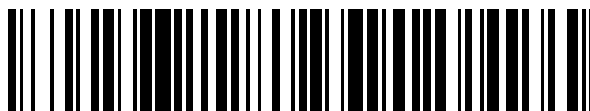


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 511**

51 Int. Cl.:

F04C 14/28 (2006.01)

F04C 2/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2012 PCT/US2012/030901**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2012 WO12138522**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2012 E 12768485 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 2694815**

54 Título: **Sistema y método para monitorizar el desgaste de un forro de bomba**

30 Prioridad:
07.04.2011 US 201161472984 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.01.2020

73 Titular/es:
CIRCOR PUMPS NORTH AMERICA, LLC (100.0%)
1710 Airport Road
Monroe NC 28110, US

72 Inventor/es:
PATTON, KENNETH

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 738 511 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

Sistema y método para monitorizar el desgaste de un forro de bomba.

Campo de la descripción

5 La descripción está relacionada en general con el campo de sistemas de manipulación de fluidos, y más en particular con un sistema mejorado para monitorizar el desgaste de forros de bomba.

Antecedentes de la descripción

10 Las bombas de husillo son bombas giratorias, de desplazamiento positivo, que usan dos o más husillos para transferir fluidos de alta o de baja viscosidad o mezclas de fluidos a lo largo de un eje. En general, una bomba de tres husillos es una bomba giratoria positiva en la que un husillo central de entre tres husillos está impulsado con motor, y los otros dos husillos son husillos locos que engranan con porciones diametralmente opuestas del husillo central impulsado, actuando los husillos locos como elementos de sellado que se hacen girar hidráulicamente por medio del fluido que se está bombeando. Los volúmenes o cavidades entre los husillos inter-engranados y un forro o carcasa transportan un volumen específico de fluido en una dirección axial en torno a las roscas de los husillos. Según giran los husillos, los volúmenes de fluido son transportados desde una entrada hasta una salida de la bomba. En algunas aplicaciones, estas bombas se usan para ayudar a la extracción de petróleo desde pozos terrestres o submarinos.

20 Con frecuencia, los líquidos bombeados por medio de estas bombas incluyen sólidos arrastrados, tal como arena. La presencia de arena y de otros sólidos puede causar daños en las partes internas de la bomba, de manera más notable en la carcasa de la bomba, donde los sólidos pueden pasar entre los husillos y la carcasa. Un desgaste sustancial de la carcasa de la bomba puede dar indeseablemente como resultado una descarga reducida de tasas de flujo. La reparación de las carcasas de bomba puede ser cara, y por lo tanto, muchos fabricantes forran la carcasa de la bomba con un material de forro auto-reparador. Tales forros están fabricados típicamente con un material que es mucho más suave que el de la carcasa y los husillos. De ese modo, el daño debido a sólidos arrastrados es soportado por el forro y no por la carcasa que es más cara. Tales forros pueden ser "auto-reparadores", ya que con el tiempo, los arañazos y las rayas provocados por el contacto con los sólidos arrastrados pueden ser suavizados, mitigando su impacto sobre el rendimiento de la bomba.

25 Mientras que tales forros pueden mejorar el ciclo de vida útil de la bomba, se requiere aún una renovación periódica del forro. Sigue existiendo una dificultad, sin embargo, en cuanto a determinar cuándo deberá producirse la sustitución del forro. Según se ha indicado, la degradación del forro puede manifestarse en sí misma mediante un flujo de salida reducido desde la bomba. Donde múltiples bombas atienden a una salida única, sin embargo, puede resultar difícil identificar qué bomba puede ser la causa de un flujo global reducido. De ese modo, podría ser deseable proporcionar un sistema y un método para monitorizar de forma continua el desgaste de forros de carcasa de bomba de modo que la reparación pueda ser realizada en el momento oportuno.

30 Los sistemas de monitorización de desgaste son en general conocidos. Por ejemplo, la Patente U.S. núm. 6.945.098 de Olson divulga un sistema de detección de desgaste para su uso en la determinación del adelgazamiento de pared en aplicaciones de hidrociclón. La Patente U.S. núm. 6.290.027 de Matsuzaki, la Patente U.S. núm. 5.833.033 de Takanashi, y la Patente U.S. núm. 4.274.511 de Moriya, divulgan sistemas para detectar el desgaste de pastillas de freno, y la Patente U.S. núm. 3.102.759 de Stewart divulga un sistema para detectar el desgaste de cojinetes cerrados. El problema de estos sistemas consiste en que no pueden ser tan seguros como se desea. Esto se debe a que los sistemas emplean sensores de desgaste fabricados con materiales que tienen composiciones y propiedades diferentes de las composiciones y propiedades de los componentes que van a ser monitorizados. Debido a esas diferencias, los sensores pueden desgastarse a una velocidad más rápida o más lenta que los componentes monitorizados. Como se apreciará, cuando el desgaste del sensor no es acorde con el desgaste del componente, la precisión del sistema de monitorización se ve afectada negativamente. El documento DE 10 2009 056 119 divulga una bomba de husillo con un recubrimiento desgastable adicional entre un rotor y una pared de acero de estator. Un sensor capacitivo se encuentra dispuesto en el recubrimiento para detectar la distancia de una capa límite entre el recubrimiento y un medio líquido interno.

35 Por lo tanto, sigue existiendo una necesidad de un sistema de monitorización de desgaste mejorado que pueda monitorizar de forma continua el desgaste de forros de carcasa de bomba con el fin de que se pueda realizar la reparación en el momento oportuno. Un sistema de ese tipo podría subsanar las deficiencias inherentes a los sistemas actuales, y podría ser altamente preciso. También podría ser deseable proporcionar un sistema y un método para almacenar información de desgaste del forro de modo que se pueda cumplir la tendencia al desgaste.

Sumario de la descripción

40 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema para monitorizar el desgaste del forro de una bomba, que comprende:

un detector de desgaste que comprende un alojamiento y un circuito;

el detector de desgaste está dispuesto en una carcasa de una bomba, teniendo la bomba un forro de carcasa;

5 teniendo el alojamiento una nariz que está situada a ras con la superficie interna del forro de carcasa, adyacente a un husillo de la bomba;

estando el circuito dispuesto en la nariz y teniendo al menos un bucle de circuito acoplado eléctricamente a un conductor, el conductor acoplado a un controlador, el controlador configurado para determinar un espesor del forro de carcasa, y

10 caracterizado porque el alojamiento incluye una primera y una segunda mitades de alojamiento, el circuito está dispuesto en posición intermedia entre la primera y la segunda mitades del alojamiento, y la primera y la segunda mitades del alojamiento están fabricadas con el mismo material que el forro de la carcasa.

Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para monitorizar el desgaste de un forro de bomba, que comprende:

15 un controlador que determina un espesor de un forro de carcasa de bomba en base a señales recibidas desde un conductor asociado a un detector de desgaste;

en donde el detector de desgaste tiene una nariz posicionada a ras con la superficie interna del forro de la carcasa de bomba, teniendo el detector de desgaste un circuito con al menos un bucle de circuito dispuesto adyacente a la nariz,

con el al menos un bucle de circuito acoplado eléctricamente al conductor,

20 caracterizado porque el detector de desgaste está dispuesto adyacente al forro de carcasa e incluye un alojamiento que tiene una primera y una segunda mitades de alojamiento fabricadas con el mismo material que el forro de carcasa, y en donde el circuito está dispuesto en posición intermedia entre la primera y la segunda mitades de alojamiento.

Breve descripción de los dibujos

25 A título de ejemplo, se va a describir ahora una realización específica del dispositivo divulgado, con referencia a los dibujos que se acompañan:

La **Figura 1** es una vista en sección transversal de un ejemplo de bomba de tres husillos;

30 La **Figura 2A** es una vista en sección transversal de una porción de carcasa de bomba de la bomba de la **Figura 1**, tomada a lo largo de la línea 2-2; La **Figura 2B** es una vista detallada de una porción de forro de la carcasa de bomba de la **Figura 2A**;

La **Figura 3** es una vista isométrica despiezada de un ejemplo de sensor de desgaste;

La **Figura 4A** es una vista en planta transparente del sensor de desgaste de la **Figura 3**; la **Figura 4B** es una vista según una sección transversal tomada a lo largo de la línea 4B-4B de la **Figura 4A**;

La **Figura 5** es una vista en planta de un ejemplo de porción de circuito del sensor de desgaste de la **Figura 3**;

35 La **Figura 6A** es una vista en corte de la porción de circuito de la **Figura 5**; la **Figura 6B** es una vista en corte detallada de una porción de la vista en corte de la **Figura 6A**;

Las **Figuras 7-9** muestran el sensor de desgaste divulgado, instalado en un ejemplo de carcasa de bomba;

La **Figura 10** es un diagrama de bloques de un sistema para monitorizar el desgaste del forro de una carcasa de bomba que usa el sensor de desgaste divulgado;

40 La **Figura 11** es un diagrama de un ejemplo de visualizador para su uso en el sistema de la **Figura 10**, y

Las **Figuras 12 y 13** muestran una lectura local para la visualización de una condición del forro de la bomba.

Descripción detallada

45 Haciendo ahora referencia a los dibujos, la **Figura 1** es una sección transversal esquemática de una bomba 10 de husillo. La bomba 10 incluye un extremo 12 de succión de entrada, un extremo 14 de descarga de salida, y una carcasa 16 que define un canal 18 de husillo entre ambos. Según se ha ilustrado en la **Figura 2A**, el canal 18 de husillo comprende un orificio 20 central más grande y un par de orificios 22 más pequeños yuxtapuestos en lados opuestos del orificio 20 central, para recibir respectivamente un husillo 24 de accionamiento y un par de husillos 26

locos. La potencia operativa para el husillo 24 de accionamiento se transmite por medio de un eje de husillo 28 de accionamiento (**Figura 1**), el cual se hace girar por medio de un motor u otra unidad motriz (no representados). En la bomba 10 esquemática mostrada en la **Figura 1**, el fluido es transportado de izquierda a derecha.

5 Una o más superficies internas de la carcasa 16 de bomba pueden estar forradas con un material que sea diferente del material de la carcasa, para proteger la carcasa 16 de bomba frente a daños durante el funcionamiento. La **Figura 2B** muestra un forro 30 de ese tipo dispuesto sobre las superficies internas de la carcasa 16 adyacente a uno de los husillos 26 locos. En la aplicación práctica, este forro 30 puede estar dispuesto sobre las superficies internas de la carcasa 16 adyacente a los husillos 26 locos y al husillo 24 de accionamiento. En una realización, el forro 30 comprende metal Babbitt. El metal Babbitt es blando y tiene una estructura que está constituida por pequeños cristales duros dispersados en un metal más blando, lo que hace que sea un compuesto de matriz de metal. Según se desgasta el metal Babbitt, el metal más blando se erosiona, lo que crea rutas para el lubricante entre los puntos altos y duros que proporcionan la superficie de rodamiento real. El forro 30 puede ser proporcionado en una cualquiera de una diversidad de espesores deseados. En una realización, el espesor "T" del forro 30 es de aproximadamente 4,76 mm (3/16 de pulgada).

15 Durante la operación, cuando los sólidos arrastrados pasan entre los husillos 24, 26 y el forro 30, los husillos y el forro pueden resultar desgastados o dañados. Para mantener el rendimiento deseado, los husillos y el forro pueden ser periódicamente reemplazados. Tradicionalmente, el forro se reemplaza al mismo tiempo que se reemplazan los husillos, dado que la inspección directa del forro a través de la carcasa es difícil. Cambiar el forro, sin embargo, requiere que la bomba sea puesta fuera de servicio y enviada a una instalación de mantenimiento. El problema de un procedimiento de ese tipo es que la sustitución del forro no siempre es necesaria. Con el sistema divulgado, se proporciona al usuario una indicación constante del espesor del forro, y por lo tanto, si el sistema indica que el forro se mantiene por encima de un determinado espesor crítico cuando llega el momento de que los husillos sean sustituidos, entonces se puede llevar a cabo solamente la sustitución del husillo. La ventaja de todo esto consiste en que la sustitución del husillo puede ser llevada a cabo en campo, mientras que la sustitución del forro debe ser realizada en el taller. Como se apreciará, esto puede dar como resultado un coste y un impacto sobre operaciones más bajos, dando como resultado un costo del ciclo de vida útil global más bajo para la bomba.

30 Haciendo ahora referencia a las **Figuras 3-5**, el sensor 32 de desgaste puede incluir un alojamiento 34 y un circuito 36 de desgaste dispuesto en el interior del alojamiento. En la realización ilustrada, el alojamiento 34 comprende una primera y una segunda mitades 34A, B de alojamiento y el circuito 36 de desgaste comprende un circuito flexible que contiene una pluralidad de pistas 37 conductoras. Las mitades 34A, B del alojamiento y el circuito 36 de desgaste pueden mantenerse unidos conjuntamente usando un adhesivo adecuado, tal como resina epoxi. Se puede prever un primer y un segundo rebajes 38A, B en las mitades 34A, B del alojamiento para permitir que el sensor 32 de desgaste acepte tornillos pasadores 40 para sujetar el sensor de desgaste a la carcasa 16 de la bomba en una posición apropiada, como se va a describir con mayor detalle más adelante.

35 Según puede apreciarse, el circuito 36 de desgaste puede tener un primer extremo 42 con una pluralidad de aberturas 44 de contacto para su acoplamiento a una pluralidad de conductores 46 (**Figura 4B**) y un segundo extremo 48 que se extiende adyacente a una porción 50 de nariz de la primera mitad 34A de alojamiento. Una pluralidad de orificios 52 están dispuestos en el circuito 36 de desgaste entre las pistas conductoras, para facilitar la vinculación del circuito al alojamiento 34 (**Figura 5**).

40 Según se puede apreciar en la **Figura 5**, el circuito 36 de desgaste puede incluir una pluralidad de pistas 37 conductoras que, en la realización ilustrada, constituyen un primer y un segundo bucles 37A, B de circuito. El primer bucle 37A de circuito está acoplado a aberturas 44A y 44B de contacto, mientras que el segundo bucle 37B de circuito está acoplado a aberturas 44B y 44C de contacto. Los bucles 37A, B comparten una masa 44B común. Aunque la realización ilustrada muestra dos bucles de circuito separados, el circuito 36 de desgaste podría incluir un número de bucles de circuito mayor o menor, según se desee.

45 Las **Figuras 6A y 6B** muestran detalles adicionales del circuito 36 de desgaste. Específicamente, el circuito de desgaste ha sido mostrado a modo de estructura laminada en el que las pistas 37 conductoras y las aberturas 44 de contacto están dispuestas en sándwich entre una primera y una segunda capas 54A, 54B de material flexible. En una realización, este material flexible es una poliamida. Se puede usar también otros laminados flexibles. La estructura laminada se mantiene junta en su conjunto usando un adhesivo adecuado, tal como resina epoxi. Los conductores 46 individuales (**Figura 4B**) pueden ser conectados a las aberturas 44 de contacto por medio de soldadura.

55 Las **Figuras 7-9** muestran el sensor 32 de desgaste instalado en un ejemplo de carcasa 16 de bomba. El sensor 32 de desgaste se ha mostrado dispuesto en el interior de un rebaje 56 formado en la carcasa 16 y está fijado a la carcasa por medio de los tornillos pasadores 40. Tal y como puede apreciarse, el sensor 32 está situado de modo que la porción 50 de nariz del sensor está sustancialmente a ras con la superficie interna del forro 30 de carcasa.

En una realización, la primera y la segunda mitades 34A, B de alojamiento del sensor 32 de desgaste están fabricadas con el mismo material que el forro 30 del alojamiento. De ese modo, en un ejemplo de realización, la primera y la segunda mitades 34A, B están fabricadas con metal Babbitt de una composición similar a la del forro 30

de la carcasa. Puesto que el alojamiento está fabricado con el mismo material que el forro 30 de la carcasa, la porción 50 de nariz del sensor experimentará desgaste sustancialmente a la misma velocidad que el forro. Según se desgasta la porción 50 de nariz, lo hace también el circuito 36 que está dispuesto en, o sobre, la porción 50 de nariz. Como resultado, el desgaste del circuito de desgaste es directamente proporcional al desgaste del forro 30.

- 5 Haciendo de nuevo referencia a la **Figura 5**, se puede apreciar que el primer bucle 37A de circuito es más largo que el segundo bucle 37B de circuito (es decir, el primer bucle 37A se extiende más cerca del segundo extremo 48 del circuito 36 de desgaste que el segundo bucle 37B de circuito). Puesto que el segundo extremo 48 del circuito 36 de desgaste está dispuesto adyacente a la porción 50 de nariz de la primera mitad 34A de alojamiento, el segundo extremo 48 del circuito de desgaste se desgastará a, o aproximadamente a, la misma velocidad que la porción 50 de nariz (forro 30). Según se desgasta el segundo extremo 48 del circuito de desgaste en una primera cantidad (identificada como "T1" en la **Figura 5**), el primer bucle 37A de circuito se rompe, dando como resultado un "circuito abierto" que puede ser detectado mediante un controlador de monitorización. Según avanza el desgaste, el circuito 36 de desgaste se desgasta eventualmente en una segunda cantidad "T2", y el segundo bucle 37B de circuito se rompe, dando por tanto como resultado un "circuito abierto" que puede ser detectado en cuanto al segundo bucle de circuito.

El sistema puede estar configurado para reconocer la "apertura" de cada circuito 37A, B como correspondiente a reducciones particulares de espesor predeterminadas en el forro 30 de carcasa. De esta manera, el espesor in situ del forro 30 de carcasa puede ser monitorizado de forma continua, y la bomba 10 puede ser retirada fuera de línea y restaurada cuando el espesor del forro alcance un valor crítico.

- 20 La **Figura 10** muestra un sistema 100 para monitorizar el desgaste del forro de una bomba. El sensor 32 de desgaste está instalado en el bomba 10, y conductores 46 son enrutados a través de la carcasa usando un prensaestopas apropiado, tal como un prensaestopas de alta presión comercializado por Conax Technologies, 2300 Walden Avenue, Buffalo, NY 14225. Señales procedentes de los conductores 46 pueden ser comunicadas a una caja 58 de control a través de un enlace 60 de comunicación alámbrica o inalámbrica. La caja 58 de control puede incluir un procesador 60 y una memoria 62 asociada. El procesador puede estar configurado para ejecutar instrucciones para recibir señales de entrada desde el sensor 32 de desgaste y para reconocer las señales como representativas de una o más condiciones de desgaste del forro 30 de la bomba. La memoria 62 puede ser usada para almacenar datos representativos de las una o más condiciones de desgaste del forro de la bomba. Tales datos pueden incluir también datos de fecha y hora que pueden ser usados para desarrollar información de tendencia al desgaste para la bomba 10. En una realización, esta información de tendencia al desgaste puede ser usada para predecir un final de vida útil para el forro 30 de la bomba. El sistema 100 puede incluir también un visualizador 64 en comunicación con la caja 58 de control. El visualizador 64 puede ser usado para visualizar una o más condiciones del forro de la bomba o alarmas para un usuario. Indicaciones visibles y/o audibles de la condición del forro de la bomba pueden estar incluidas.

- 35 La **Figura 11** muestra un ejemplo de visualizador 64 para un sistema que incluye un par de sensores 32 de desgaste. Se puede usar más de un sensor de desgaste cuando la bomba 10 tiene múltiples husillos 26 locos. Se apreciará que una multiplicidad de sensores 32 de desgaste pueden estar dispuestos a través de la carcasa de bomba según se desee, para proporcionar información sobre el forro 30 de carcasa en diversas posiciones a través de la bomba.

- 40 El visualizador 64 de la **Figura 11** incluye una indicación visual del estado de desgaste del primer y segundo sensores 32 de desgaste. En la realización ilustrada, se proporciona una indicación visual indicativa de que se ha observado una primera reducción de espesor predeterminada en el forro 30 (denominada "fase 1"). Esto podría estar correlacionado, por ejemplo, con la rotura del primer bucle 37A de circuito en cada sensor de desgaste. La "Fase 2" no visualiza ninguna condición de alarma, y por lo tanto, el segundo bucle 37B de circuito en cada sensor de desgaste no ha sido quebrantado.

Según puede apreciarse, además de este visualizador 64 local, se puede proporcionar también un visualizador de datos remoto adicional. Además, se puede enviar un mensaje de e-mail, un fax o un SMS a una dirección predeterminada cuando se detecte la rotura de uno o más bucles de circuito.

- 50 La **Figura 12** muestra una implementación del sensor de desgaste descrito en la que se proporciona una lectura local de la condición del forro en vez de en una caja de control separada. En esta realización, se proporciona un visualizador 66 local, con LEDs (diodos emisores de luz) 68 (**Figura 13**), que se iluminan en secuencia según se alcanza cada intervalo de desgaste (es decir, según se viola cada bucle de circuito). Un botón 70 de reset puede haber sido previsto para resetear el visualizador 68 cuando se instale un nuevo sensor 32 de desgaste. El visualizador 66 de esta realización puede ser alimentado localmente por medio de una batería interna o por medio de una pequeña célula solar. En algunas realizaciones, se pueden proporcionar salidas digitales adicionales para conectar con componentes externos de adquisición de datos.

En base a la información que antecede, los expertos en la materia podrán entender fácilmente que la presente invención es susceptible de una amplia utilidad y aplicación. Muchas realizaciones y adaptaciones de la presente invención distintas de las que se han descrito específicamente en la presente memoria, así como muchas

5 variaciones, modificaciones y disposiciones equivalentes, resultarán evidentes a partir de, o razonablemente sugeridas por, la presente invención y las descripciones que anteceden de la misma, sin apartarse de la esencia o del alcance de la presente invención,. En consecuencia, mientras que la presente invención ha sido descrita en la presente memoria de forma detallada con relación a su realización preferida, debe entenderse que esta descripción es solamente ilustrativa y ejemplar de la presente invención y que se ha hecho simplemente con el fin de proporcionar una descripción completa y habilitadora de la invención. No se pretende que la descripción que antecede haya sido estructurada para limitar la presente invención o excluir de cualquier otro modo alguna cualquiera de esas otras realizaciones, adaptaciones, variaciones, modificaciones o disposiciones equivalentes; estando la presente invención limitada únicamente por las reivindicaciones anexas. Aunque se han empleado 10 términos específicos en la presente memoria, éstos se usan en un sentido genérico y descriptivo solamente, y no con el propósito de limitación alguna.

15

20

25

30

35

40

REIVINDICACIONES

- 1.- Un sistema (100) para monitorizar el desgaste del forro de una bomba, que comprende:
- un detector (32) de desgaste que comprende un alojamiento (34) y un circuito (36);
- 5 estando el detector (32) de desgaste dispuesto en una carcasa (16) de una bomba (10), teniendo la bomba (10) un forro (30) de carcasa;
- teniendo el alojamiento (34) una nariz (50) que está situada a ras con una superficie interna del forro (30) de carcasa adyacente a un husillo (26) de la bomba (10);
- estando el circuito (36) dispuesto en la nariz (50) y teniendo al menos un bucle (37A) de circuito acoplado eléctricamente a un conductor (46), estando el conductor (46) acoplado a un controlador (58), estando el controlador (58) configurado para determinar un espesor del forro (30) de carcasa, y
- 10 **caracterizado porque** el alojamiento (34) incluye una primera y una segunda mitades (34A, B) de alojamiento, el circuito (36) está dispuesto en posición intermedia entre la primera y la segunda mitades (34A, B) de alojamiento, y la primera y la segunda mitades (34A, B) de alojamiento están fabricadas a partir de un mismo material que el forro (30) de carcasa.
- 15 2.- El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el circuito (36) comprende un circuito flexible que incluye una pluralidad de pistas (37) conductoras que forman el primer y el segundo bucles (37A, B) de circuito, y en donde el primer bucle (37A) de circuito está acoplado a una primera y una segunda aberturas (44A, B) de contacto, el segundo bucle (37B) de circuito está acoplado a la segunda abertura (44B) de contacto y a una tercera abertura (44C) de contacto, y en donde el primer y el segundo bucles (37A, B) de circuito comparten una masa (44B) común.
- 20 3.- El sistema (100) de la reivindicación 2, en donde el primer bucle (37A) de circuito es más largo que el segundo bucle (37B) de circuito de tal modo que el primer bucle (37A) de circuito se extiende más cerca de la nariz (50) del alojamiento (34) que el segundo bucle (37B) de circuito.
- 4.- El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde, cuando la nariz (50) se desgasta en una primera cantidad predeterminada, el primer bucle (37A) de circuito se rompe, dando como resultado un circuito abierto configurado para ser detectado por el controlador (58); y en donde, cuando la nariz (50) se desgasta en una segunda cantidad predeterminada, el segundo bucle (37B) de circuito se rompe, dando como resultado un circuito abierto configurado para ser detectado por el controlador (58).
- 25 5.- El sistema (100) de la reivindicación 4, en donde el controlador (58) está configurado para reconocer la apertura del primer y segundo bucles (37A, B) de circuito como correspondiente a una primera y una segunda reducciones de espesor predeterminadas en el forro (30) de carcasa.
- 30 6.- El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el controlador (58) incluye un procesador (60) y una memoria (62), el procesador (60) está configurado para ejecutar instrucciones para el reconocimiento de señales recibidas desde el detector (32) de desgaste como representativas de una o más condiciones de desgaste del forro (30) de carcasa, y en donde la memoria (62) almacena datos representativos de las una o más condiciones de desgaste del forro (30) de carcasa asociadas a datos de fecha y hora.
- 35 7.- Un método para monitorizar el desgaste de un forro de bomba, que comprende:
- un controlador (58) que determina un espesor de un forro (30) de carcasa de bomba en base a señales recibidas desde un conductor (46) asociado a un detector (32) de desgaste;
- 40 en donde el detector (32) de desgaste posee una nariz (50) posicionada a ras con una superficie interna del forro (30) de carcasa de bomba, teniendo el detector (32) de desgaste un circuito (36) con al menos un bucle (37A) de circuito dispuesto adyacente a la nariz (50), estando el al menos un bucle (37A) de circuito acoplado eléctricamente al conductor (46);
- caracterizado porque** el detector (32) de desgaste está dispuesto adyacente al forro (30) de carcasa e incluye un alojamiento (34) que tiene una primera y una segunda mitades (34A, B) de alojamiento fabricadas con el mismo material que el forro (30) de carcasa, y en donde el circuito (36) está dispuesto en posición intermedia entre la primera y la segunda mitades (34A, B) de alojamiento.
- 45 8.- El método de la reivindicación 7, en donde el al menos un bucle (37A) de circuito comprende un primer y un segundo bucles (37A, B) de circuito, siendo el primer bucle (37A) de circuito más largo que el segundo bucle (37B) de circuito de tal modo que el primer bucle (37A) de circuito se extiende más cerca de la nariz (50) que el segundo bucle (37B) de circuito.
- 50 9.- El método de la reivindicación 8, que comprende además que el controlador (58) detecte una primera condición

de circuito abierto cuando la nariz (50) se ha desgastado una primera cantidad predeterminada que rompe el primer bucle (37A) de circuito y da como resultado un primer circuito abierto.

5 10.- El método de la reivindicación 9, que comprende además que el controlador (58) detecte una segunda condición de circuito abierto cuando la nariz se ha desgastado una segunda cantidad predeterminada que rompe el segundo bucle (37B) de circuito y da como resultado un segundo circuito abierto.

11.- El método de la reivindicación 10, que comprende además que el controlador (58) correlacione la apertura del primer y segundo bucles (37A, B) de circuito como correspondientes a una primera y una segunda reducciones respectivas predeterminadas de espesor en el forro (30) de carcasa.

10

15

20

25

30

35

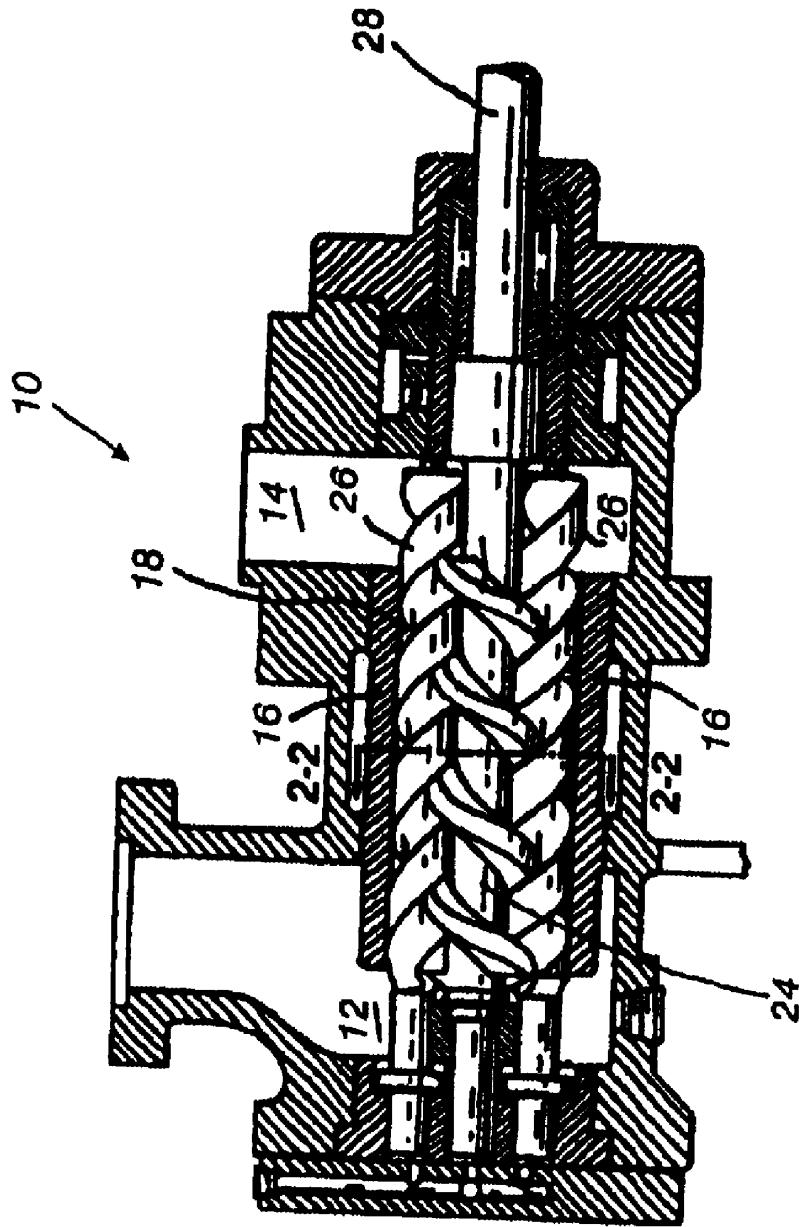


FIG. 1

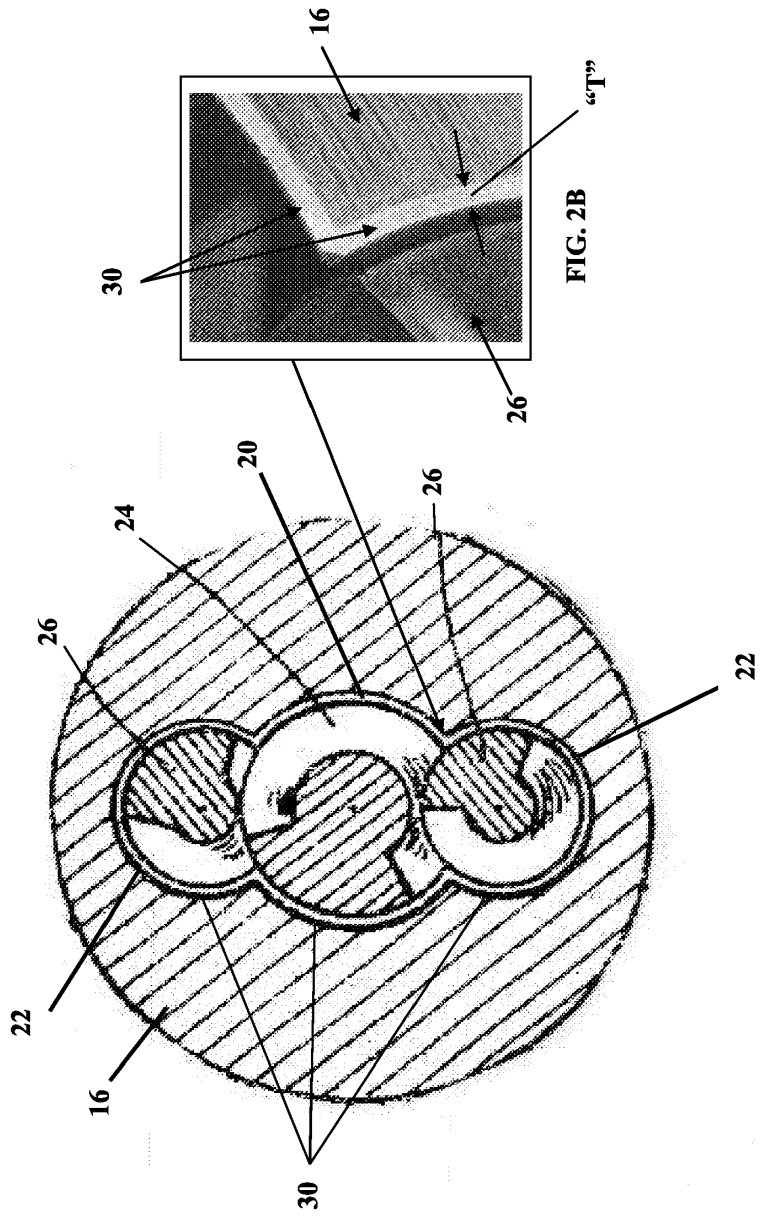


FIG. 2A

FIG. 2B

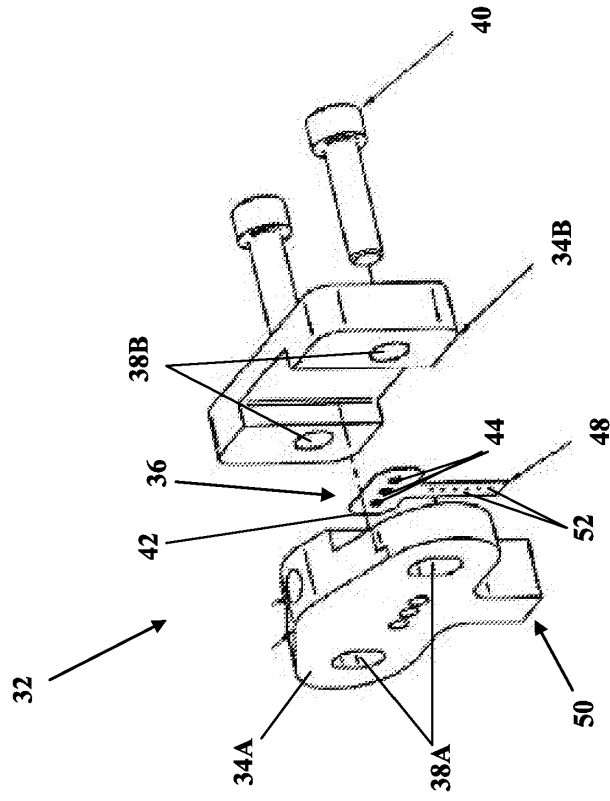


FIG. 3

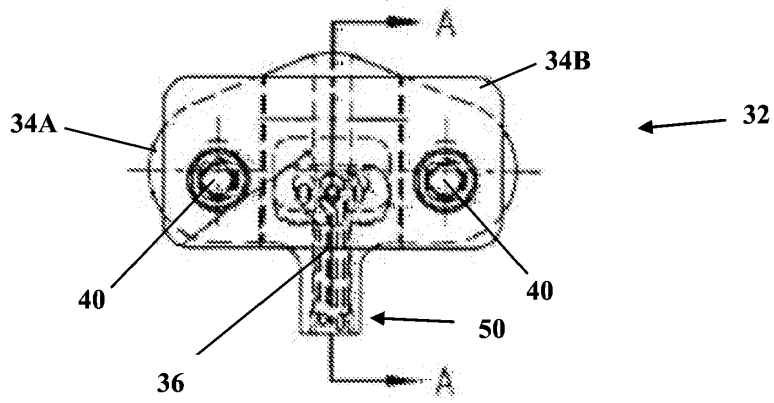


FIG. 4A

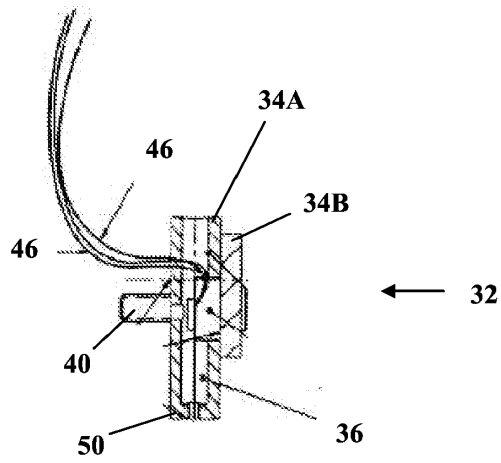


FIG. 4B

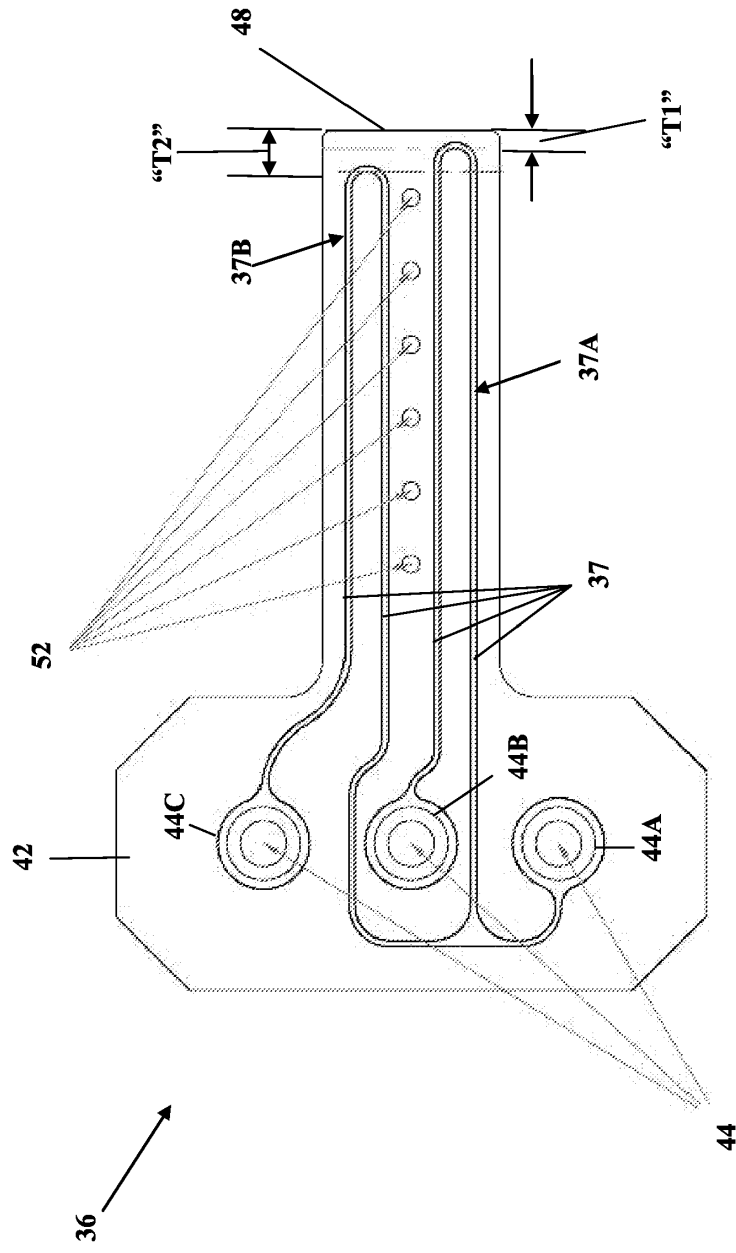
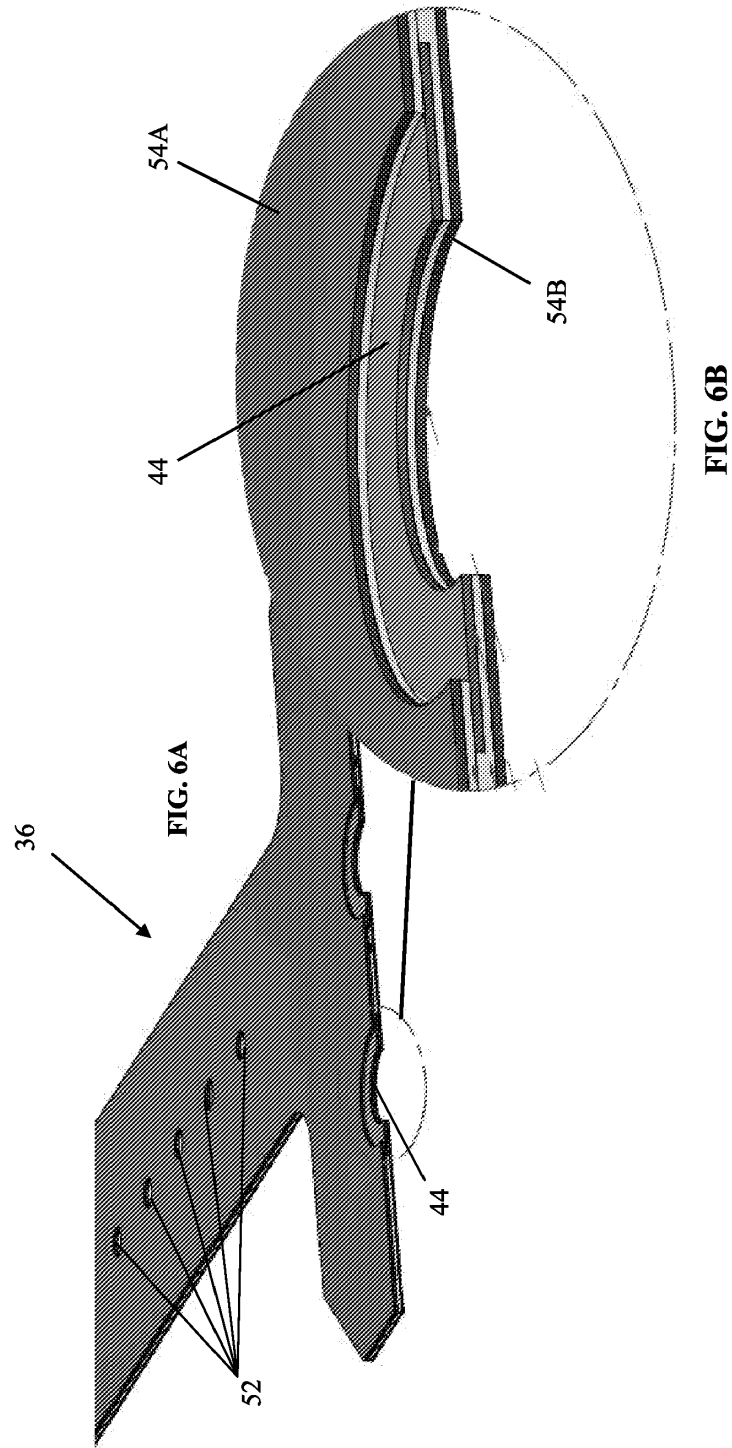


FIG. 5



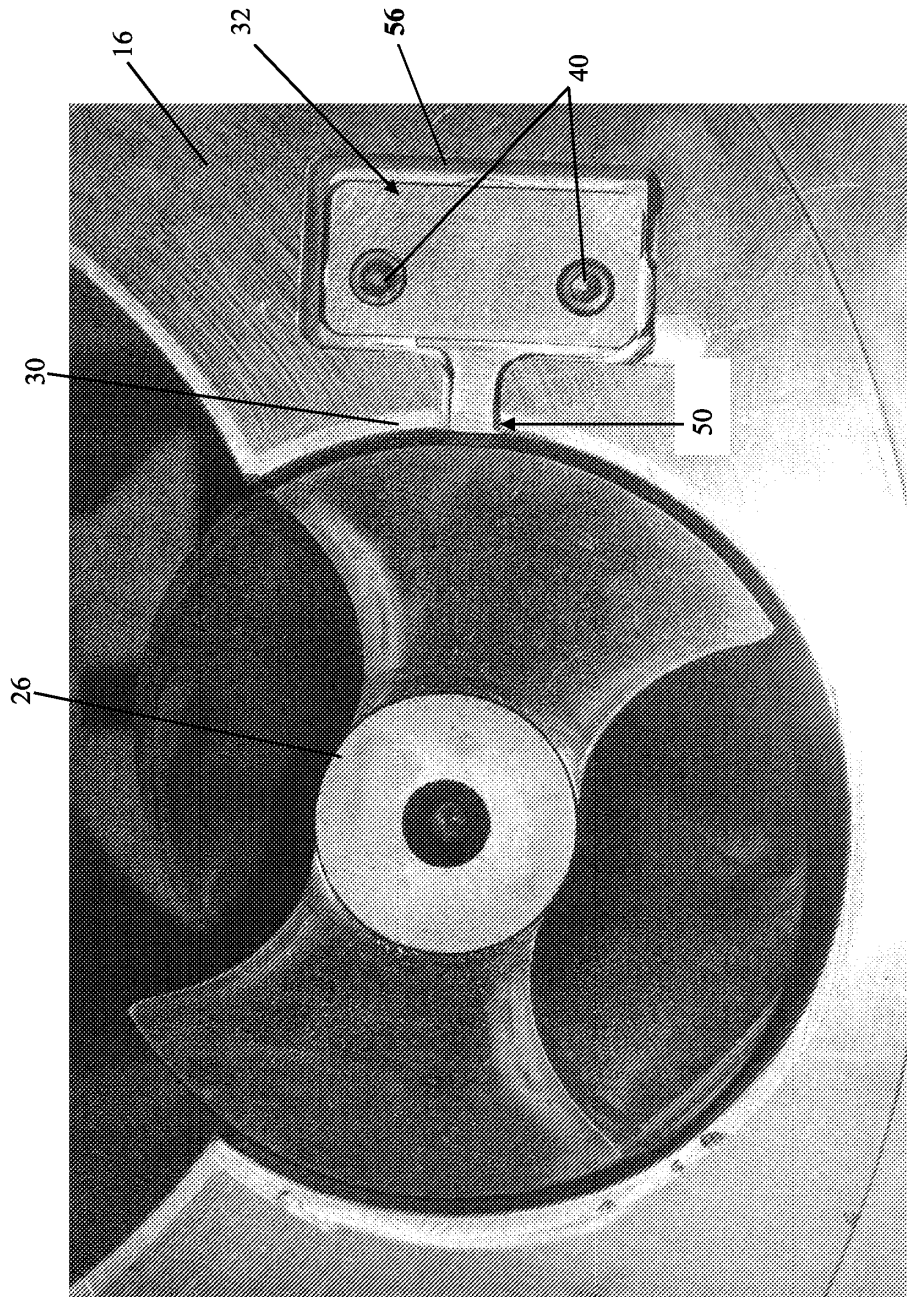


FIG. 7

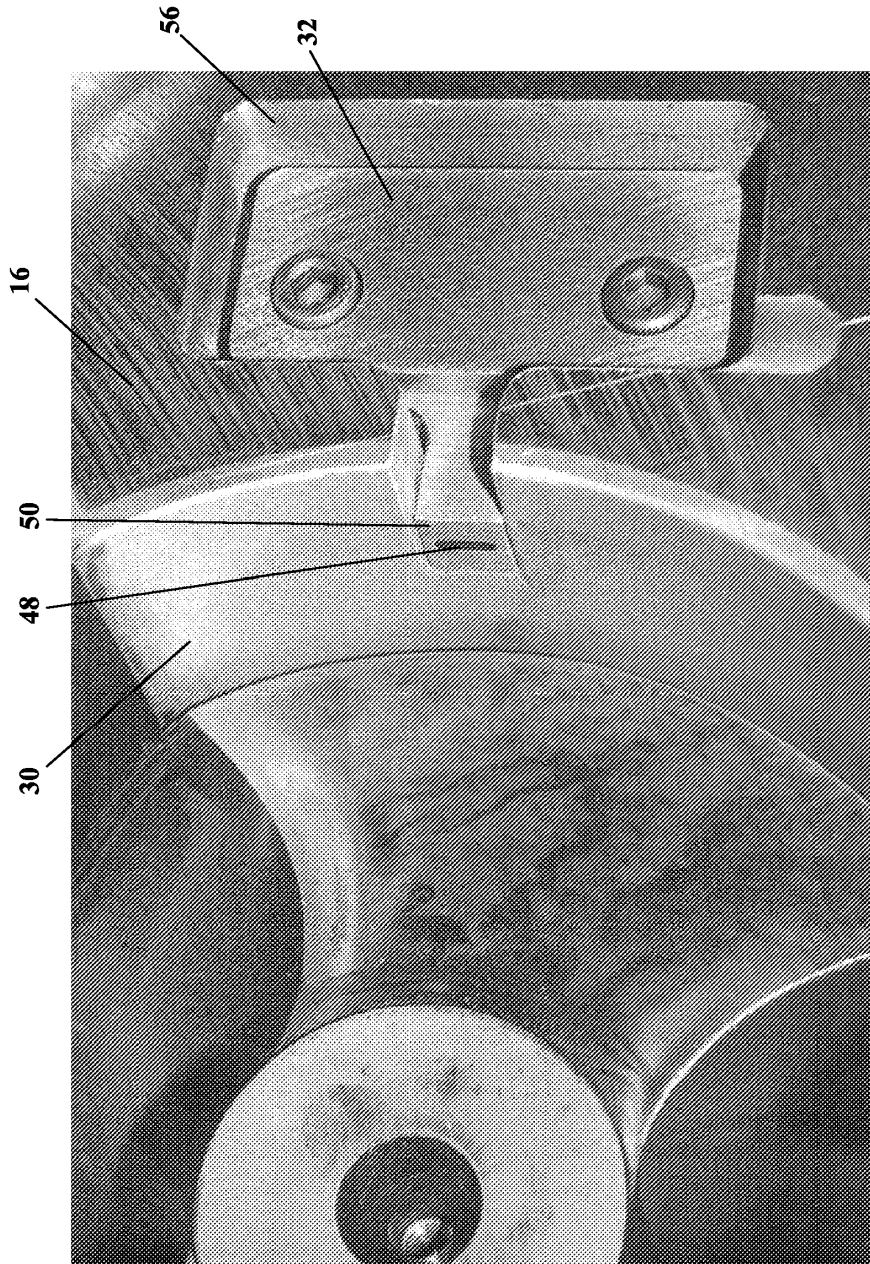


FIG. 8

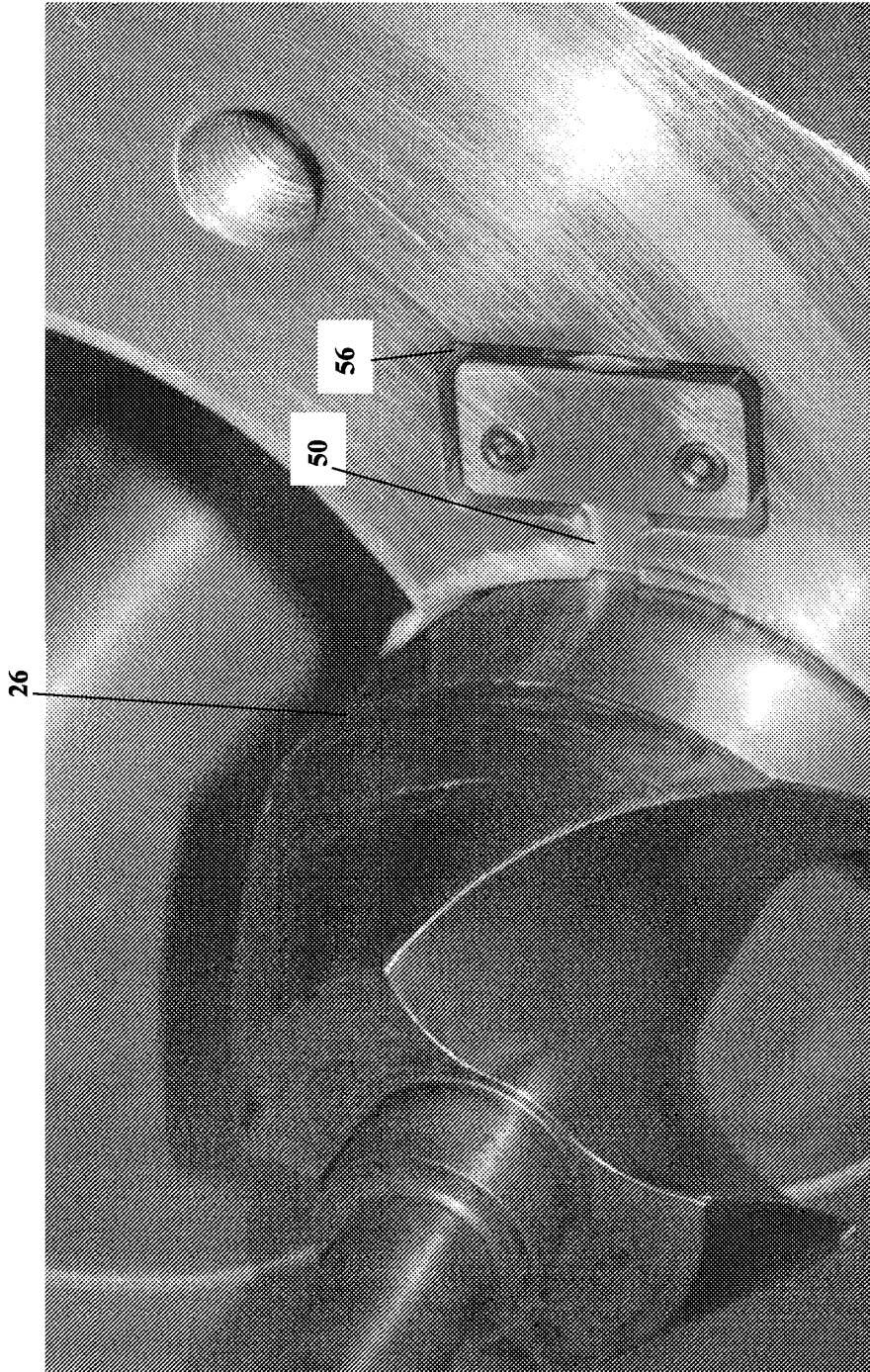


FIG. 9

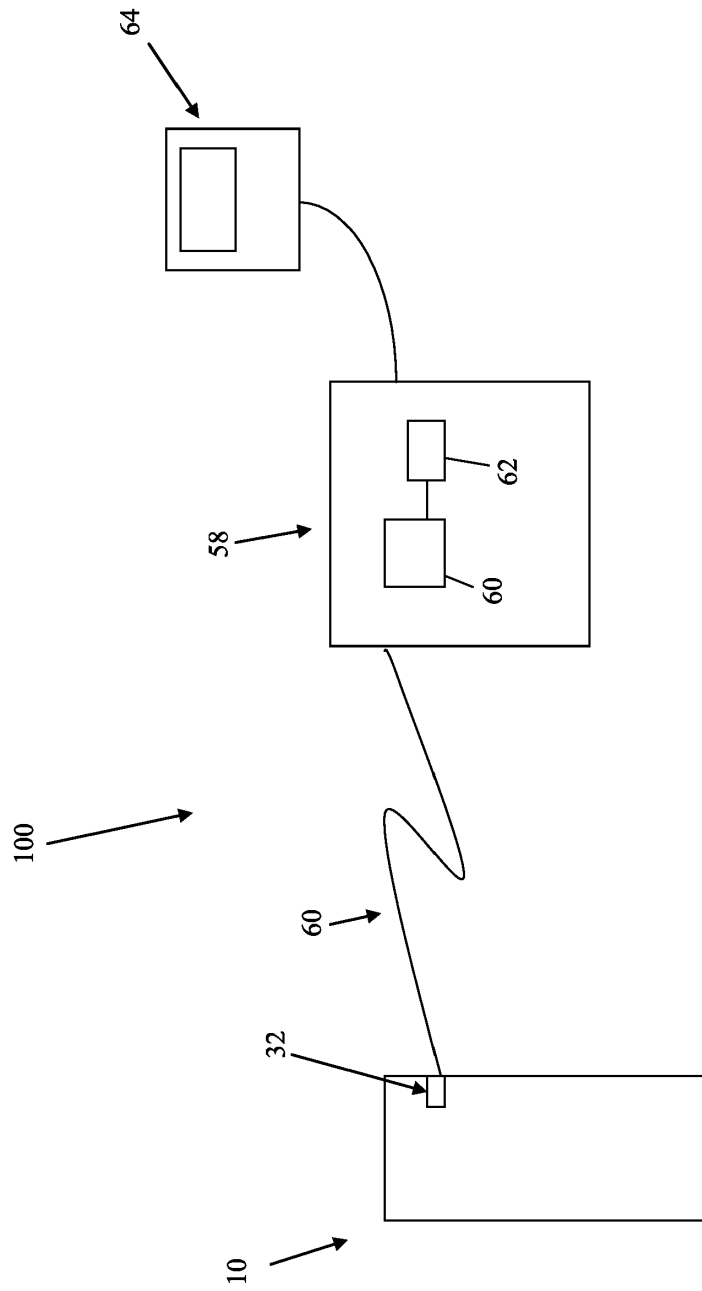


FIG. 10

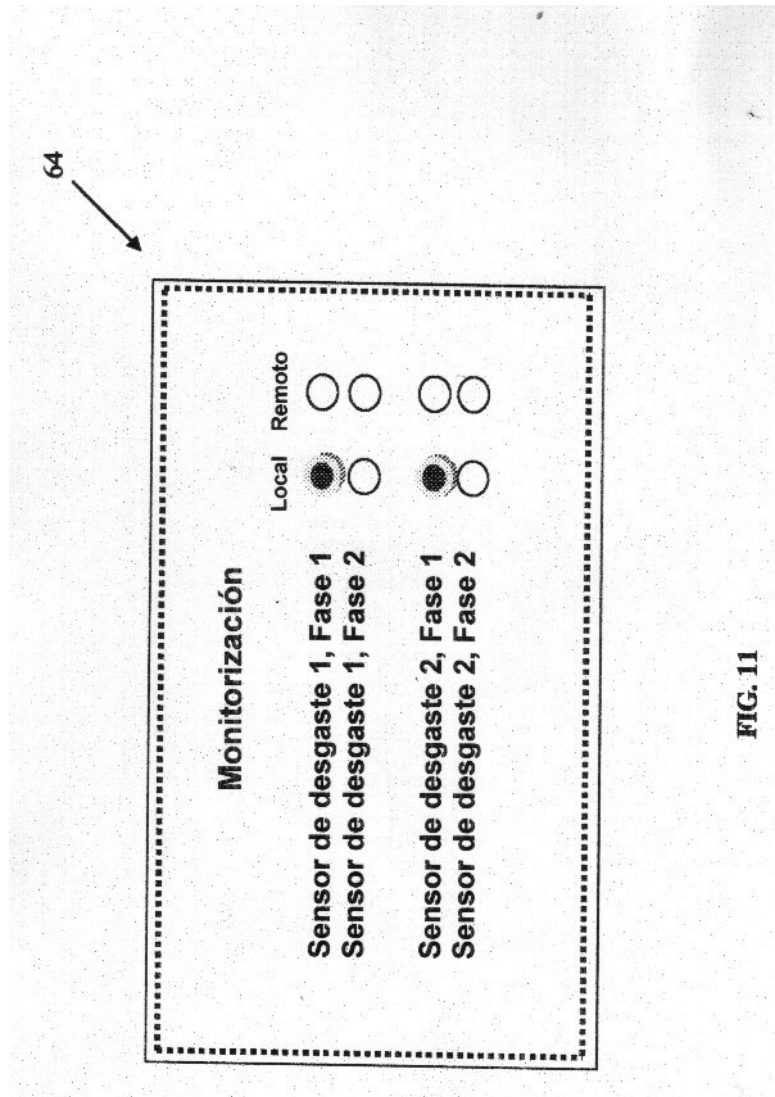


FIG. 11

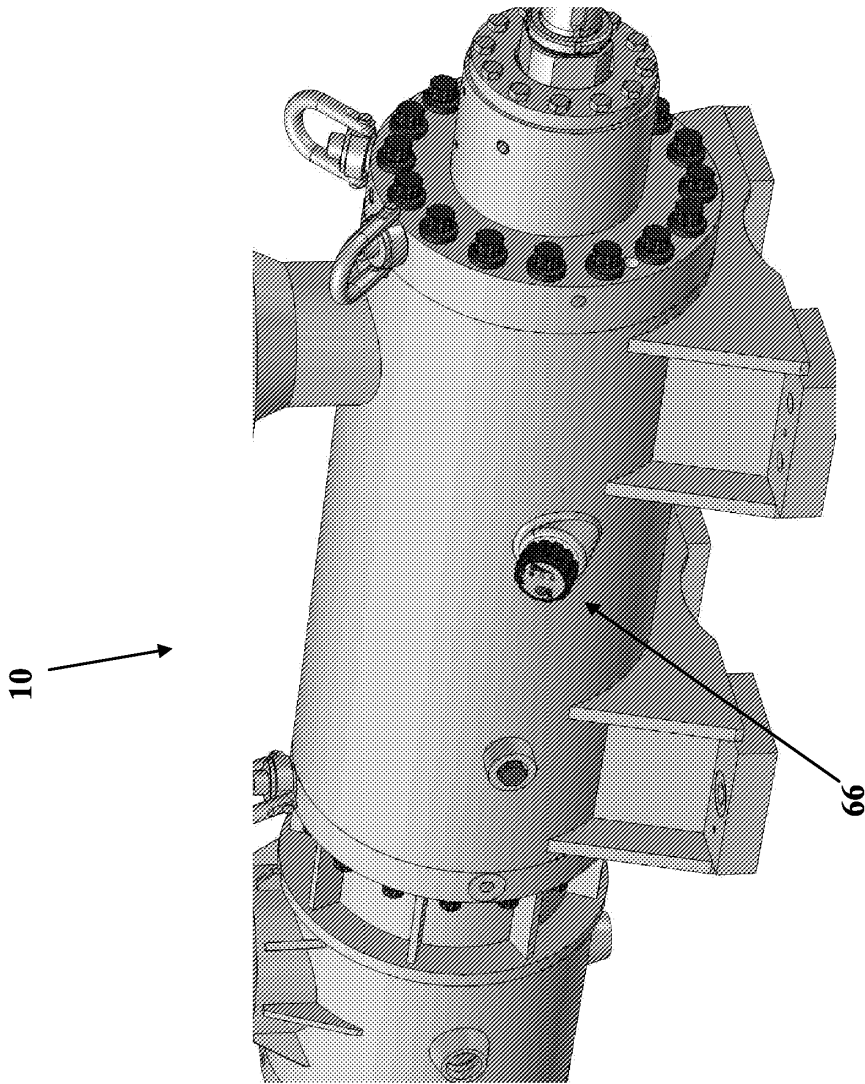


FIG. 12

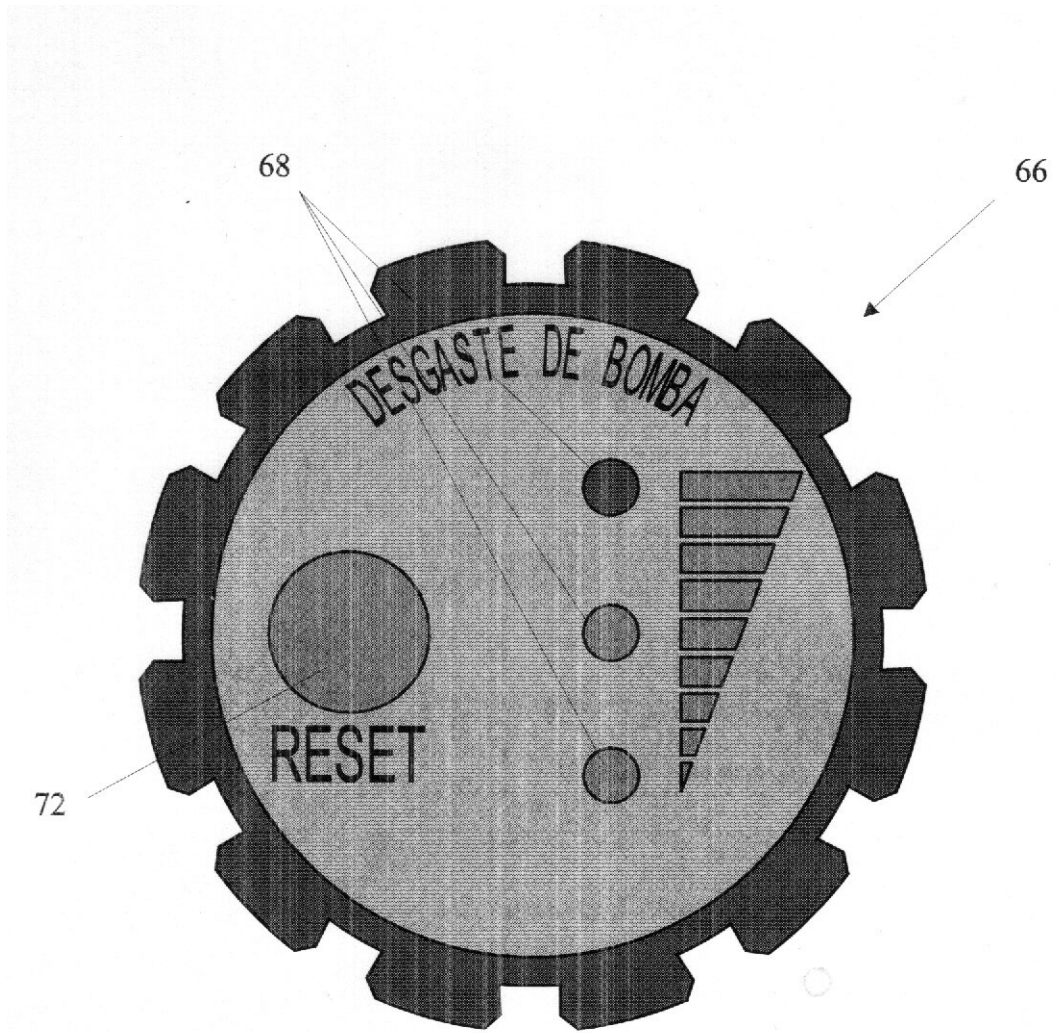


FIG. 13