informático incluye un medio legible por ordenador o medio o medios de almacenamiento de datos que tienen instrucciones almacenadas en el mismo usadas para programar el sistema informático para realizar las funciones u operaciones descritas anteriormente. Los ejemplos de medio o medios de almacenamiento adecuados incluyen cualquier tipo de disco que incluye disquetes, discos ópticos, DVD, CDROM, discos ópticos magnéticos, RAM, EPROM, EEPROM, tarjetas magnéticas u ópticas, disco duro, tarjeta flash (por ejemplo, una tarjeta flash USB), tarjeta de memoria PCMCIA, tarjeta inteligente u otros medios. Alternativamente, una porción o todo el producto de programa informático puede descargarse desde un ordenador o servidor remoto a través de una red tal como internet, una red de ATM, una red de área amplia (WAN) o una red de área local.

Almacenado en uno o más de los medios legibles por ordenador, el programa puede incluir software para controlar un sistema o procesador informático especializado o de propósito general. El software también permite que el sistema o procesador informático interactúe con un usuario a través de dispositivos de salida tales como una interfaz gráfica de usuario, pantalla montada en la cabeza (HMD), etc. El software también puede incluir, aunque no de forma limitativa, controladores de dispositivos, sistemas operativos y aplicaciones de usuario. Alternativamente, en lugar o además de implementar los métodos descritos anteriormente como producto(s) de programa informático (por ejemplo, como productos de software) incorporados en un ordenador, el método descrito anteriormente puede implementarse como hardware en el que, por ejemplo, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) o unidad o unidades de procesamiento gráfico (GPU) puede diseñarse para implementar el método o métodos, funciones u operaciones de la presente descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (20) para analizar una característica física de una muestra de película, comprendiendo el dispositivo (20):
 5 un sistema de sujeción (60) configurado para sujetar la muestra de película; y
 un sistema de sonda de dardo (90) configurado para probar una característica física de la muestra de película, comprendiendo el sistema de sonda de dardo (90) una sonda de dardo (92), un sistema de propulsión (94) configurado para mover la sonda de dardo (92) con respecto al sistema de sujeción (60) y un sensor de fuerza (99) configurado para medir la fuerza a la que está sometida la sonda de dardo (92) durante un movimiento de la sonda de dardo (92),
 10 en donde el sensor de fuerza (99) está configurado para medir una fuerza impartida a la muestra de película cuando la sonda de dardo (92) entra en contacto con la muestra de película,
 en donde el sistema de propulsión (94) comprende un motor lineal (96) configurado para mover la sonda de dardo (92) con respecto al sistema de sujeción (60).
2. El dispositivo (20) según la reivindicación 1, en donde el motor lineal (96) está configurado para mover la sonda de dardo (92) para impactar contra la muestra de película a una velocidad sustancialmente constante.
3. El dispositivo (20) según la reivindicación 2, en donde la velocidad sustancialmente constante de la sonda de dardo (92) está entre 0,04 m/s asociada a una prueba de resistencia a la perforación y 4 m/s asociada a una prueba de impacto de dardo.
4. El dispositivo (20) según cualquiera de las reivindicaciones 2 y 3, en donde la velocidad sustancialmente constante de la sonda de dardo (92) es de 3,3 m/s en el momento del impacto con la muestra de película y la velocidad sustancialmente constante de la sonda de dardo (92) tras el impacto sigue siendo al menos un 80 % de 3,3 m/s hasta que la muestra de película queda perforada por la sonda de dardo (92).
5. El dispositivo (20) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, que comprende además un sistema informático (24) en comunicación con un controlador configurado para controlar el motor lineal (96), en donde el sistema informático (24) está configurado para enviar una señal de mando al controlador para cargar una trayectoria y mover la sonda de dardo (92) de acuerdo con la trayectoria cargada.
6. El dispositivo (20) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el sensor de fuerza (99) comprende un sensor piezoeléctrico dinámico.
7. El dispositivo (20) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la sonda de dardo (92) tiene una parte hueca y un extremo hemisférico (104) configurado para entrar en contacto con la muestra de película.
8. El dispositivo (20) según la reivindicación 7, en donde el extremo hemisférico (104) comprende acero y la parte hueca comprende aluminio.
9. El dispositivo (20) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el sistema de sujeción (60) comprende una mordaza superior (62A) y una mordaza inferior (62B), teniendo las mordazas superior e inferior (62A, 62B) un estado abierto y un estado cerrado y un orificio situado en el centro (66).
10. El dispositivo (20) según la reivindicación 9, en donde cada una de la mordaza superior y la mordaza inferior (62A, 62B) comprende ranuras (64A) y crestas (65A), y las crestas (65A) de una de las mordazas superior e inferior (62A, 62B) están configuradas para encajar en las ranuras (64A) de la otra mordaza superior e inferior (62A, 62B).
11. El dispositivo (20) según cualquiera de las reivindicaciones 9 y 10, en donde una de las mordazas superior (62A) y la mordaza inferior (62B) comprende un mecanismo de sujeción configurado para mantener la película en su lugar mientras las mordazas superior e inferior (62A, 62B) están abiertas.
12. El dispositivo (20) según la reivindicación 11, en donde el mecanismo de sujeción comprende una pluralidad de ventosas (63).
13. El dispositivo (20) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el sistema de sujeción (60) comprende una pinza neumática (68) configurada para mover la mordaza superior (62A) y la mordaza inferior (62B) entre las posiciones abierta y cerrada.
14. El dispositivo (20) según la reivindicación 1, que comprende además un sistema informático (24) en comunicación con el sensor de fuerza (99), estando configurado el sistema informático (24) para adquirir datos de fuerza del sensor de fuerza (99), en donde el sistema informático (24) está además en comunicación con el sistema de sujeción (60) y el sistema de sonda de dardo (90) para controlar la apertura y el cierre del

sistema de sujeción (60) y un accionamiento del sistema de sonda de dardo (90) para adquirir datos de fuerza asociados con dicho accionamiento.

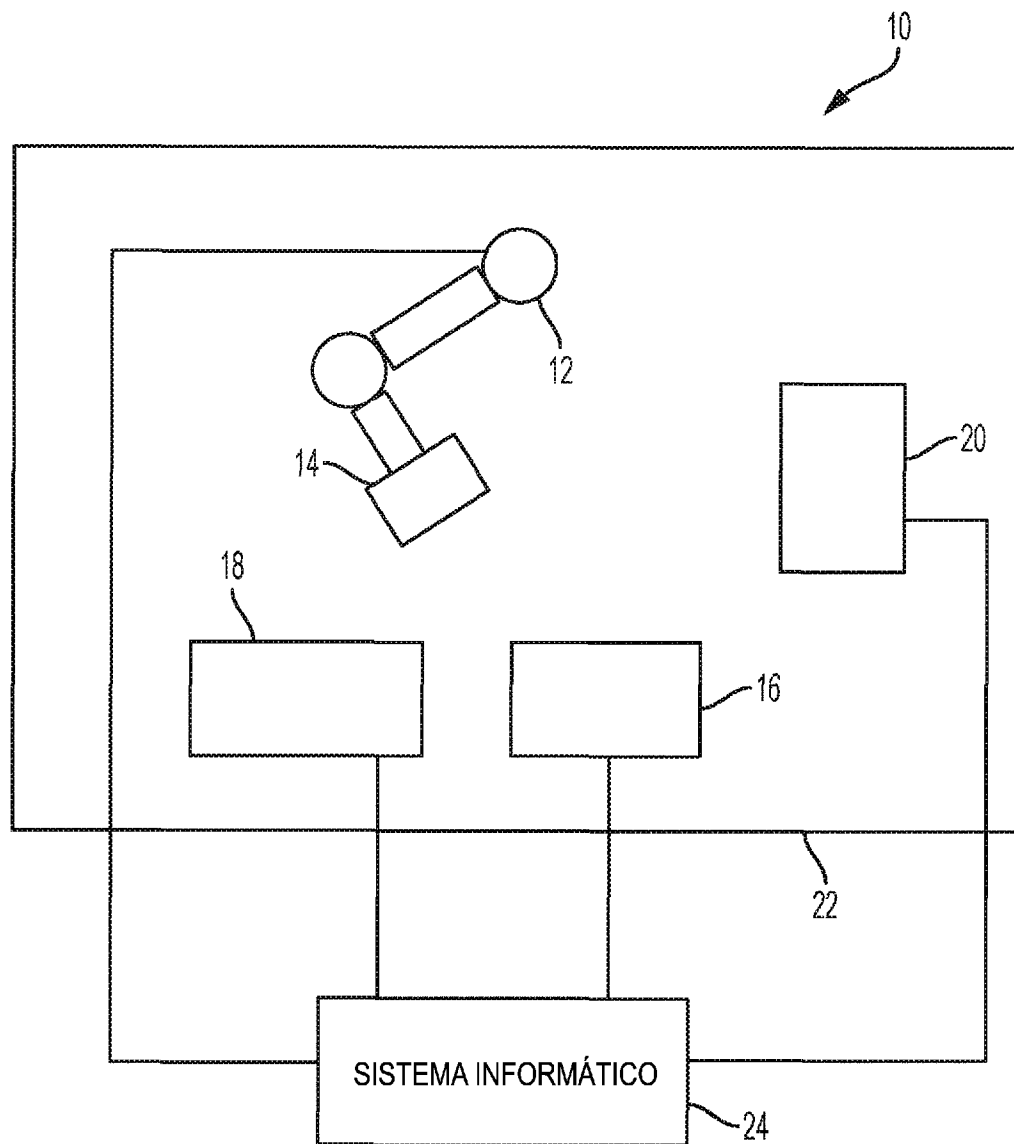


FIGURA 1

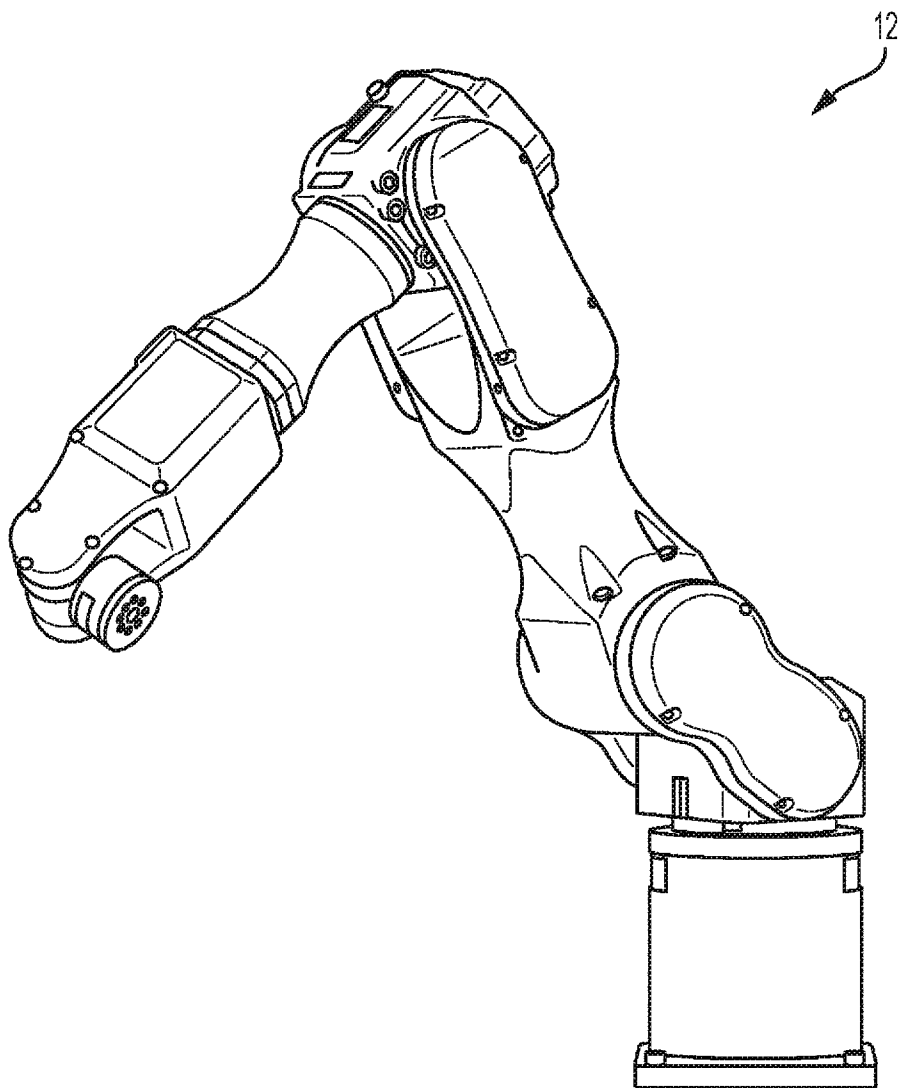


FIGURA 2

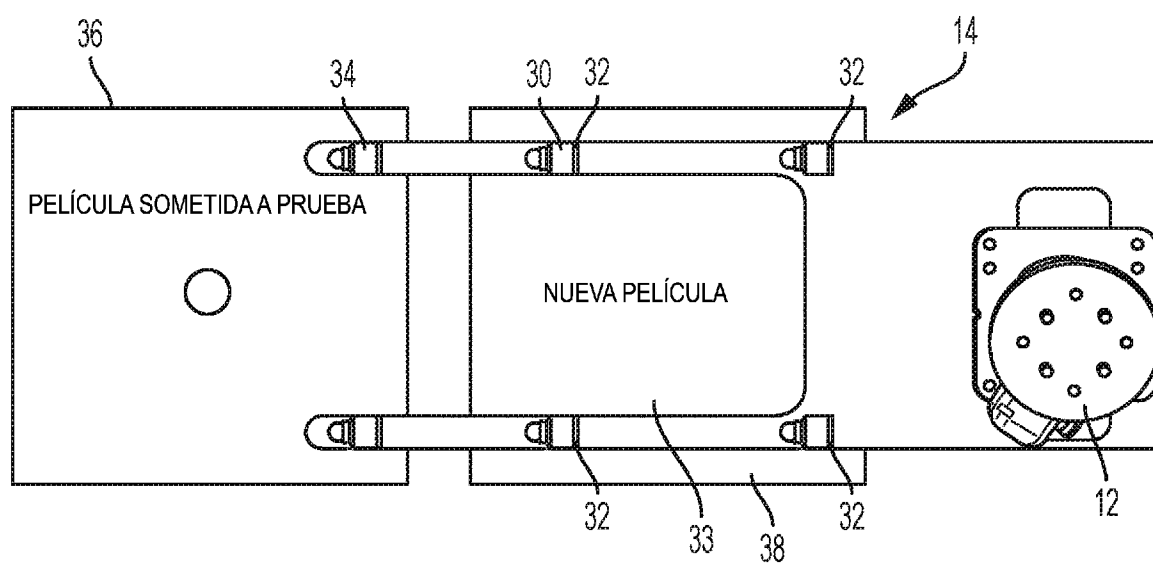


FIGURA 3

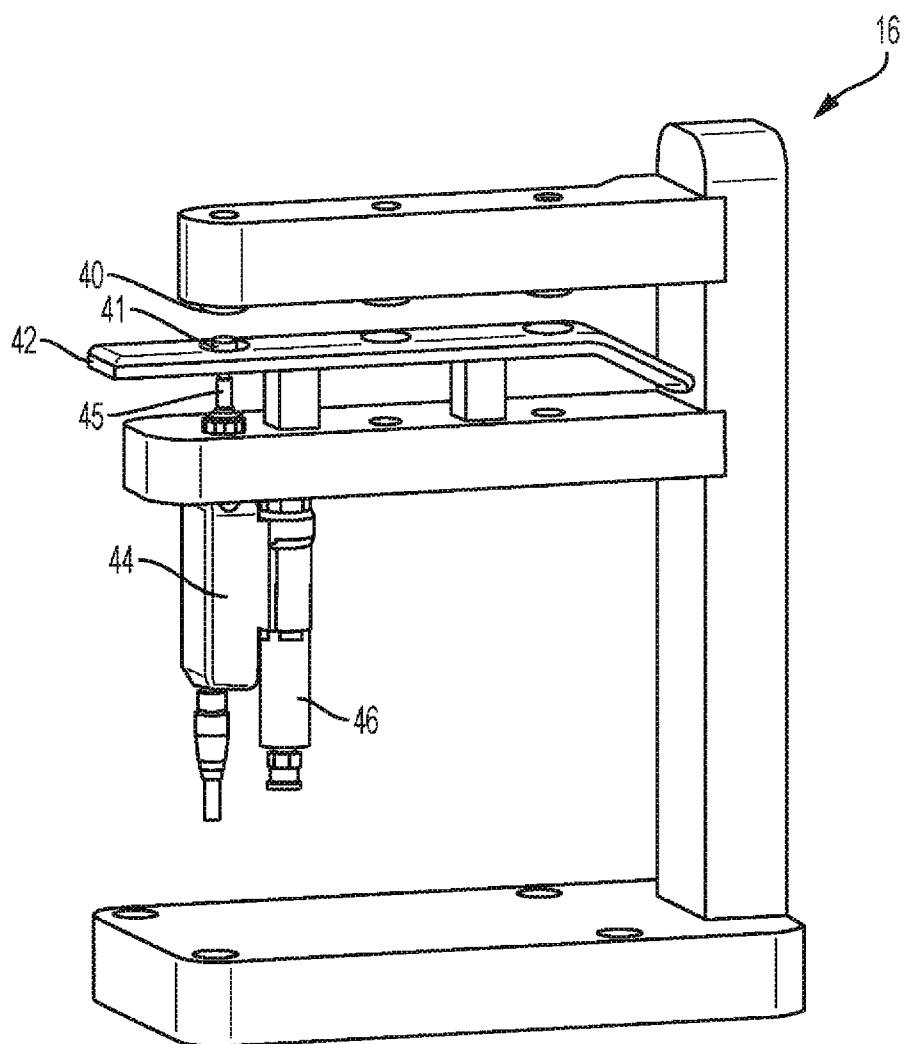


FIGURA 4

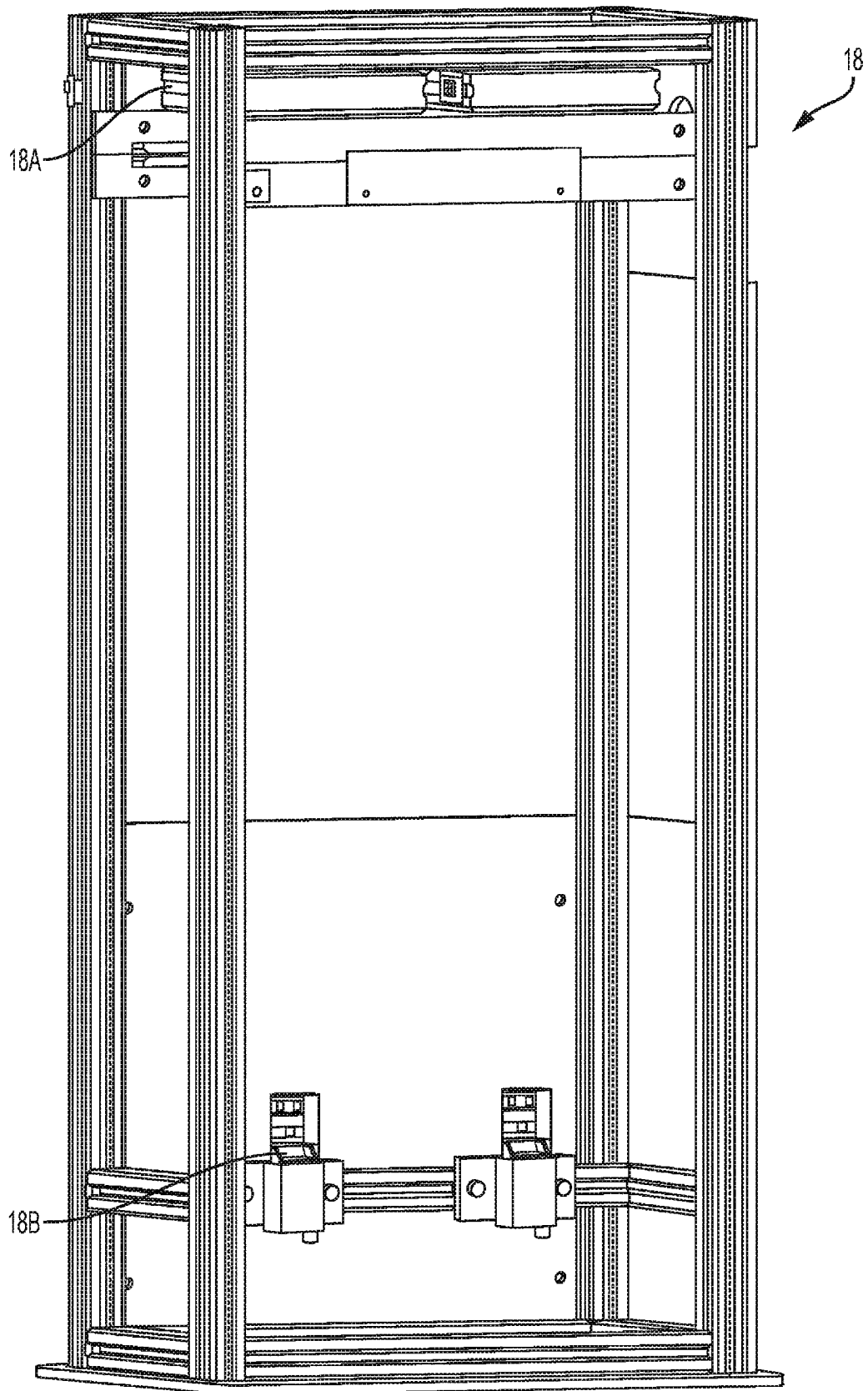


FIGURA 5

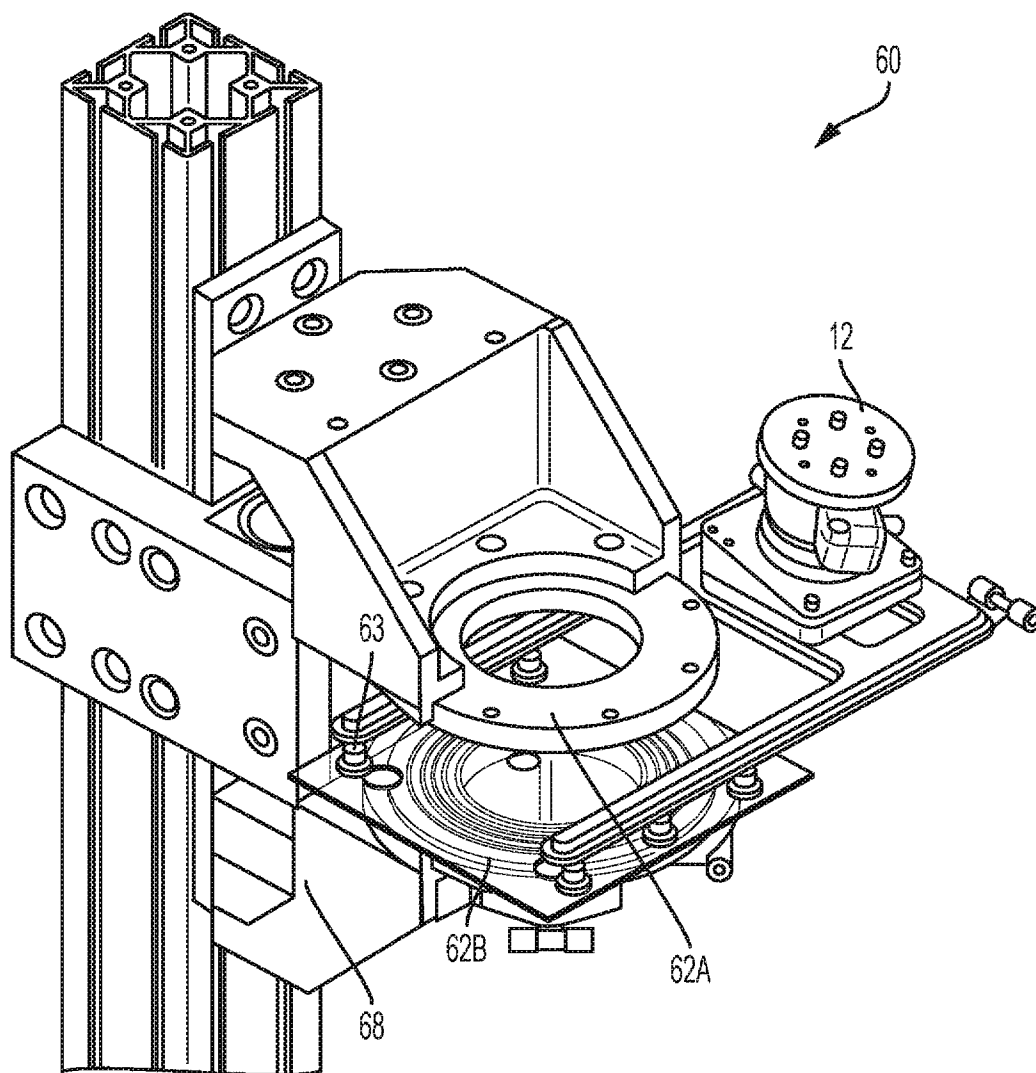


FIGURA 6A

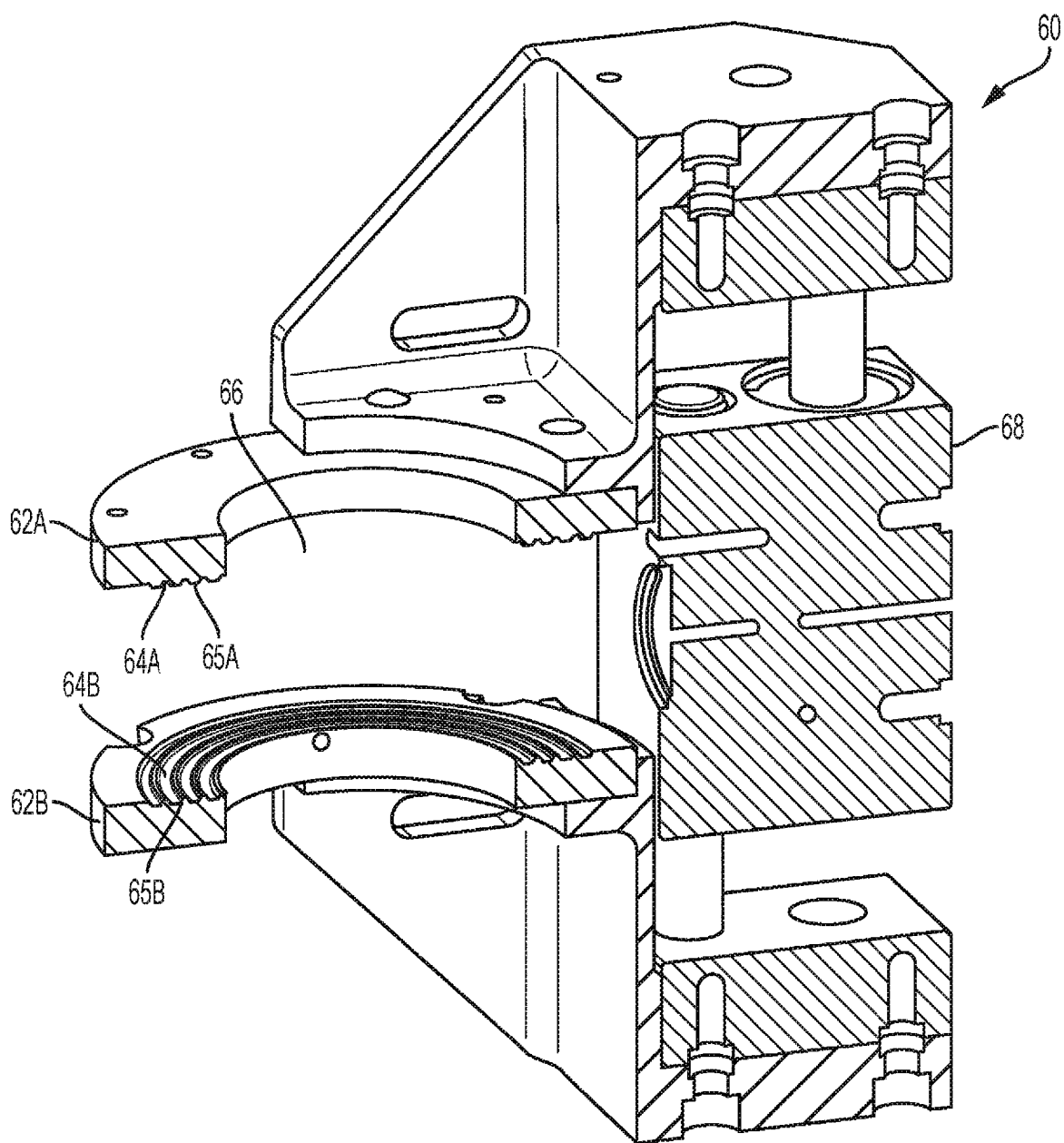


FIGURA 6B

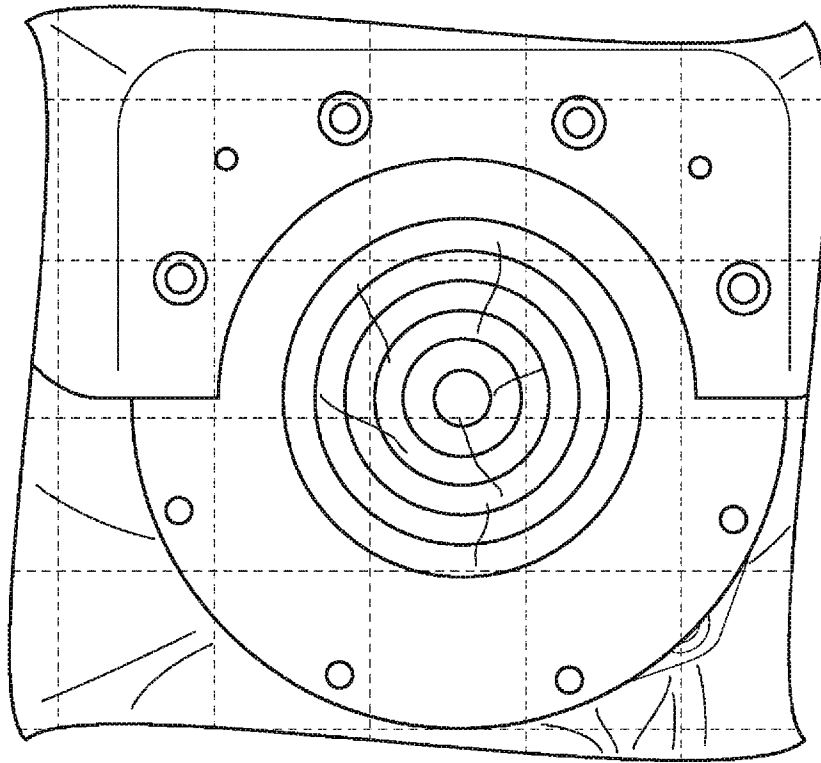


FIGURA 7A

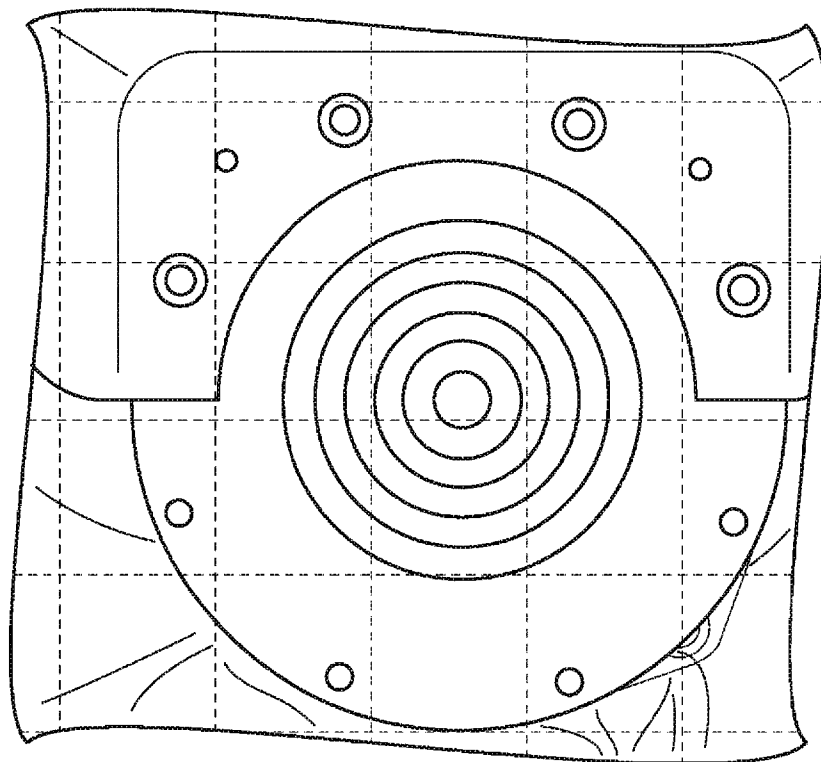


FIGURA 7B

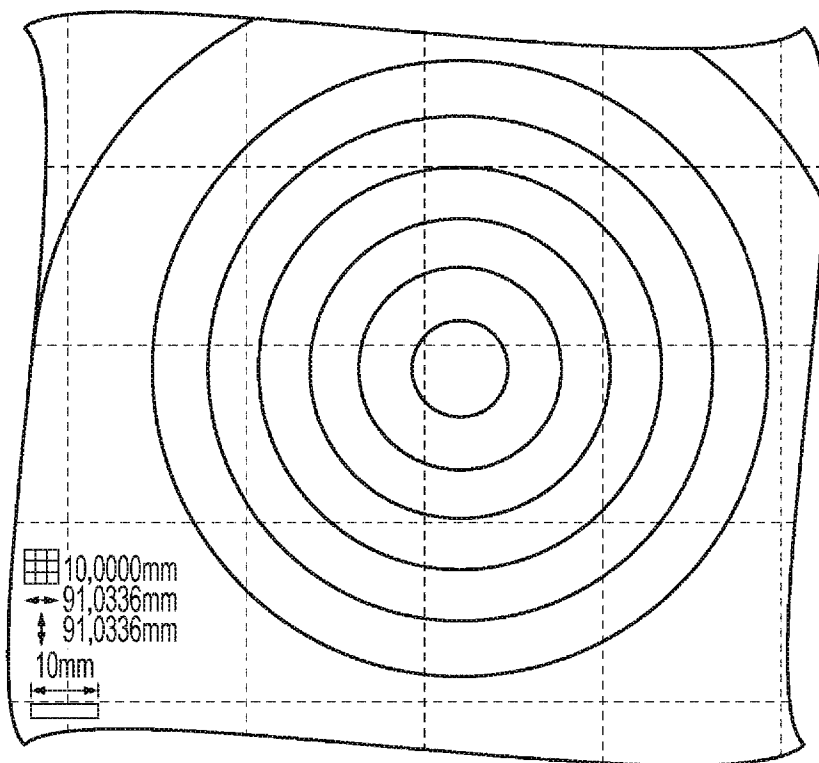


FIGURA 8A

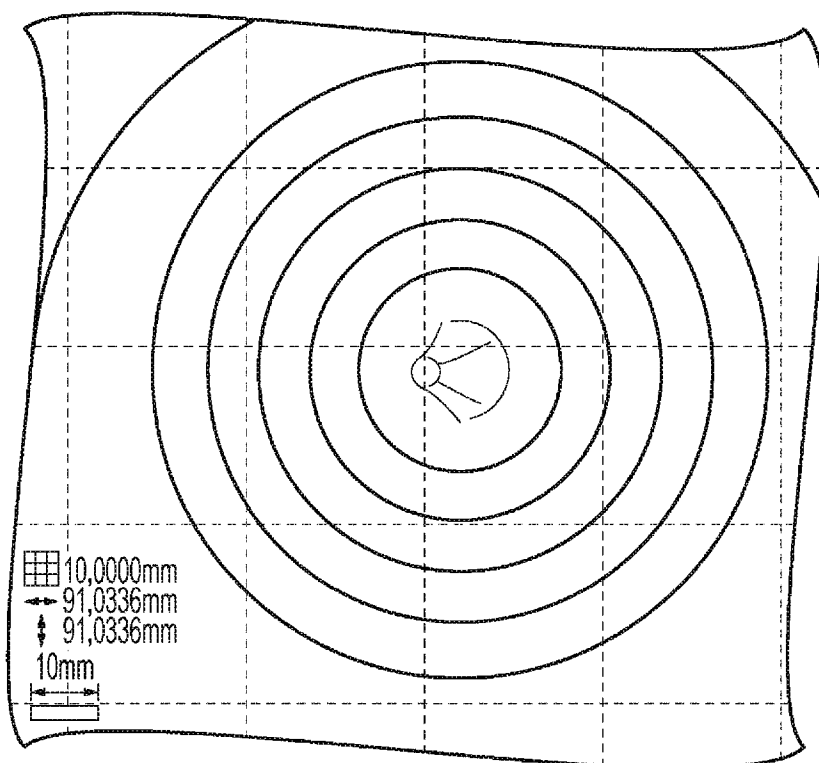


FIGURA 8B

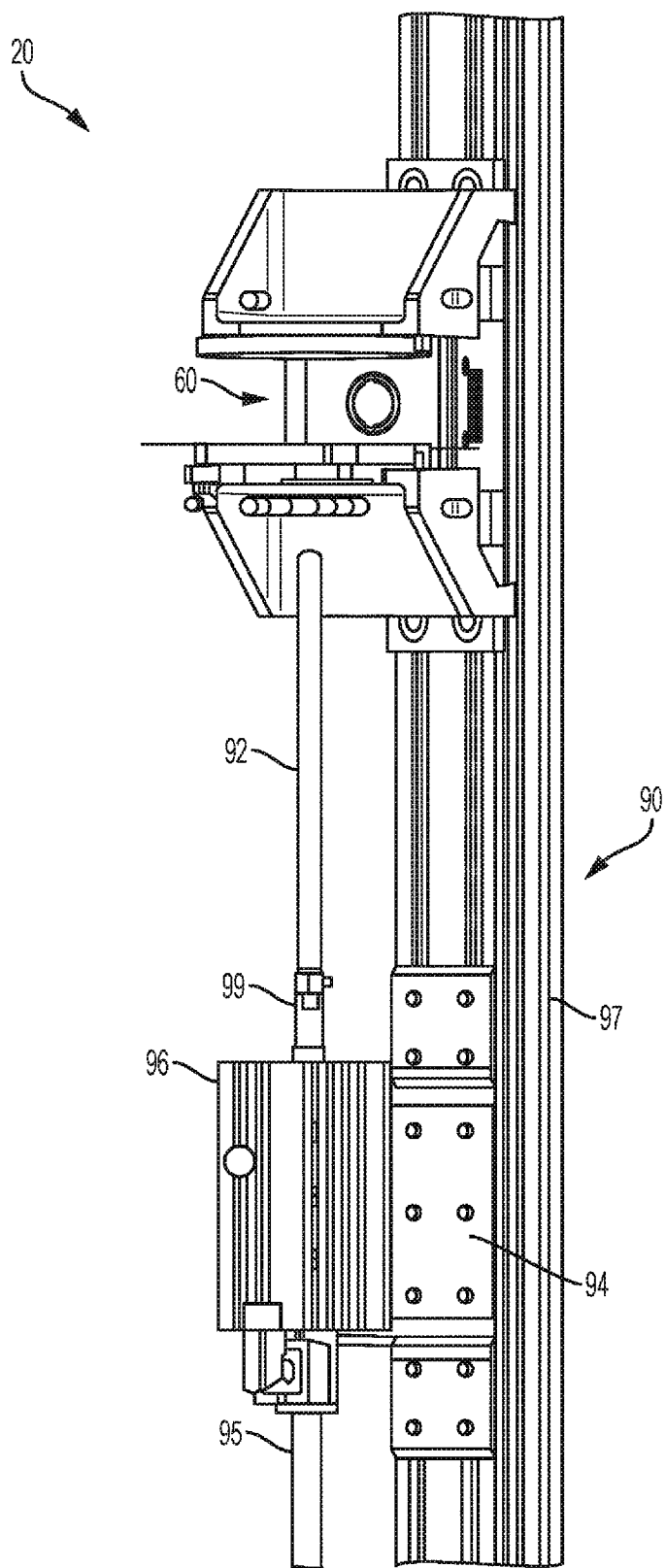


FIGURA 9

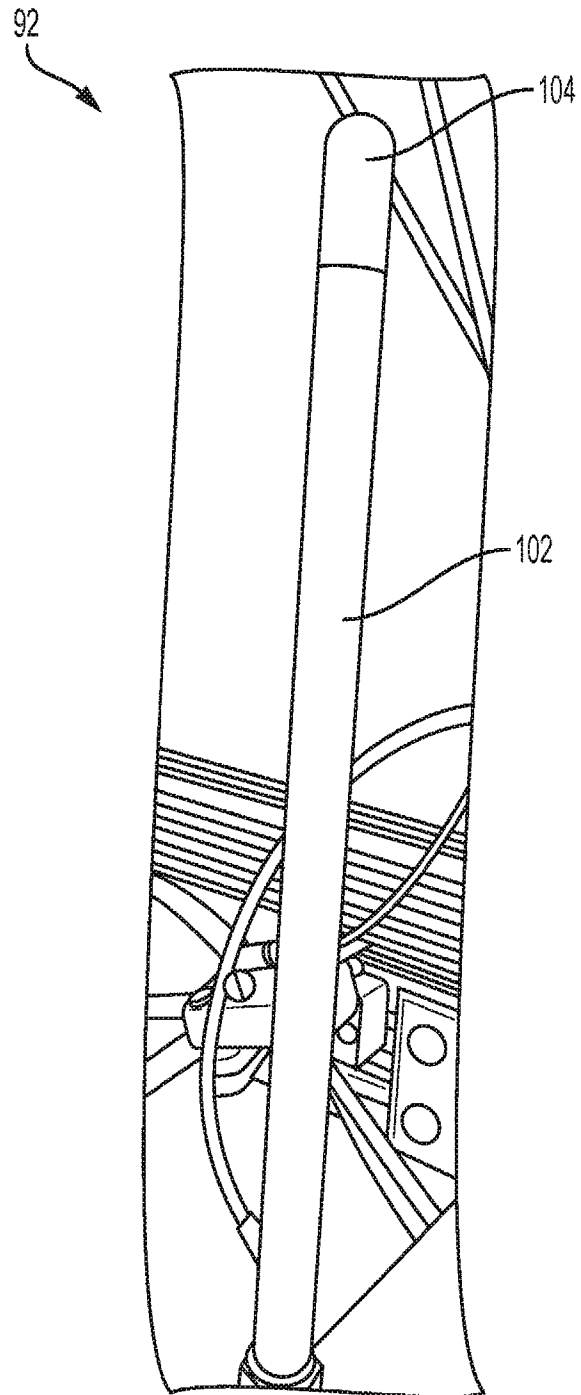


FIGURA 10

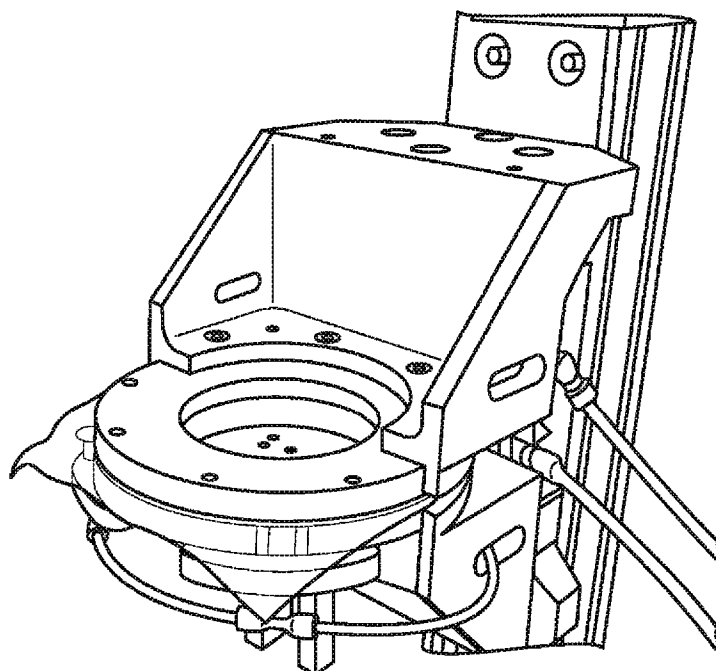


FIGURA 11A

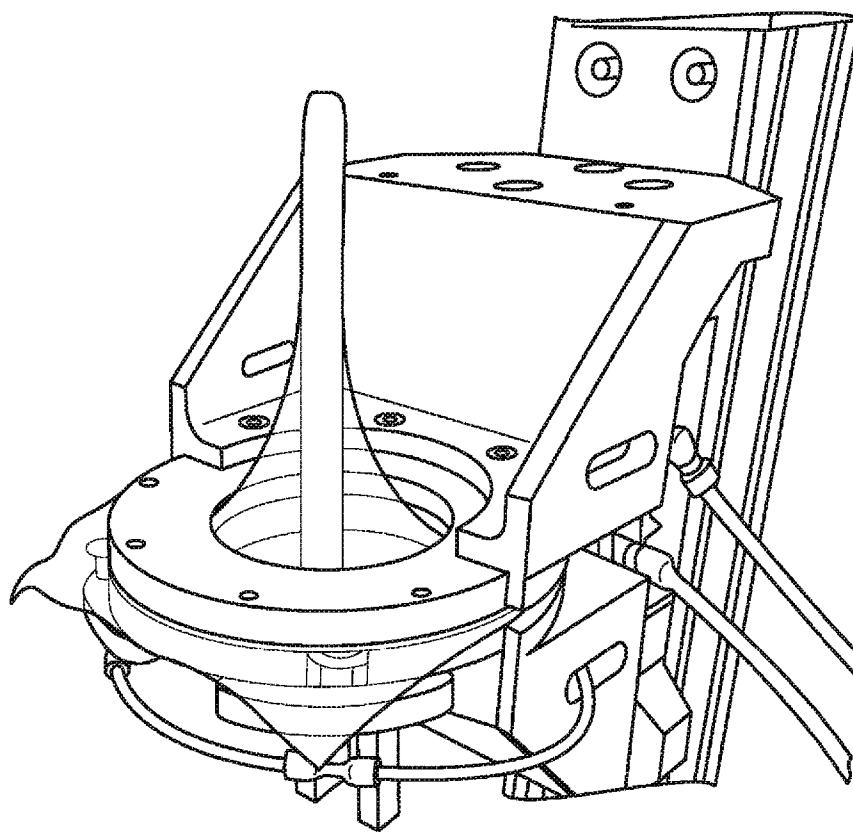
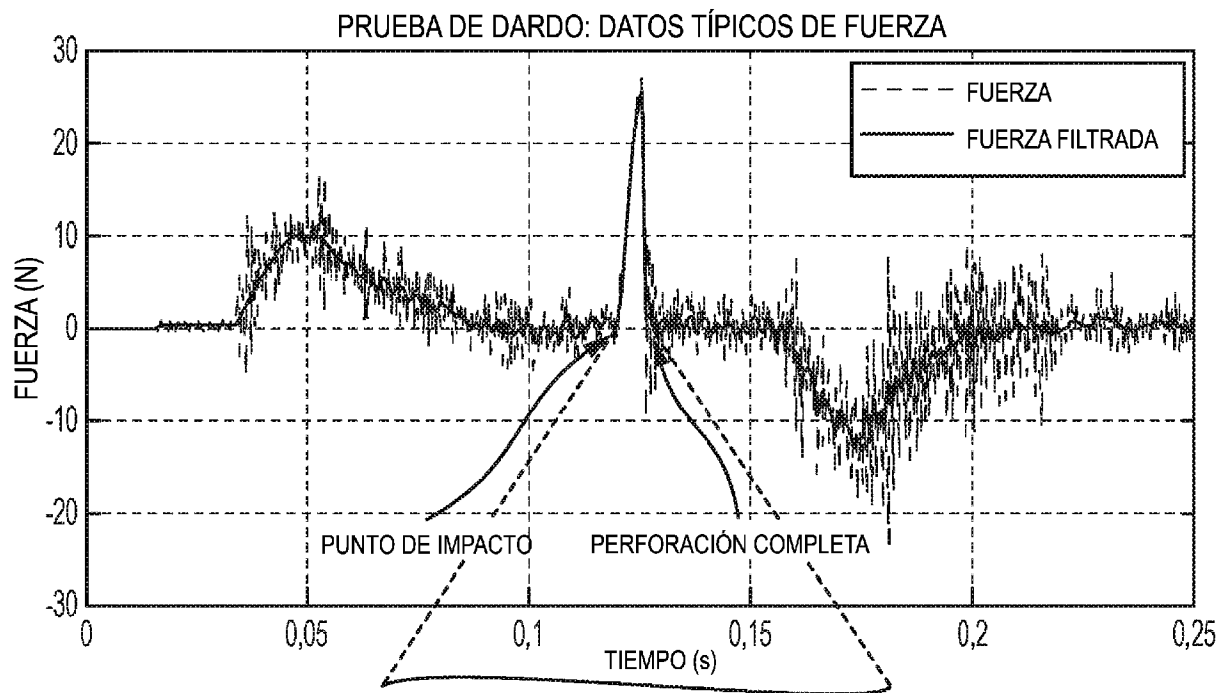


FIGURA 11B



HASTA LA Fig.12B

FIGURA 12A

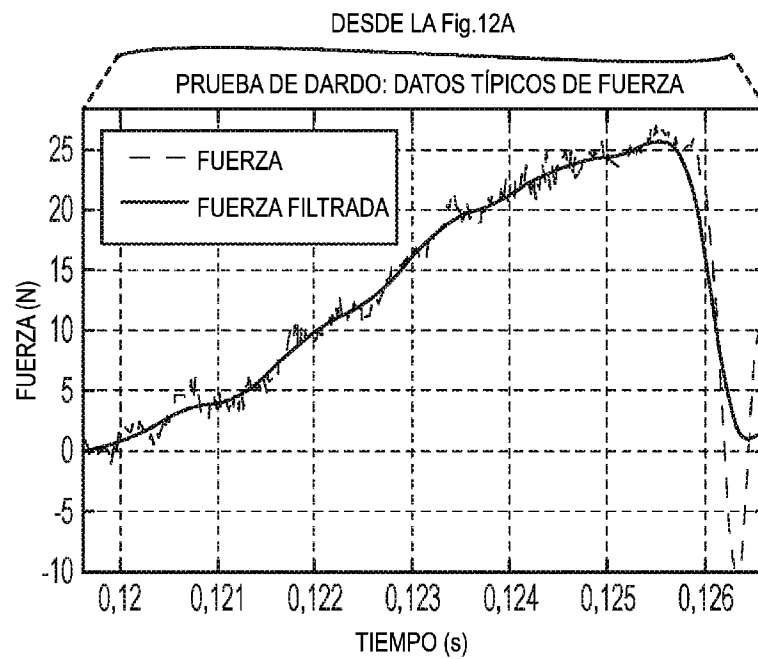


FIGURA 12B

