(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 543 226**

(51) Int. CI.:

B61F 13/00 (2006.01)
B62D 55/12 (2006.01)
B62D 55/24 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2009 E 09829677 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015 EP 2352981**

(54) Título: **Dispositivo para inspección de tuberías y método para utilizar el mismo**

(30) Prioridad:

03.11.2008 US 110870 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.08.2015

(73) Titular/es:

REDZONE ROBOTICS, INC. (100.0%)
484 West Seventh Avenue
West Homestead, Pennsylvania 15210, US

(72) Inventor/es:

ATWOOD, CHRISTOPHER C.;
JUCHNIEWICZ, RICHARD P.;
KRATZER, ERIC;
SLIFKO, ADAM y
JOHNS, PHILIP

(74) Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

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 inspección de tuberías y método para utilizar el mismo

Antecedentes

Esta solicitud describe una invención que se relaciona, de manera general y en diversas realizaciones, con dispositivos utilizados para inspección de tuberías y un método para utilizar el mismo.

La información acerca de tuberías de agua y alcantarillado tiene valor ambiental, civil, y comercial inmenso. Frecuentemente, dichos ambientes tienen espacio limitado y en general son inadecuados para el acceso y trabajo de las personas. En algunos casos, se utilizan sistemas robóticos compactos adaptados con sensores para reunir información asociada con el entorno de la tubería.

Una variedad de circunstancias puede provocar que el desempeño del robot sea menos adecuado. Por ejemplo, como se ilustra en la FIGURA 1, los robots 62 que utilizan ruedas 60 o pistas estrechas encuentran frecuentemente desechos 61 u otros obstáculos en la tubería 59 que el robot 62 es incapaz de navegar o pasar a través de estos. En muchas situaciones, las ruedas 60 o pistas estrechas del robot 62 no entran en contacto con los desechos 61 en el centro de la tubería 59. En dichas situaciones, el robot 62 es incapaz de escalar sobre los desechos 61 y continuar su movimiento.

También, como se ilustra en la FIGURA 2, cuando los robots 62 que utilizan ruedas 60 intentan navegar o pasar a través de desechos 61 duros u otros obstáculos en una tubería, el robot 62 se puede inmovilizar y quedar atrapado en una posición "centrada alta". Una vez la parte frontal del robot 62 se acciona sobre los desechos 61 duros u el obstáculo, las ruedas frontales se levantan frecuentemente y no proporcionan tracción al robot 62. Adicionalmente, como el mayor peso del robot se transfiere directamente a los desechos 61 o el obstáculo, las ruedas traseras no tienen mucho peso aplicado a estas, y de manera general son incapaces de proporcionar suficiente fuerza para crear cualquier movimiento adicional del robot 62 en la tubería 59. Los robots que utilizan pistas estrechas en general experimentan problemas similares cuando los desechos o el obstáculo se posicionan entre las pistas, ya sea en la parte frontal de o por debajo del cuerpo.

Los robots que utilizan un sistema de poleas o pista convencional frecuentemente sufren de atasque del sistema 68 de pista, haciendo por lo tanto el robot inmóvil. Como se muestra en la FIGURA 3, la polea 69 de manera general define una serie continua de dientes y valles alrededor de la circunferencia de la polea, y la pista 70 define una serie continua de dientes y valles que enganchan en forma cooperada con los dientes y valles de la polea. Con esta configuración, el particulado muy pequeño puede provocar grandes problemas. Cualquier particulado que entra al sistema y se asienta en un valle de la polea o la pista puede provocar problemas de engrane entre la pista y la polea una vez el particulado alcanza interfaz de polea-pista. El particulado en el valle funciona para levantar la pista de la polea, poniendo por lo tanto un aumento en la tensión sobre la pista, requiriendo que el motor trabaje más duro y mueva más duro la pista, y provoque potencialmente el atascamiento del sistema de pista.

En muchas configuraciones, los robots compactos utilizados para explorar, navegar, mapear, etc. incluyen un cabrestante montado sobre la parte externa del robot. El cabrestante se utiliza para enrollarse en la correa de sujeción, halando por lo tanto el robot hacia atrás de su posición de partida. En razón a que la correa de sujeción frecuentemente funciona para llevar energía y/o controlar los datos hacia el robot, y los datos del robot hacia un dispositivo externo a la tubería para procesamiento, la correa de sujeción tiende a ser relativamente larga y pesada, agregando por lo tanto tamaño y peso innecesario al robot. Adicionalmente, como se muestra en la FIGURA 4, el eje de arrastre es normalmente un eje de arrastre de fondo plano que facilita el movimiento del cable en solo una dirección. Con el perfil del eje de arrastre plano, la correa de sujeción frecuentemente tiende a caminar hacia un lado y se engancha ya que corre en forma continua.

Para configuraciones de cabrestante montado en la parte externa, tradicionalmente se hace odometría mediante un contador mecánico en contacto con la polea de tal manera que el contador aumenta su conteo con cada revolución de la polea. Con el fin de evitar la corrosión y otros problemas con el contador, el cabrestante requiere normalmente que se utilice un sello para aislar al contador del ambiente en la tubería.

Dejar una tapa de alcantarilla en una posición abierta cualquier cantidad de tiempo mientras que el robot recopila información también puede resultar en que el desempeño del robot sea menor de lo ideal. Dentro de sistemas de tubería subterráneos normales, la temperatura es relativamente constante (por ejemplo, alrededor de 50 grados Fahrenheit), y la humedad es relativamente constante y relativamente alta. Cuando la tapa de una alcantarilla se deja en una posición abierta, el aire frío de la superficie normalmente entra a la tubería, y se puede formar una niebla densa debido a temperatura relativamente alta y humedad del aire que sale en la tubería. La niebla puede ser muy densa lo que puede evitar observación visual apropiada de la pared de la tubería, con lo que se evita que se observen algunos defectos.

El documento US-A-6141810 describe un sistema de limpieza y retiro de lodo y sedimentos móviles que se puede insertar dentro de la tubería de acceso de un tanque de almacenamiento, el aparato incluye un chasís, una bomba conectada al chasís, dos ensambles de pista conectados al chasís que se pueden mover con relación al chasís en el mismo plano que el chasís, pistas movibles que se conectan a cada ensamble de pista para accionar el aparato sobre sedimentos y lodo, y un motor para accionar los ensambles de pista y bomba.

El documento US 2006/0290779 A1 describe un robot de plataforma móvil inspector que se utiliza para inspeccionar una tubería o red de tuberías. El robot incluye un dispositivo de locomoción que permite que el dispositivo progrese automáticamente a través de la tubería y rastreo preciso de su postura y odometría durante movimiento. Las características opcionales incluyen sensores y dispositivos de medición.

El documento WO 2008/076193 A2 describe un rastreador robótico de seguimiento capaz de múltiples movimientos. El rastreador incluye por lo menos una unidad de estructura que tiene una pista continua acoplada en forma giratoria a esta. Se dispone sobre la estructura por lo menos un brazo articulado que se puede mover con relación a la estructura en por lo menos una dimensión.

El documento JP 60 222375A describe un rastreador que tiene rodillos ortogonales y un par de pistas, que se puede mover sobre una superficie inferior curva de una tubería o similares.

Resumen

En un aspecto general, esta solicitud describe un dispositivo. De acuerdo con diversas realizaciones, el dispositivo incluye una parte de sensor y una parte de chasís. La parte de sensor incluye una pluralidad de dispositivos de detección. La parte de chasís se conecta a la parte de sensor e incluye una primera pista y una segunda pista. La segunda pista se posiciona adyacente a la primera pista. La primera y segunda pistas cooperan para cubrir sustancialmente un ancho completo de la parte de chasís.

En otro aspecto general, esta solicitud describe un método para inspeccionar la parte interna de una tubería. El método se implementa mediante un dispositivo. De acuerdo con diversas realizaciones, el método incluye atravesar la tubería, y capturar datos asociados con la tubería mientras que se atraviesa la misma. El dispositivo realiza atravesamiento y captura mientras que se cierra una alcantarilla a través de la cual el dispositivo obtiene acceso a la tubería.

Se pueden implementar aspectos de la invención mediante un dispositivo computarizado y/o un programa de ordenador almacenado en un medio legible por ordenador. El medio legible por ordenador puede comprender un disco, un dispositivo, y/o una señal propagada.

Breve descripción de los dibujos

Se describen aquí diversas realizaciones de la invención por vía de ejemplo en conjunto con las siguientes figuras, en donde similares caracteres de referencia designan los mismos elementos o elementos similares.

La FIGURA 1 ilustra un robot con ruedas convencional;

La FIGURA 2 ilustra un robot con ruedas convencional;

La FIGURA 3 ilustra una disposición de polea-pista dentada convencional de un robot;

La FIGURA 4 ilustra un perfil de eje de arrastre plano de un cabrestante;

La FIGURA 5 ilustra diversas realizaciones de un robot móvil automático;

La FIGURA 6 ilustra un borde externo liso de una pista del robot de la FIGURA 5;

Las FIGURAS 7 y 8 ilustran vistas en explosión de una parte de chasís del robot de la FIGURA 5 de acuerdo con diversas realizaciones;

La FIGURA 9 ilustra una vista en explosión de un primer ensamble de accionamiento de la parte de chasís del robot de la FIGURA 5 de acuerdo con diversas realizaciones;

Las FIGURAS 10 y 11 ilustran ejemplos de pernos de una polea que engancha con una pista;

La FIGURA 12 ilustra una vista en explosión de un sistema de bobina de la parte de chasís del robot de la FIGURA 5 de acuerdo con diversas realizaciones.

La FIGURA 13 ilustra una vista en explosión del ensamble de cabrestante de la parte de chasís del robot de la FIGURA 5 de acuerdo con diversas realizaciones;

La FIGURA 14 ilustra diversas realizaciones de un eje de arrastre del ensamble de cabrestante de la FIGURA 13;

La FIGURA 15 ilustra una vista en explosión de un embrague del ensamble de cabrestante de la FIGURA 13 de acuerdo con diversas realizaciones.

La FIGURA 16 ilustra la relación de un eje de arrastre y un embrague del ensamble de cabrestante de la FIGURA 13 en diversos modos de operación;

La FIGURA 17 ilustra diversas realizaciones de un ensamble de distribución de la parte de chasís del robot de la FIGURA 5; y

Las FIGURAS 18-21 ilustran el robot de la FIGURA 5 en diversas etapas de implementación.

Descripción detallada

Se entiende que por lo menos algunas de las figuras y descripciones de la invención que se han simplificado ilustran elementos que son relevantes para una clara comprensión de la invención, aunque se eliminan, para propósitos de claridad, otros elementos que aquellos expertos comunes en la técnica apreciarán también pueden comprender una parte de la invención. Sin embargo, en razón a que dichos elementos son bien conocidos en la técnica, y en razón a que no facilitan una mejor comprensión de la invención, no se proporciona aquí una descripción de dichos elementos.

La FIGURA 5 ilustra diversas realizaciones de un dispositivo 10. Para propósitos de claridad, se muestra una vista parcial en explosión del dispositivo 10 en la FIGURA 5. Como se explica en mayor detalle aquí adelante, el dispositivo se puede utilizar para navegar, explorar, mapear, etc. diversos ambientes (por ejemplo, tuberías de agua, tuberías de alcantarillado, etc.). Para propósitos de simplicidad, el dispositivo 10 se describirá en el contexto de un robot 10 móvil automático utilizado para inspección de tuberías (por ejemplo, una tubería de alcantarillado). Sin embargo, se apreciará que el dispositivo 10 se puede incorporar en cualquier serie de diferentes tipos de plataformas de inspección, que incluyen dispositivos no automáticos y plataformas de inspección tele-operadas, y se pueden utilizar en una pluralidad de otros ambientes.

El robot 10 móvil automático incluye una parte 12 de sensor y una parte 14 de chasís. La parte 12 de sensor se conecta eléctrica y mecánicamente a la parte 14 de chasís. Como se muestra en la FIGURA 5, el robot 10 móvil automático también puede incluir una parte 16 de elevación que se posiciona entre la parte 12 de sensor y la parte 14 de chasís, y se conecta eléctrica y mecánicamente entre sí. La parte 16 de elevación funciona para aumentar la distancia de la parte 12 de sensor que se sitúa por encima la parte inferior de la tubería, y se puede utilizar en aplicaciones de tubería grandes para proporcionar un punto de ventaja deseado para diversos dispositivos de detección de la parte 12 de sensor. De acuerdo con otras realizaciones, el robot 10 móvil automático no incluye la parte 16 de elevación descrita anteriormente. Los aspectos del robot 10 móvil automático se pueden implementar mediante un dispositivo de ordenador y/o un programa computarizado almacenado en un medio legible por ordenador. El medio legible por ordenador puede comprender un disco, un dispositivo, y/o una señal propagada.

De acuerdo con diversas realizaciones, la parte 12 de sensor incluye una pluralidad de dispositivos de detección (por ejemplo, una cámara, un dispositivo radar, un dispositivo sonar, un dispositivo infrarrojo, un dispositivo láser, etc.) para detectar las condiciones dentro del ambiente, un dispositivo de ordenador conectado en forma comunicada a los dispositivos de detección y que tienen un procesador para procesar información en bruto capturada por los dispositivos de detección, un dispositivo de memoria conectado en forma comunicada al dispositivo de ordenador para almacenar la información en bruto y/o procesada, y el circuito de control se conecta en forma comunicada al dispositivo de ordenador para controlar diversos componentes del robot 10 móvil automático. El dispositivo de memoria también se puede utilizar para almacenar el software que se utiliza por el robot 10 móvil automático para navegar, explorar, mapear, etc. el entorno.

Como se muestra en la FIGURA 5, la parte 14 de chasís incluye una primera pista 18, y una segunda pista 20. De acuerdo con diversas realizaciones, la primera pista 18 es idéntica a la segunda pista 20. La primera y segunda pistas 18, 20 se pueden fabricar de cualquier material adecuado o combinación de materiales, y se pueden fabricar como campanas. De

acuerdo con diversas realizaciones, la primera y segunda pistas 18, 20, se fabrican de polímeros y cauchos sintéticos elásticos unidos, y adicionalmente pueden incluir acero u otros elementos puestos dentro o sobre los cauchos y polímeros para aumentar su resistencia. La primera y segunda pistas 18, 20 cada una define una pluralidad de aberturas 22 a través de estas. Las aberturas 22 pueden tener cualquier forma y tamaño adecuados, y se pueden disponer en cualquier configuración adecuada. Aunque solo se muestran dos filas de aberturas 22 en la FIGURA 5 para cada pista, se entiende que las aberturas 22 se pueden disponer en cualquier serie de filas. La primera pista 18 se posiciona adyacente a la segunda pista 20. Colectivamente, la primera y segunda pistas 18, 20 definen un espacio entre estas, y cubren sustancialmente el "ancho" completo de la parte 14 de chasís. Por ejemplo, de acuerdo con diversas realizaciones, el ancho de la parte de chasís es aproximadamente 100 milímetros, y la primera y segunda pistas 18, 20 cubren colectivamente aproximadamente 92 de los 100 milímetros.

La primera pista 18 define una primera superficie 18a y una segunda superficie 18b (no mostrada) opuesta a la primera superficie 18a. De acuerdo con diversas realizaciones, la primera superficie 18a es la superficie que entra en contacto con una superficie interna de una tubería de alcantarillado cuando el robot 10 móvil automático se utiliza para una aplicación de tubería de alcantarillado. De acuerdo con diversas realizaciones, la primera superficie 18a de la primera pista 18 es sustancialmente lisa. De forma similar, la segunda pista 20 define una primera superficie 20a y una segunda superficie 20b (no mostrada) opuesta a la primera superficie 20a. De acuerdo con diversas realizaciones, la primera superficie 20a es la superficie que entra en contacto con una superficie interna de una tubería de alcantarillado cuando el robot 10 móvil automático se utiliza para una aplicación de tubería de alcantarillado. De acuerdo con diversas realizaciones, la primera superficie 20a de la primera pista 20 es sustancialmente lisa. Las primeras superficies 18a, 20a respectivas de la primera y segunda pistas 18, 20 tienen un coeficiente estático de fricción relativamente alto. Por ejemplo, de acuerdo con diversas realizaciones, el coeficiente estático de fricción de las primeras superficies 18a, 20a respectivas es aproximadamente 1.0. En general, el coeficiente estático de fricción de las primeras pistas 18a, 20a respectivas es aproximadamente 0.8 o más, lo que permite buena adhesión entre las pistas 18, 20 y la superficie interna de la tubería de alcantarillado.

De acuerdo con diversas realizaciones, las segundas superficies 18b, 20b respectivas de la primera y segunda pistas 18, 20 también son sustancialmente lisas. Para dichas realizaciones, las segundas superficies 18b, 20b respectivas pueden tener un coeficiente estático de fricción que es idéntico a aquel de las primeras superficies 18a, 20a respectivas. Para realizaciones en donde las primeras superficies 18a, 20a respectivas y las segundas superficies 18b, 20b respectivas de la primera y segunda pistas 18, 20 son sustancialmente lisas, cuando las primeras superficies respectivas 18a, 20a se desgastan mucho, la primera y segunda pistas 18, 20 se pueden retirar y girar (por ejemplo, la primera pista 18 tienen lugar de la segunda pista 20, y la segunda pista 20 tiene lugar de la primera pista 18). Al tomar esta acción, se ponen en contacto diferentes bordes de la primera y segunda pistas 18,20 con la superficie interna de la tubería de alcantarillado. Al cambiar con cuál ensamble de accionamiento se utilizan la primera y segunda pistas 18, 20, se dobla efectivamente la vida útil de la primera y segunda pistas 18, 20.

La primera y segunda pistas 18,20 se pueden denominar como pistas amplias/de cubrimiento completo. Debido al ancho colectivo de la primera y segunda pistas 18, 20 con relación al ancho de la parte 14 de chasís, la primera y segunda pistas 18, 20 forman colectivamente casi las superficies "frontal", "inferior" y "posterior" completas de la parte 14 de chasís. Sin embargo, cuando el robot 10 móvil automático encuentra cualesquiera desechos o retales dentro de la tubería de alcantarillado, las primeras superficies 18a, 20a de la primera y segunda pistas 18, 20 entran en contacto con los desechos o retales. En contraste a los robots con ruedas y robots de pista angosta, las pistas 18, 20 amplias/de cubrimiento completo se configuran para permitir que el robot 10 móvil automático escale sobre los desechos o retales y continúan desarrollando la inspección, navegación, mapeo, etc. Por ejemplo, en razón a que casi la superficie "frontal" completa del robot 10 móvil automático es una superficie de pista movible, cualesquiera desechos o retales de suficiente tamaño vertical encontrados en la tubería primero golpearán esta superficie de pista movible, y poco o nada golpeará una parte estática de la parte 14 de chasís. También, en razón a que casi la superficie "inferior" completa del robot 10 móvil automático en esta superficie de pista movible, cualesquiera desechos o retales encontrados por debajo del robot 10 móvil automático primero golpearán la superficie de pista movible, y poco o nada golpearán una parte estática de la parte 14 de chasís. Adicionalmente, casi todo el peso del robot 10 móvil automático pasa a través de las pistas 18, 20 amplias/de completo cubrimiento movibles a los desechos o retales encontrados. Por lo tanto, el robot 10 móvil automático se configura para siempre continuar el accionamiento cuando las pistas 18, 20 de cubrimiento completo no pueden girar sin hacer contacto con alguna parte con que reaccione y continúe el accionamiento.

La FIGURA 6 ilustra diversas realizaciones de la primera superficie 18a de la primera pista 18 del robot 10 móvil automático. Como se explicó aquí anteriormente, la primera y segunda pistas 18,20 pueden ser idénticas. Para realizaciones en donde las primeras superficies 18a, 20a de la primera y segunda pistas 18, 20 son sustancialmente lisas, la primera y segunda pistas 18, 20 tienen la única capacidad de cortar a través de depósitos de grasa encontrados en tuberías (por ejemplo, el depósito 67 de grasa mostrado en la tubería 65 en la FIGURA 6), permitiendo por lo tanto movimiento positivo posterior del robot 10 móvil automático. Las primeras superficies 18a, 20a respectivas son largas y lisas, y de manera general tienen el

peso completo del robot 10 móvil automático aplicado a estas. El peso, más el accionamiento continuo de las primeras superficies 18a, 20a respectivas sirve para funcionar como un raspador o rodillo, que corta a través de las capas de grasa hasta que hace contacto con la pared de la tubería. Una vez se hace contacto con la pared de la tubería, el robot 10 móvil automático recupera su tracción, permitiendo por lo tanto que continúe el movimiento e inspección. Las plataformas de movilidad que incluyen pistas que tienen dientes o protuberancias no exhiben esta capacidad. Cada valle dentado actúa como una cámara de recolección para grasa, recogiéndola y metiéndola de nuevo abajo. Para dichas plataformas móviles, la pista nunca alcanza la superficie de la tubería en razón a que la pista no corta a través de la grasa.

Las FIGURAS 7 y 8 ilustran vistas en explosión de la parte 14 de chasís de acuerdo con diversas realizaciones. Para propósitos de claridad, la primera y segunda pistas 18, 20 no se muestran en la FIGURA 7. La parte 14 de chasís incluye un primer ensamble 24 de accionamiento y un segundo ensamble 26 de accionamiento. La parte 14 de chasís también incluye un sistema 27 de bobina (véase FIGURA 12) que incluye un ensamble 28 de cabrestante, un ensamble 59 de distribución (Véase FIGURA 12), y un ensamble 59 de huso (Véase FIGURA 12). Para propósitos de claridad, el ensamble 59 de distribución y el ensamble 59 de huso no se muestran en la FIGURA 7 o FIGURA 8. El sistema 27 de bobina y sus componentes se describirá en mayor detalle aquí adelante. Como se muestra en la FIGURA 8, la parte 14 de chasís también puede incluir una o más baterías 30 utilizadas para proporcionar energía a la parte 14 de chasís y la parte 12 de sensor. La ubicación de las baterías 30 y el diseño del panel entre el cual se sellan las baterías 30 permite retiro rápido de la batería y reemplazo según sea necesario. La parte 14 de chasís incluye adicionalmente circuitos de control conectados en forma comunicada al primer y segundo ensambles 24, 26, de accionamiento y el sistema 27 de bobina. Los circuitos de control funcionan para controlar inteligentemente la fuerza y velocidad rotacional del primer y segundo ensambles 24, 26, de accionamiento el ensamble 28 de cabrestante, y otros componentes del sistema 27 de bobina.

La FIGURA 9 ilustra una vista en explosión del primer ensamble 24 de accionamiento de acuerdo con diversas realizaciones. De acuerdo con diversas realizaciones, el segundo ensamble 26 de accionamiento es idéntico al primer ensamble 24 de accionamiento. Como se muestra en la FIGURA 9, el primer ensamble 24 de accionamiento incluye un motor 32 de accionamiento (y tren de engrane de reducción de velocidad), y una polea 34 de accionamiento acoplada al motor 32. La polea 34 de accionamiento incluye una pluralidad de pernos 36 (por ejemplo, protuberancias) que se extienden hacia afuera desde una superficie de la polea 34 de accionamiento. Los pernos 36 pueden tener cualquier forma y tamaño adecuado, y se pueden disponer en cualquier configuración adecuada alrededor de la circunferencia de la polea 34 de accionamiento. De acuerdo con diversas realizaciones, la polea 34 de accionamiento define ranuras y canales profundos alrededor de la circunferencia de la polea que funcionan para permitir adicionalmente que cualquier particulado restante se retire, evitando por lo tanto el atascamiento de la primera pista 18. Se puede posicionar una ranura o canal dado entre las filas de pernos 36, adyacentes a una fila dada de pernos 36, etc. Aunque solo se muestran dos filas de pernos 36 en las FIGURAS 9 y 10, se apreciará que los pernos 36 se pueden disponer en cualquier serie de filas. En general, las disposiciones de los pernos 36 y las aberturas 22 son compatibles de tal manera que cuando la primera pista 18 gira alrededor de la parte 14 de chasís (es decir, alrededor del ensamble 24 de accionamiento, hacia el ensamble 28 de cabrestante, alrededor del ensamble 28 de cabrestante, y hacia atrás del ensamble 24 de accionamiento) los pernos 36 de la polea 34 de accionamiento se enganchan con aberturas 22 sobre la primera pista 18.

Ejemplos de dicho enganche se muestran en la FIGURA 11. Como se muestra en la FIGURA 11, cuando los pernos 36 de la polea 34 de accionamiento se enganchan con las aberturas 22 definidas por la primera pista 18, la rotación de la polea 34 de accionamiento en la dirección “A” provoca que la primera pista 18 gire en la dirección “A”, moviendo por lo tanto el robot 10 hacia adelante. En la configuración de accionamiento con pernos, no existen valles dentados pequeños para particulados para recolectar y permanecer posicionados. Cualquier particulado que acaba en la polea 34 de accionamiento o la superficie interna de la primera pista 18 puede funcionar a través de las aberturas 22 en la primera pista 18 en donde se engranan los pernos 36. Por lo tanto, la primera y segunda pistas 18, 20 se puede considerar que son pistas de auto-limpieza.

Debido a los ensambles 24, 26 de accionamiento descritos anteriormente y las pistas 18, 20 amplias/de cubrimiento completo de auto-limpieza del robot 10 móvil automático, se requiere la limpieza de la tubería tradicional antes del despliegue de los robots con ruedas y no puede ser necesaria la de los robots de pista angosta antes del despliegue del robot 10 móvil automático.

La FIGURA 12 ilustra una vista en explosión del sistema 27 de bobina de acuerdo con diversas realizaciones. El sistema 27 de bobina incluye el ensamble 28 de cabrestante, el ensamble 59 de distribución, y el ensamble 59 de huso, todos acoplados por medio de una correa 38 de sujeción (Véase FIGURA 14). Para propósitos de claridad, el ensamble 28 de cabrestante y la correa 38 de sujeción no se muestran en la FIGURA 12. Cuando el robot 10 es automático, la correa 38 de sujeción no necesita llevar ninguna energía y/o datos, y sirve esencialmente como un salvavidas. Como resultado, la correa 38 de sujeción puede ser mucho más pequeña que la correa de sujeción comparable que se utiliza para llevar energía y/o datos a un robot. De acuerdo con diversas realizaciones, la correa 38 de sujeción se hace de una fibra sintética trenzada, pero en otras realizaciones se puede hacer como un monofilamento o trenza de plástico o cualquier otro material adecuado.

Las características mecánicas principales de la correa 38 de sujeción pueden incluir estiramiento menor bajo carga (para minimizar el error de medida de distancia), alta resistencia a la rotura (para permitir extracción de emergencia del robot 10 móvil automático en el evento que se encaje o atrape arrastrándolo fuera de la tubería a través de un dispositivo de energía externa o manual), radio pequeño de curvatura y baja susceptibilidad a torceduras (para fácil movimiento de la correa 38 de sujeción dentro y fuera del robot 10 móvil automático), alta resistencia química y ambiental (cuando el entorno de la tubería sea frecuentemente corrosivo, ácido, básico, salino, o posee otras características peligrosas y el ambiente libre pose alta radiación ultravioleta y temperaturas extremas), y alta resistencia al desgaste (para minimizar pérdida de resistencia debido a manipulación y roce de los componentes de la tubería o robot 10 móvil automático). Como se describe en mayor detalle aquí adelante, la correa 38 de sujeción puede tener una cola de tigre protectora conectada a esta, y también puede tener una barra de cola de tigre conectada a esta.

El ensamble 59 de huso comprende un huso de correa 40 de sujeción, un motor 42 de accionamiento (y un tren de engrane de reducción de velocidad) conectado al huso de correa 40 de sujeción, y un sistema 58 de nivel eólico. Cuando la correa 38 de sujeción avanza el sistema 59 de distribución, la correa 38 de sujeción hace contacto con el sistema 58 de eólico 58 mientras pasa a través de esta, y se envuelve múltiples veces alrededor del huso de la correa 40 de sujeción. La longitud de la correa 38 de sujeción se envuelve alrededor del huso de la correa 40 de sujeción lo que se reduce cuando el robot 10 avanza. El sistema 58 de enrollado funciona para poner la correa 38 de sujeción en el huso de la correa 40 de sujeción en una forma uniforme, evitando por lo tanto que la correa 38 de sujeción salte en solo una ubicación en el huso de la correa 40 de sujeción.

La FIGURA 13 ilustra una vista en explosión del ensamble 28 de cabrestante de acuerdo con diversas realizaciones. El ensamble 28 de cabrestante incluye un motor 44 de accionamiento (y un tren de engrane de reducción de velocidad), un tambor 46 de cabrestante, y un embrague 48. El tambor 46 de cabrestante se acopla a través del embrague 48 al motor 44. El motor 44 puede tener un torque mayor que el del motor 42. El robot 10 puede utilizar el ensamble 28 de cabrestante para realizar auto-extracción de emergencia. El ensamble 28 de cabrestante también se puede utilizar para permitir que el robot 10 se levante por sí mismo fuera de una tubería dada al final de una inspección, exploración, mapeo, etc. Cuando la correa 38 de sujeción entra en el robot 10, la correa 38 de sujeción se envuelve múltiples veces alrededor del cabrestante 46 (por ejemplo, por dos, tres, o cuatro bucles) y está de manera general bajo una tensión constante entre el huso de la correa 40 de sujeción y el cabrestante 46 a través de la fuerza proporcionada por el motor 42. Como se muestra en la FIGURA 14, el cabrestante 46 define un perfil curvo (cuando se opone a un perfil plano o cónico) que funciona para evitar que la correa 38 de sujeción escale sobre sí mismo y se enrede.

La FIGURA 15 ilustra una vista en explosión del embrague 48 de acuerdo con diversas realizaciones. El embrague 48 incluye una leva de accionamiento 50, primeras y segundas teclas de accionamiento 52, y una carcasa 54. Cuando el robot 10 móvil automático avanza, la correa 38 de sujeción sale de la parte 14 de chasís por medio de diversas vueltas alrededor del cabrestante 46. Cualquier movimiento de la correa 38 de sujeción provoca que el cabrestante 46 gire, y cualquier otra parte del robot 10 móvil automático se conecta a la correa 38 de sujeción. Al desconectar el motor 44 del cabrestante 46 cuando el robot 10 móvil automático se mueve hacia adelante, el cabrestante 46 es libre de girar por sí mismo y el motor 44 permanece estacionario. Si el motor 44 siempre se conecta al cabrestante 46, se impulsaría de nuevo por la correa 38 de sujeción que sale del chasís 14, lo que resulta en alta resistencia parásita. Para lograr este desenganche, y la resistencia parásita inferior resultante sin actuadores adicionales, el motor 44 gira en una dirección lo que provoca que la leva de accionamiento 50 y sus pasadores 57 succionen las teclas de accionamiento 52 radialmente hacia adentro y dentro del diámetro externo del embrague carcasa 54. Cuando el robot 10 móvil automático se mueve hacia atrás y/o recupera la correa de sujeción fuera del robot móvil automático 10, el motor 44 gira en la dirección opuesta. Esto provoca que la leva de accionamiento 50 empuje las teclas de accionamiento 52 radialmente hacia afuera, el diámetro externo de la carcasa 54 y en las ranuras (no mostradas) del cabrestante 46. Una vez las teclas 52 están en las ranuras del cabrestante 46, la rotación continúa del motor 44 resultará en rotación del cabrestante 46 y recuperación de energía de la correa 38 de sujeción fuera del robot 10 a su parte interna. La FIGURA 16 ilustra la relación del cabrestante 46 y el embrague 48 en diversos modos de operación, con el cabrestante 46 enganchado, con el cabrestante 46 desenganchado, y con el cabrestante 46 desenganchado.

La FIGURA 17 ilustra diversas realizaciones del ensamble 59 de distribución. El ensamble 59 de distribución incluye un imán 56 codificador, un rodillo 71, y un chip 72 codificador. Cuando la correa 38 de sujeción sale del tambor 46 de cabrestante del ensamble 28 de cabrestante en la dirección del ensamble 59 de huso, la correa 38 de sujeción se envuelve alrededor del rodillo 71 (por ejemplo, se envuelve una vez alrededor del rodillo) antes de que la correa 38 de sujeción avance al ensamble 59 de huso. El imán 56 codificador se acopla al rodillo 71 y se utiliza por el robot 10 móvil automático para realizar odometría o medición de posición. Como se describe en mayor detalle aquí adelante, la correa 38 de sujeción se ancla a la alcantarilla de inserción y se extrae del robot 10 móvil automático cuando el robot 10 móvil automático avanza mientras se inspecciona una tubería objetivo. Cuando la correa 38 de sujeción entra o sale de la parte 14 de chasís, el movimiento de la correa 38 de sujeción gira el rodillo 71 que se envuelve alrededor. Por lo tanto, el movimiento y posición lineal absoluta del robot 10 móvil

automático dentro de la tubería se puede medir al contar el número de giros del rodillo 71 por medio de su imán 56 acoplado. Cuando el imán 56 gira, su campo magnético gira y se puede medir esa rotación por medio del chip 72 codificador, incluso a través de la pared sólida de la parte 14 de chasís entre estos. El mecanismo de distribución sin contacto no tiene sello de eje que se pueda desgastar o fallar o que pueda provocar resistencia parásita al movimiento de la correa 38 de sujeción.

En contraste a sistemas tradicionales en donde la correa de sujeción se extrae a través de la tubería de una rueda externa a la tubería, el robot 10 móvil automático pone la correa 38 de sujeción estáticamente en la tubería inspeccionada del robot 10 móvil automático. Por lo tanto, el robot 10 móvil automático experimenta mucho menos arrastre de su correa 38 de sujeción que los sistemas tradicionales, lo que resulta en aumento de la movilidad y capacidad en la tubería de inspección. El robot 10 móvil automático es de manera general libre de arrastre de la correa de sujeción con relación a los temas de arrastre y enganche, permitiendo que el robot 10 móvil automático tenga igual o mejor movilidad que las plataformas de inspección tradicionales, mientras que tiene un perfil físico más pequeño & más ligero y menor consumo de energía.

De acuerdo con diversas realizaciones, el robot 10 tiene aproximadamente 500 milímetros de longitud, aproximadamente 120 milímetros de ancho, y aproximadamente 125 milímetros de alto. El tamaño físico relativamente compacto del robot 10, cuando se combina con el sistema de accionamiento descrito aquí anteriormente, permite que el robot 10 derribe los obstáculos que una plataforma más grande permitiría cruzar. De acuerdo con diversas realizaciones, el robot 10 es a prueba de agua (por ejemplo, IP68 o mejor, y presurizado positivamente) ya que se puede accionar a través de convexidades de tuberías inundadas y se desinfecta fácilmente mediante inmersión en una solución de limpieza después de uso. De acuerdo con diversas realizaciones, el área de almacenamiento de bobina, área de medición de distribución, y todos los pasajes que conducen a y desde no se sellan y se inundan cuando el robot 10 se sumerge. Para dichas realizaciones, el resto del robot 10, que incluye las partes internas de la parte 14 de chasís y la parte 12 de sensor, se aísla del ambiente externo a través de una combinación de anillos o, sello de eje, y/o compuestos curados.

Las FIGURAS 18-21 ilustran el robot 10 móvil automático en diversas etapas de despliegue. El robot 10 móvil automático se puede hacer bajar a través de una alcantarilla para ganar acceso a la tubería que necesita inspección. De acuerdo con diversas realizaciones, un soporte de robot (por ejemplo, un anclaje en chimenea) se asegura en la chimenea, y la correa 38 de sujeción se acopla al soporte de robot, acoplando por lo tanto el robot 10 móvil automático al soporte de robot. El robot 10 móvil automático luego se hace descender a la parte inferior de la alcantarilla y se pone en la parte frontal de la tubería que se va a inspeccionar. De acuerdo con diversas realizaciones, el robot 10 móvil automático se pone por medio de un poste de despliegue telescópico. El robot 10 puede permanecer en un modo de espera hasta algún momento después que se cierra la alcantarilla o puede iniciar su inspección inmediatamente. Por ejemplo, un temporizador interno del robot 10 se puede fijar para activar el proceso de inspección en un futuro o tiempo óptimo. En inspección inmediata o retardada, la alcantarilla se puede cerrar una vez el robot 10 se hace bajar, lo que permite que el tráfico en circulación reanude el flujo normal mientras ocurre la inspección. El equipo luego es capaz de dejar el sitio y empezar otro despliegue en otro sitio con un segundo robot 10 móvil automático, aumentando por lo tanto la productividad del equipo.

Para casos en donde la tapa de la alcantarilla está en la posición cerrada durante la inspección, el ambiente de tubería se aísla del ambiente de la superficie. Al cerrar la alcantarilla después de que el robot 10 ha bajado, se limita la cantidad de aire frío de la superficie que entra a la tubería que se inspecciona, y la cantidad de niebla producida por el aire frío de la superficie se limita de forma similar. También, al retrasar el inicio de la inspección hasta algún periodo después que se cierra la alcantarilla, cualquier niebla producida inicialmente por el aire frío de la superficie se puede dispersar, proporcionando por lo tanto el robot 10 móvil automático con mejores condiciones de inspección en la tubería. Adicionalmente, al retrasar el inicio de la inspección para realizar la inspección en un momento óptimo (por ejemplo, a mitad de la noche cuando los niveles de agua son de manera general más bajos), la mayor parte de las superficies de tubería se pueden registrar visualmente y por lo tanto se observan más defectos en análisis posterior.

Se puede instalar un sistema de cola de tigre alrededor de la correa 38 de sujeción. El sistema de cola de tigre incluye un manguito, y una barra u otro elemento acoplado al manguito. Una vez el robot 10 se hace bajar a la tubería y comienza a avanzar, el manguito funciona para evitar que la correa 38 de sujeción se deshilache debido al contacto con un borde de la tubería en donde la parte inferior de la chimenea encuentra la abertura de la tubería. El manguito se puede fabricar a partir de cualquier material adecuado (por ejemplo, plástico), y la correa 38 de sujeción pasa a través de este. La barra u otro elemento es de manera general perpendicular al manguito, tiene una longitud que es mayor que el diámetro de la tubería, y funciona para posicionar apropiadamente el manguito con relación a la abertura de la tubería. En contraste con la instalación tradicional por un elemento del equipo en el borde de la abertura de la tubería, el sistema de cola de tigre se auto instala. Cuando el robot 10 avanza dentro de la tubería, el manguito se extrae en su lugar y la barra se extrae a través de la abertura de la tubería, asegurando por lo tanto el manguito en su lugar sin la ayuda de un elemento del equipo.

Una vez se completa la inspección de la tubería, el ensamble 28 de cabrestante se puede utilizar para hacer retornar el robot 10 hacia atrás de la alcantarilla de partida, en donde el ensamble 28 de cabrestante luego funciona para levantar automáticamente el robot 10 fuera de la parte inferior de la alcantarilla y dentro de la chimenea en donde cuelga hasta que se recupera. Al retirarla por sí misma de la tubería y la parte inferior de la alcantarilla, el robot 10 se retira por sí mismo como un impedimento potencial para que fluya dentro de la tubería y la alcantarilla. La recuperación del robot 10 puede tener lugar en cualquier momento posterior, a conveniencia del equipo, y es un asunto simple de abertura de la alcantarilla y levanta el robot 10 suspendido en espera al retirar el soporte. De acuerdo con otras realizaciones, el robot 10 móvil automático se puede accionar hacia atrás de la alcantarilla de partida mientras que se recupera la correa 38 de sujeción y espera en la parte inferior de la alcantarilla para que el equipo regrese. Para dichas realizaciones, el equipo puede recuperar el robot 10 al retirar el soporte y luego utilizar el poste de despliegue telescópico para levantar el robot 10 fuera de la alcantarilla.

Nada en la descripción anterior significa que limita la invención a cualesquiera materiales, geometría, u orientación específica de elementos. Se contemplan muchas sustituciones de partes/orientación dentro del alcance de la invención y serán evidentes para aquellos expertos en la técnica.

Las realizaciones descritas aquí se presentan solo por vía de ejemplo y no se deben utilizar para limitar el alcance de la invención.

Reivindicaciones

1. Un dispositivo (10), que comprende:

- una parte (12) de sensor, en donde la parte de sensor comprende una pluralidad de dispositivos de detección;

- una parte (14) de chasís conectada a la parte (12) de sensor, en donde la parte (14) de chasís comprende una primera pista (18) y una segunda pista (20), dicha primera pista y dicha segunda pista tienen, cada una, un ancho predeterminado, por lo que dicha primera pista (18) se posiciona adyacente a dicha segunda pista (20) y paralela a la misma

caracterizado porque

el ancho colectivo de dicha primera pista (18) y de dicha segunda pista (20) cubre sustancialmente el ancho completo de dicha parte (14) de chasís de tal manera que la primera y segunda pistas forman colectivamente sustancialmente la estructura frontal, inferior y posterior completa de la parte de chasís.

2. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la pluralidad de dispositivos de detección comprende por lo menos uno de los siguientes:

- una cámara;
- un dispositivo radar;
- un dispositivo sonar;
- un dispositivo infrarrojo; y
- un dispositivo láser.

3. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la primera pista (18) define una primera pluralidad de aberturas (22) a través de esta, y en que la segunda pista (20) define una segunda pluralidad de aberturas (22) a través de esta.

4. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque por lo menos una superficie de la primera pista (18) es sustancialmente lisa, y en que por lo menos una superficie de la segunda pista (20) es sustancialmente lisa.

5. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la parte (14) de chasís comprende adicionalmente:

- un primer ensamble (24) de accionamiento, en donde el primer ensamble de accionamiento está en contacto con la primera pista (18); y

- un segundo ensamble (26) de accionamiento posicionado adyacente al primer ensamble (24) de accionamiento, en donde el segundo ensamble (26) de accionamiento está en contacto con la segunda pista (20).

6. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque el primer ensamble (24) de accionamiento comprende:

- un motor (32);

- un tren de engranaje de reducción de velocidad conectado al motor; y

- una polea (34) de accionamiento conectada al tren de engranaje de reducción de velocidad.

7. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la polea (34) de accionamiento define una pluralidad de pernos (36).

8. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la polea (34) de accionamiento define por lo menos una ranura alrededor de una circunferencia de la polea de accionamiento.

9. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque por lo menos una ranura se posiciona entre un primer perno definido por la polea (34) de accionamiento y un segundo perno definido por la polea de accionamiento.

10. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque la pluralidad de pernos (36) se configuran para acoplarse con una pluralidad de aberturas (22) definidas por la primera pista (18).

11. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende adicionalmente una parte de elevación (16) conectada a la parte (12) de sensor y la parte (14) de chasís.

12. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la parte (14) de chasís comprende:

- una correa (38) de sujeción;

- un ensamble (28) de cabrestante en contacto con la correa (38) de sujeción;

- un ensamble (59) de distribución en contacto con la correa (38) de sujeción;

- un ensamble de huso en contacto con la correa (38) de sujeción.

13. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque el ensamble de cabrestante comprende:

- un motor (44) de accionamiento;

- un embrague (48); y

- un tambor (46) de eje de arrastre en contacto con la correa (38) de sujeción y acoplado al motor (44) de accionamiento por medio del embrague (48).

14. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque el ensamble (59) de distribución comprende:

- un imán (56) codificador;

- un rodillo (71) en contacto con la correa (38) de sujeción y acoplado magnéticamente al imán (56) codificador; y

- un chip (72) codificador acoplado magnéticamente al imán (56) codificador.

15. Un dispositivo (10) de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque el ensamble de huso comprende:

- un motor (42) de accionamiento;

- un sistema (58) de nivel eólico en contacto con la correa (38) de sujeción; y

- un huso (40) de correa de sujeción en contacto con la correa (38) de sujeción y acoplado al motor (42) de accionamiento.

FIG.1

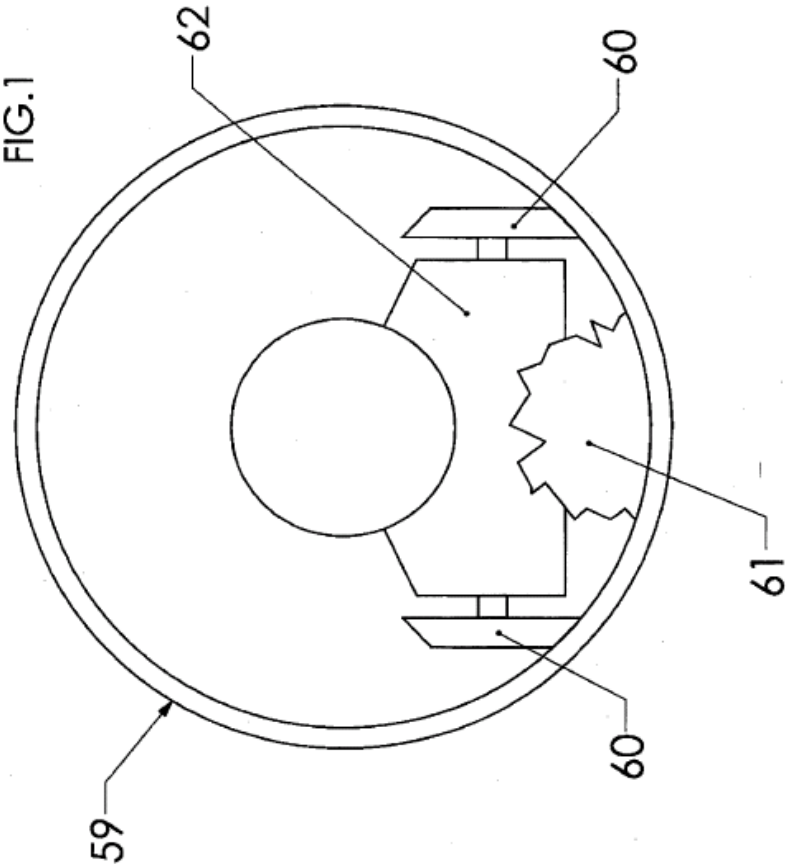
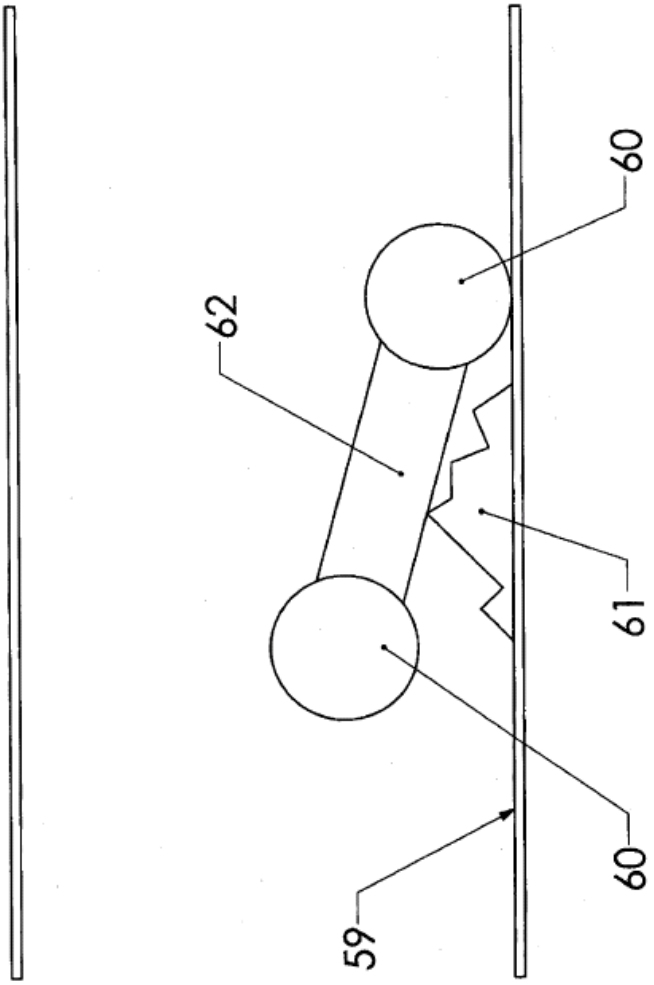


FIG.2



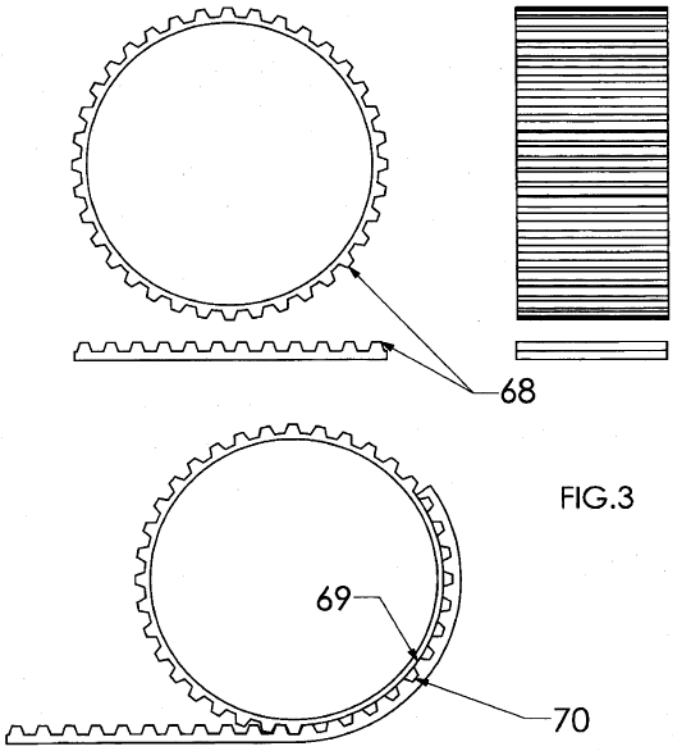


FIG.3

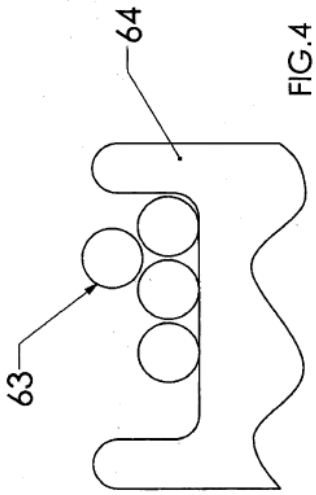


FIG.4

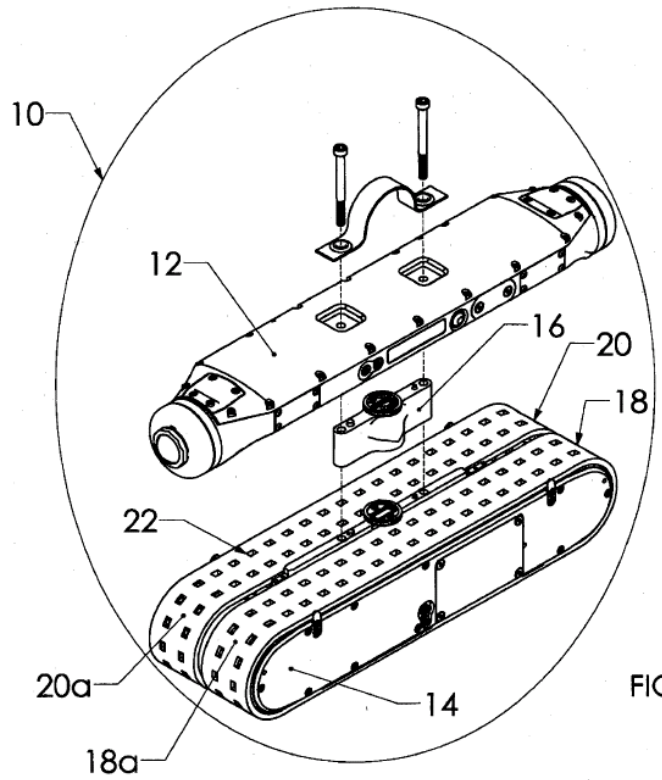


FIG.5

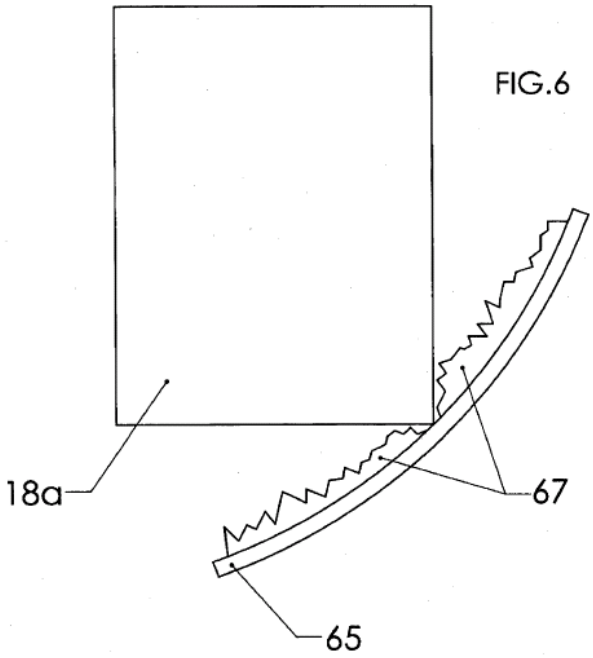


FIG.6

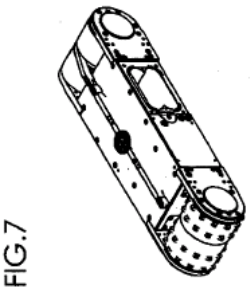
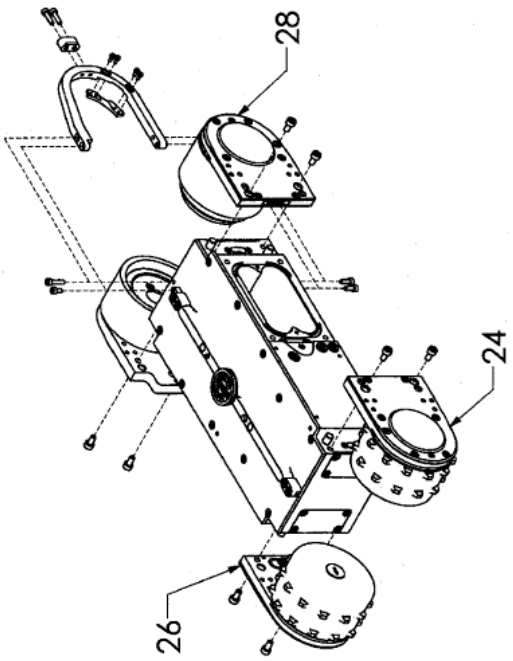


FIG.7



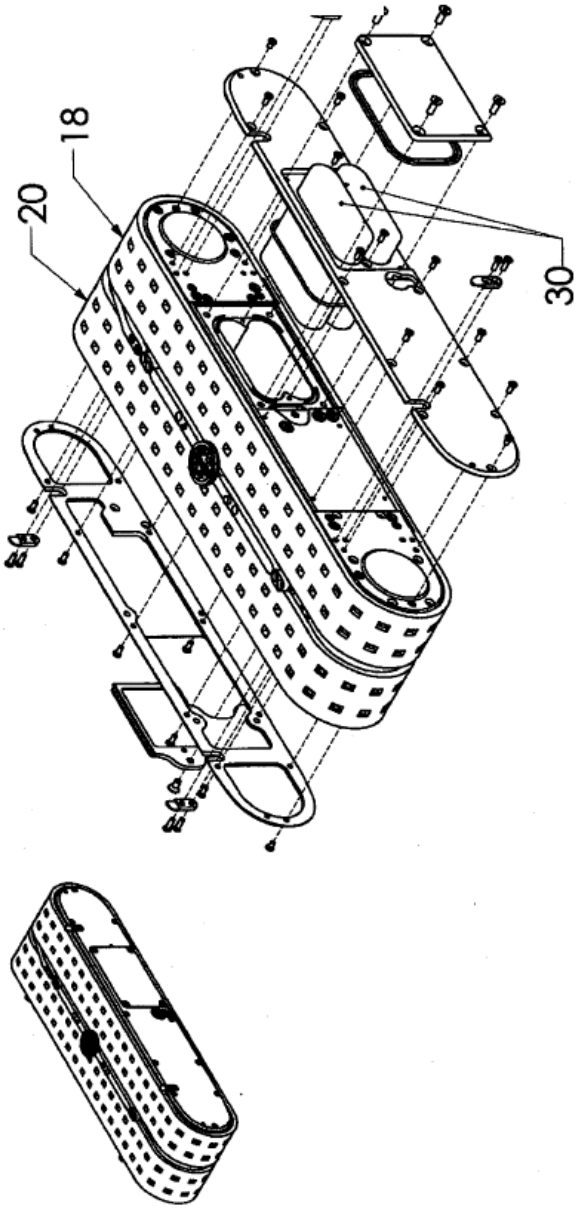


FIG.8

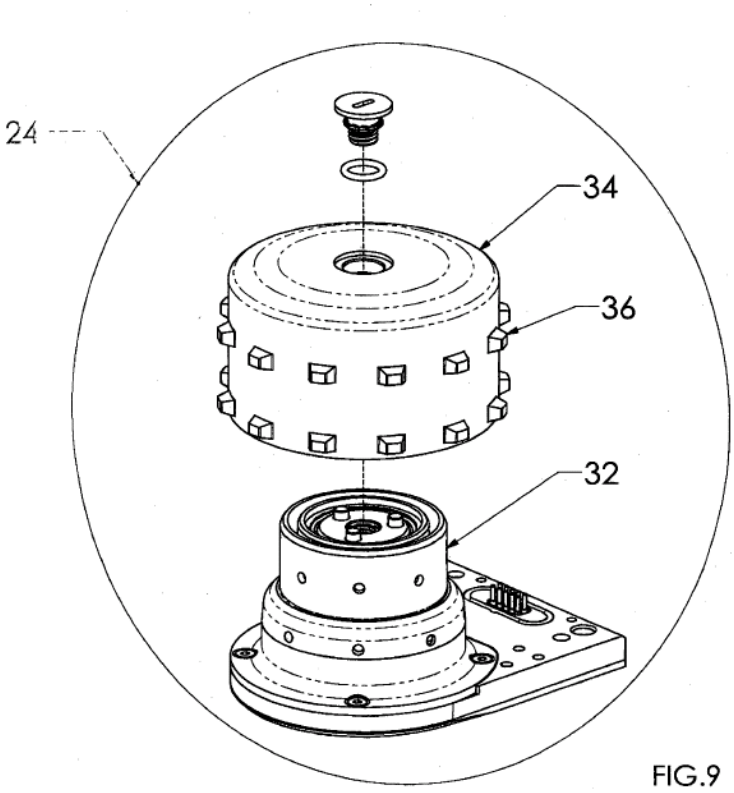


FIG.9

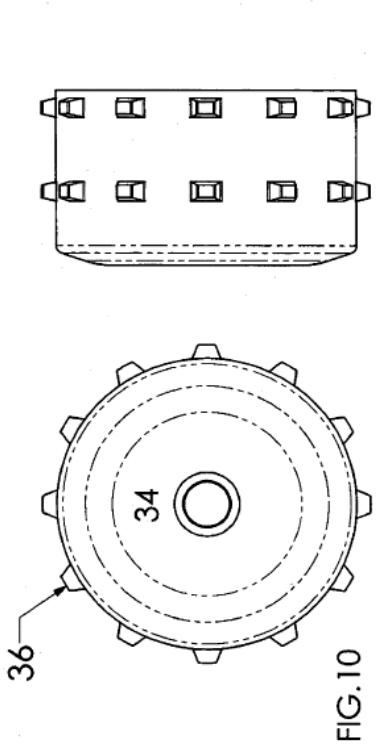
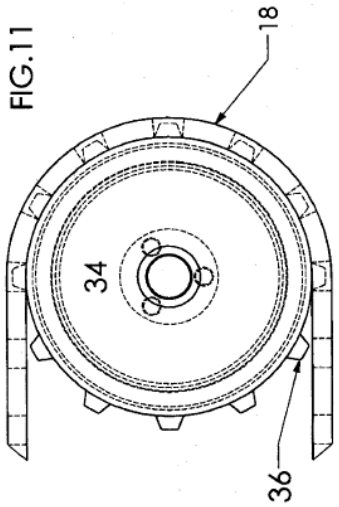


FIG.10

FIG.11



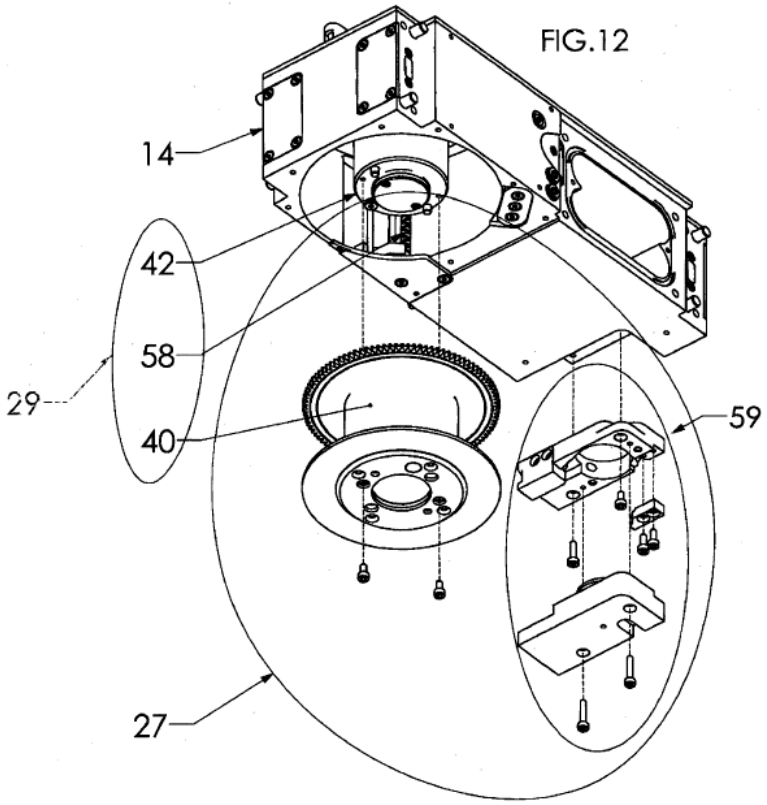
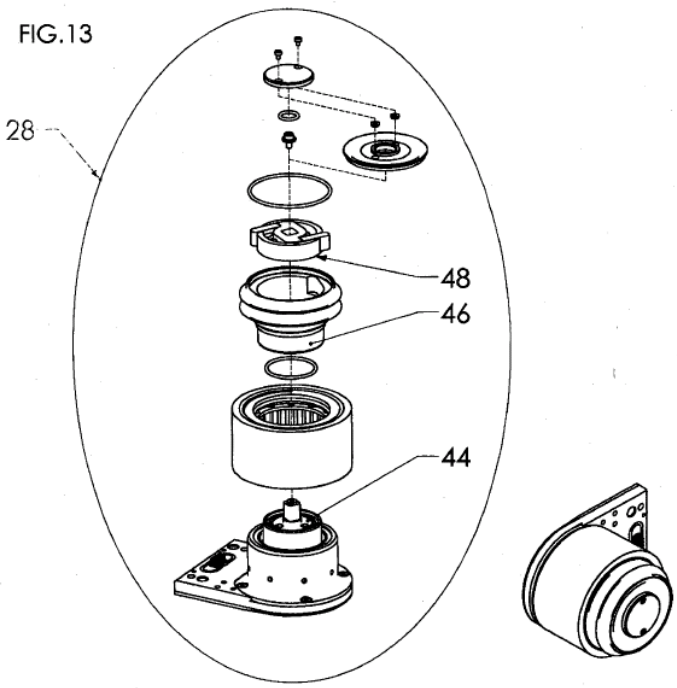


FIG.12
14
42
58
29
40
59
27

FIG.13



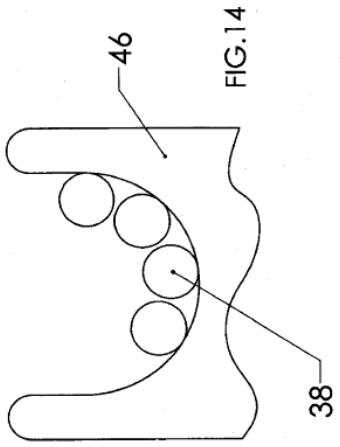


FIG.14

FIG.15

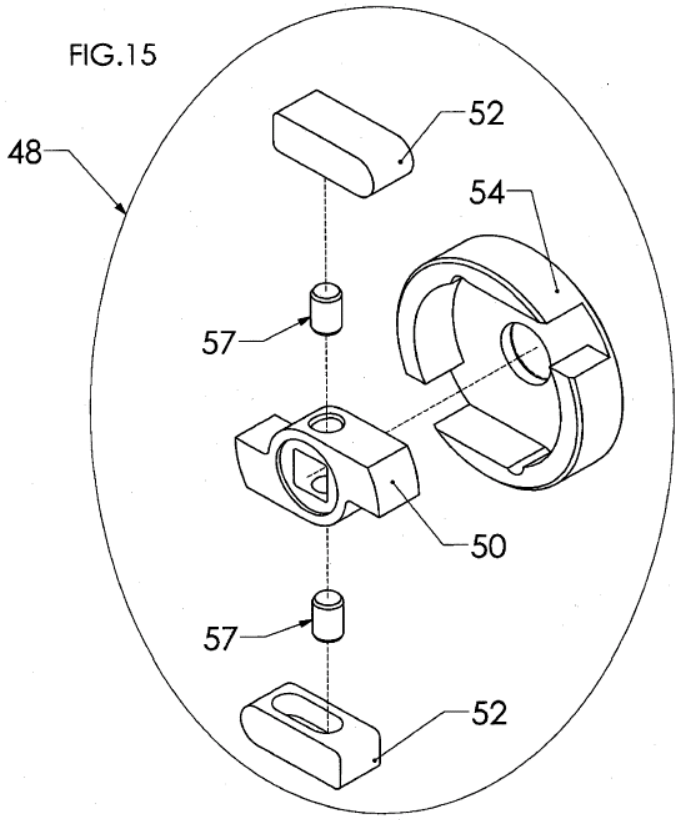
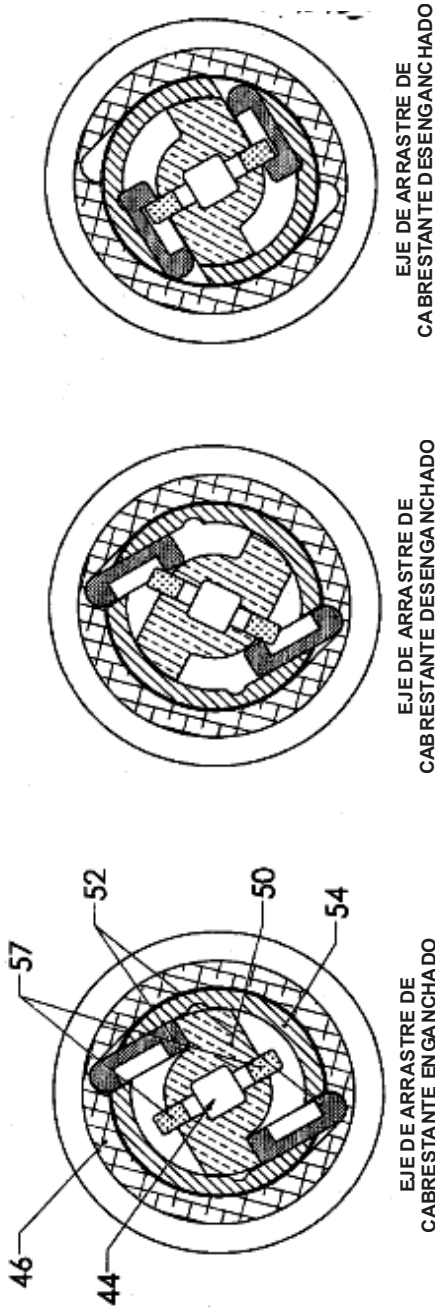


FIG.16


EJE DE ARRASTRE DE CABRESTANTE DESENGANCHADO
EJE DE ARRASTRE DE CABRESTANTE DESENGANCHADO
EJE DE ARRASTRE DE CABRESTANTE ENGANCHADO
52
50
54
57
46
44

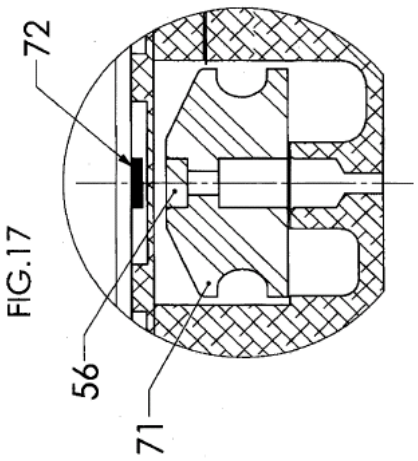


FIG.17

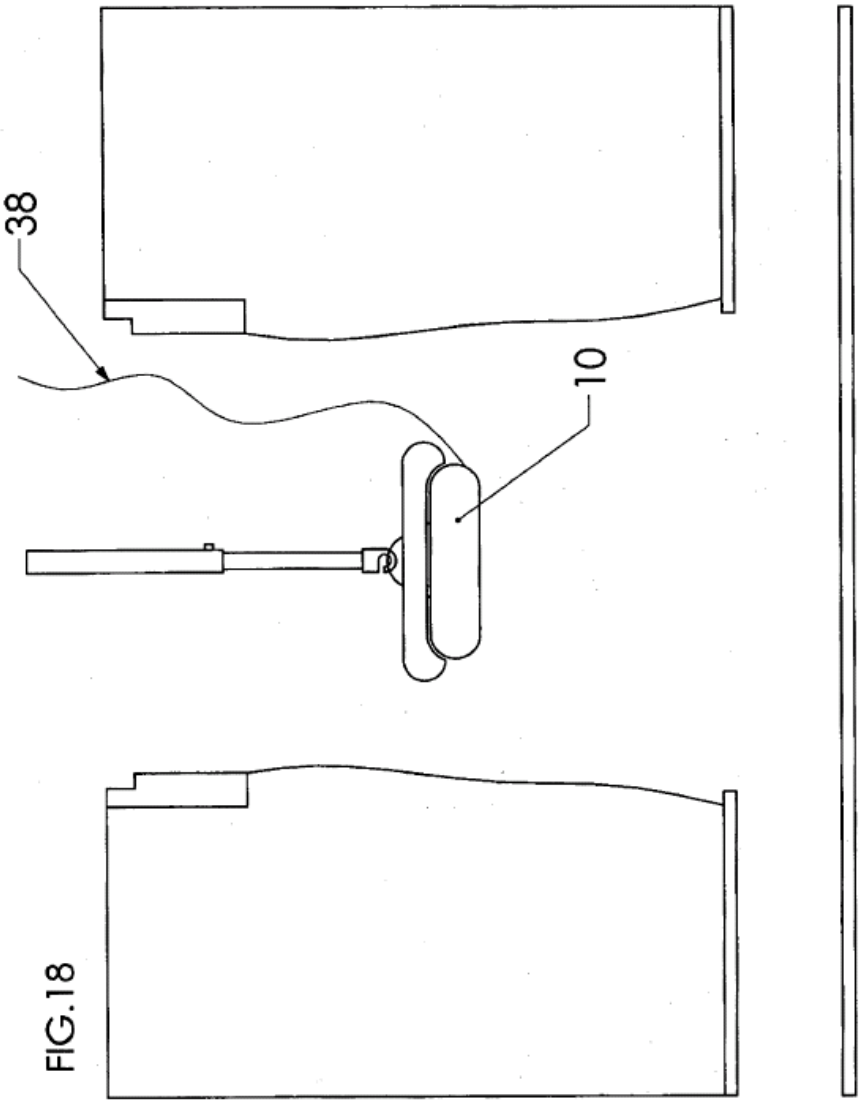


FIG.18

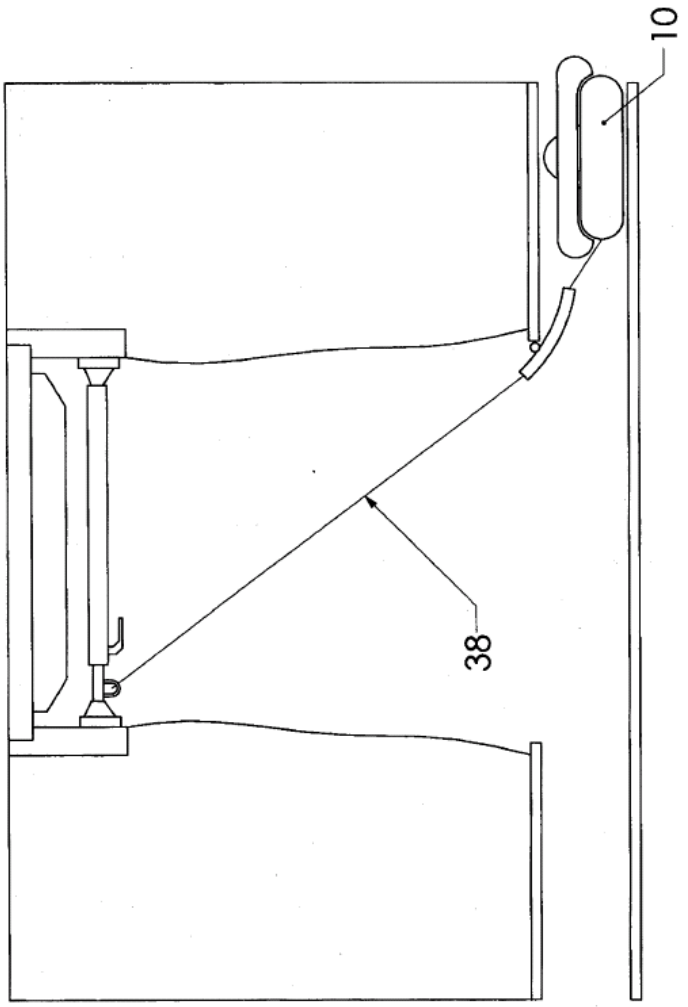
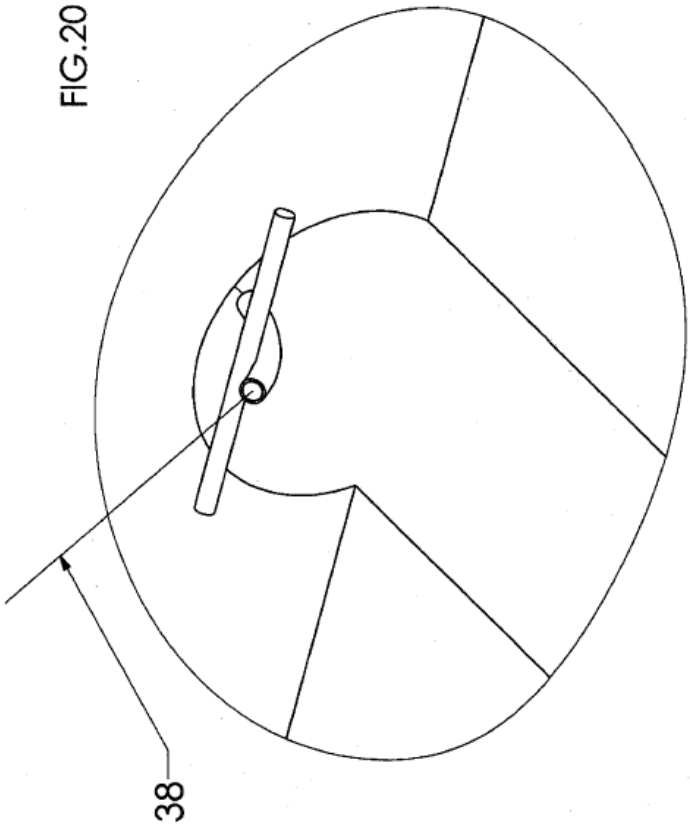


FIG.19

FIG.20



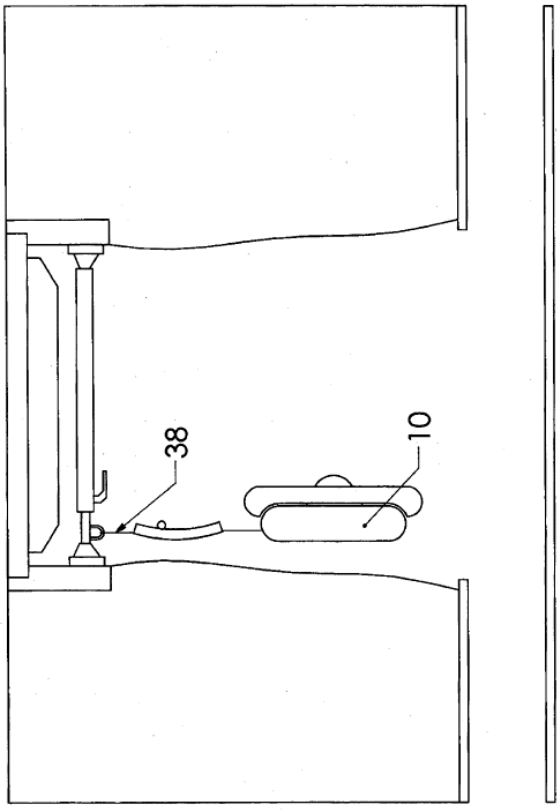


FIG.21