

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: <b>2009.11.03</b>	(73) Titular(es): <b>REDZONE ROBOTICS, INC.</b> <b>484 WEST SEVENTH AVENUE WEST</b> <b>HOMESTEAD, PENNSYLVANIA 15210</b> <b>US</b>
(30) Prioridade(s): <b>2008.11.03 US 110870 P</b>	
(43) Data de publicação do pedido: <b>2011.08.10</b>	
(45) Data e BPI da concessão: <b>2015.04.08</b> <b>167/2015</b>	(72) Inventor(es): <b>CHRISTOPHER C. ATWOOD</b> <b>US</b> <b>RICHARD P. JUCHNIEWICZ</b> <b>US</b> <b>ERIC KRATZER</b> <b>US</b> <b>ADAM SLIFKO</b> <b>US</b> <b>PHILIP JOHNS</b> <b>US</b>
	(74) Mandatário: <b>ÁLVARO ALBANO DUARTE CATANA</b> <b>AVENIDA MARQUÊS DE TOMAR, Nº 44, 6º 1069-229 LISBOA</b> <b>PT</b>

(54) Epígrafe: **DISPOSITIVO PARA INSPEÇÃO DE CANO E MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DO MESMO**

(57) Resumo:

TRATA-SE DE UM DISPOSITIVO. O DISPOSITIVO INCLUI UMA PORÇÃO DE SENSOR E UMA PORÇÃO DE CHASSI. A PORÇÃO DE SENSOR INCLUI UMA PLURALIDADE DE DISPOSITIVOS DE DETECÇÃO. A PORÇÃO DE CHASSI É CONECTADA À PORÇÃO DE SENSOR E INCLUI UM PRIMEIRO TRILHO E UM SEGUNDO TRILHO. O SEGUNDO TRILHO É POSICIONADO ADJACENTE AO PRIMEIRO TRILHO. O PRIMEIRO E O SEGUNDO TRILHOS COOPERAM PARA COBRIR SUBSTANCIALMENTE A TOTALIDADE DE UMA LARGURA DA PORÇÃO DE CHASSI.

## DESCRIÇÃO

### "DISPOSITIVO PARA INSPEÇÃO DE CANO E MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DO MESMO"

Este pedido revela uma invenção que está relacionada, de modo geral e em várias modalidades, a dispositivos utilizados para inspeção de tubo e a um método de utilização dos mesmos.

As informações de tubos de água e de esgoto têm imenso valor ambiental, civil e comercial. Com frequência, tais ambientes são espaços confinados e, em geral, inadequados para que indivíduos acessem e trabalhem. Em alguns casos, são utilizados sistemas robóticos sensoriais personalizados compactos para reunir informações associadas ao ambiente de tubo.

Uma variedade de circunstâncias pode fazer com que o desempenho do robô seja menor do que o adequado. Por exemplo, conforme ilustrado na Figura 1, os robôs 62 que utilizam rodas 60 ou trilhos estreitos encontram frequentemente fragmentos 61 ou outros obstáculos no tubo 59, fazendo com que o robô 62 não tenha a capacidade de navegar sobre ou através disso. Em muitas situações, as rodas 60 ou trilhos estreitos do robô 62 não entram em contacto com os fragmentos 61 no centro do tubo 59. Em tais situações, o robô 62 não tem a capacidade para subir sobre os fragmentos 61 e continuar seu movimento.

Além disso, conforme ilustrado na Figura 2, quando os robôs 62 que utilizam as rodas 60 tentam navegar sobre ou através de fragmentos rígidos 61 ou outros obstáculos em um tubo, o

robô 62 pode se tornar imóvel e ficar preso em uma posição "centralizada alta". Uma vez que a parte frontal do robô 62 tenha sido conduzida sobre os fragmentos rígidos 61 ou obstáculo, as rodas dianteiras são, com frequência, erguidas e não fornecem tração para o robô 62. Adicionalmente, como a maior parte do peso de robô é transferida diretamente para os fragmentos 61 ou obstáculo, as rodas traseiras não têm muito peso aplicado às mesmas e, em geral, não têm a capacidade de fornecer força suficiente para criar algum movimento adicional do robô 62 no tubo 59. Os robôs que utilizam trilhos estreitos são submetidos, em geral, a problemas similares quando os fragmentos ou obstáculo são posicionados entre os trilhos, à frente ou abaixo do corpo.

Os robôs que utilizam um sistema de trilho e roldana convencional sofrem muitas vezes com o emperramento do sistema de trilho 68, tornando assim o robô imóvel. Conforme mostrado na Figura 3, a roldana 69 define, em geral, uma série contínua de dentes e reentrâncias ao redor da circunferência da roldana, e o trilho 70 define uma série contínua de dentes e reentrâncias que se engatam de maneira cooperativa aos dentes e reentrâncias da roldana. Com essa configuração, mesmos os pequenos particulados podem ocasionar grandes problemas. Qualquer particulado que entre no sistema e se assente em uma reentrância da roldana ou do trilho pode ocasionar problemas de entrelaçamento entre o trilho e a roldana uma vez que o particulado tenha alcançado a interface de roldana e trilho. O particulado na reentrância opera para erguer o trilho para fora da roldana, colocando assim uma tensão aumentada sobre o trilho, exigindo que o motor trabalhe com mais força para mover o trilho, e ocasionando potencialmente o emperramento

do sistema de trilho.

Em muitas configurações, os robôs compactos utilizados para explorar, navegar, mapear, etc. incluem um guincho montado na parte externa do robô. O guincho é utilizado para enrolar a correia, puxando assim o robô para trás na direção de sua posição inicial. Devido ao facto de que a correia opera, com frequência, para transportar potência e/ou dados de controlo para o robô, e os dados do robô para um dispositivo externo em relação ao tubo para processamento, a correia tende a ser relativamente grande e pesada, adicionando assim tamanho e peso desnecessários ao robô. Ademais, conforme mostrado na Figura 4, o cabrestante é tipicamente um cabrestante de fundo plano que facilita o movimento de cabo em apenas uma direção. Com o perfil de cabrestante plano, a correia tende, com frequência, a se mover para um lado e se entrelaçar conforme a mesma é continuamente executada.

Para configurações de guincho montadas na parte externa, a odometria é tradicionalmente realizada por um contador mecânico em contacto com a roldana de modo que o contador incremente sua contagem com cada revolução da roldana. A fim de evitar a corrosão e outros problemas com o contador, o guincho tipicamente exige que uma vedação seja utilizada para isolar o contador do ambiente no tubo.

Deixar uma tampa de bueiro em uma posição aberta durante qualquer período de tempo enquanto o robô reúne informações também pode resultar no desempenho do robô sendo inferior ao ideal. Dentro de sistemas de tubo subterrâneo típicos, a temperatura é relativamente constante (por exemplo, cerca de 10 °C (50 °F)) e a humidade é relativamente constante e

relativamente alta. Quando uma tampa de bueiro é deixada em uma posição aberta, ar de superfície frio entra tipicamente no tubo e uma névoa densa pode se formar devido à temperatura e humidade relativamente altas do ar existente no tubo. A névoa pode ser tão densa que a mesma pode impedir a observação visual adequada da parede de tubo, impedindo assim que sejam observados alguns defeitos.

O documento US-A-6141810 descreve um sistema móvel de remoção e limpeza de sedimento e lodo que pode ser inserido no tubo de acesso de um tanque de armazenamento, em que o aparelho inclui um chassi, uma bomba conectada ao chassi, duas montagens de trilho conectadas ao chassi móveis em relação ao chassi no mesmo plano que o chassi, trilhos móveis conectados a cada montagem de trilho para conduzir o aparelho sobre o sedimento e lodo, e um motor para acionar as montagens de trilho e bomba.

O documento US 2006/0290779 A1 descreve um robô inspetor de plataforma móvel que é usado para inspecionar um tubo ou rede de tubos. O robô inclui um dispositivo de locomoção que permite que o dispositivo avance de maneira autônoma através do tubo e rastreie precisamente sua posição e odometria durante o movimento. Os recursos opcionais incluem sensores e dispositivos de medição.

O documento WO 2008/076193 A2 revela uma esteira robótica dotada de trilho que tem a capacidade para movimentação de múltiplos movimentos. A esteira inclui pelo menos uma unidade de armação que tem um trilho contínuo acoplado de modo giratório a isso. Disposto na armação há pelo menos um braço articulado que é móvel em relação à armação em pelo menos uma dimensão.

O documento JP 60 222375A revela uma esteira que tem cilindros ortogonais e um par de trilhos, que é móvel em uma superfície de fundo curva de um tubo ou similares.

#### SUMÁRIO

Em um aspeto geral, este pedido revela um dispositivo. De acordo com várias modalidades, o dispositivo inclui uma porção de sensor e uma porção de chassi. A porção de sensor inclui uma pluralidade de dispositivos de deteção. A porção de chassi é conectada à porção de sensor e inclui um primeiro trilho e um segundo trilho. O segundo trilho é posicionado adjacente ao primeiro trilho. O primeiro e o segundo trilhos cooperam para cobrir substancialmente a totalidade de uma largura da porção de chassi.

Em outro aspeto geral, este pedido revela um método para inspecionar um interior de um tubo. O método é implementado por um dispositivo. De acordo com várias modalidades, o método inclui atravessar o tubo e capturar dados associados ao tubo enquanto o tubo é atravessado. A travessia e a captura são realizadas pelo dispositivo enquanto um bueiro através do qual o dispositivo obtém acesso ao tubo é fechado.

Os aspetos da invenção podem ser implementados por um dispositivo computacional e/ou um programa de computador armazenado em um meio legível por computador. O meio legível por computador pode compreender um disco, um dispositivo e/ou um sinal propagado.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Várias modalidades da invenção são descritas no presente documento a título de exemplo em conjunto com as Figuras a seguir, em que referências numéricas similares designam os mesmos elementos ou elementos similares.

A Figura 1 ilustra um robô dotado de rodas convencional;

A Figura 2 ilustra um robô dotado de rodas convencional;

A Figura 3 ilustra uma disposição de roldana dentada e trilho convencional de um robô;

A Figura 4 ilustra um perfil de cabrestante plano de um guincho;

A Figura 5 ilustra várias modalidades de um robô móvel autônomo;

A Figura 6 ilustra uma borda externa lisa de um trilho do robô da Figura 5;

As Figuras 7 e 8 ilustram vistas explodidas de uma porção de chassi do robô da Figura 5 de acordo com várias modalidades;

A Figura 9 ilustra uma vista explodida de uma primeira montagem de acionamento da porção de chassi do robô da Figura 5 de acordo com várias modalidades;

As Figuras 10 e 11 ilustram exemplos de pinos de uma roldana que se engata em um trilho;

A Figura 12 ilustra uma vista explodida de um sistema de

carretel da porção de chassi do robô da Figura 5 de acordo com várias modalidades.

A Figura 13 ilustra uma vista explodida da montagem de guincho da porção de chassi do robô da Figura 5 de acordo com várias modalidades;

A Figura 14 ilustra várias modalidades de um cabrestante da montagem de guincho da Figura 13;

A Figura 15 ilustra uma vista explodida de uma embraiagem da montagem de guincho da Figura 13 de acordo com várias modalidades.

A Figura 16 ilustra a relação de um cabrestante e de uma embraiagem da montagem de guincho da Figura 13 em vários modos operacionais;

A Figura 17 ilustra várias modalidades de uma montagem de pagamento da porção de chassi do robô da Figura 5; e

As Figuras 18 a 21 ilustram o robô da Figura 5 em vários estágios de distribuição.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

Deve ser entendido que pelo menos algumas das Figuras e descrições da invenção foram simplificadas para ilustrar elementos que são relevantes para um entendimento claro da invenção, enquanto elimina, para fins de clareza, outros elementos que os versados na técnica irão entender que também pode compreender uma porção da invenção. No entanto, devido ao facto de que tais elementos são bem conhecidos na



técnica, e devido ao facto de que os mesmos não facilitam um melhor entendimento da invenção, uma descrição de tais elementos não é fornecida no presente documento.

A Figura 5 ilustra várias modalidades de um dispositivo 10. Para fins de clareza, uma vista parcialmente explodida do dispositivo 10 é mostrada na Figura 5. Conforme explicado em mais detalhes doravante no presente documento, o dispositivo pode ser utilizado para navegar, explorar, mapear, etc. vários ambientes (por exemplo, tubos de água, tubos de esgoto, etc.). Para fins de simplicidade, o dispositivo 10 será descrito no contexto de um robô móvel autónomo 10 utilizado para inspeção de tubo (por exemplo, um tubo de esgoto). No entanto, será observado que o dispositivo 10 pode ser incorporado em qualquer número de diferentes tipos de plataformas de inspeção, incluindo dispositivos não autónomos e plataformas de inspeção teleoperadas, e pode ser utilizado em uma pluralidade de outros ambientes.

O robô móvel autónomo 10 inclui uma porção de sensor 12 e uma porção de chassi 14. A porção de sensor 12 é elétrica e mecanicamente conectada à porção de chassi 14. Conforme mostrado na Figura 5, o robô móvel autónomo 10 também pode incluir uma porção de tubo ascendente 16 que é posicionada entre a porção de sensor 12 e a porção de chassi 14, e é elétrica e mecanicamente conectada a cada uma das mesmas. A porção de tubo ascendente 16 opera para aumentar a distância em que a porção de sensor 12 está situada acima da porção mais baixa do tubo e pode ser utilizada em grandes aplicações de tubo para fornecer um ponto de vantagem desejado para vários dispositivos de deteção da porção de sensor 12. De acordo com outras modalidades, o

robô móvel autónomo 10 não inclui a porção de tubo ascendente descrita acima 16. Os aspetos do robô móvel autónomo 10 podem ser implementados por um dispositivo computacional e/ou um programa de computador armazenado em um meio legível por computador. O meio legível por computador pode compreender um disco, um dispositivo e/ou um sinal propagado.

De acordo com várias modalidades, a porção de sensor 12 inclui uma pluralidade de dispositivos de deteção (por exemplo, uma câmara, um dispositivo de radar, um dispositivo de sonar, um dispositivo de infravermelho, um dispositivo de laser, etc.) para detetar as condições dentro do ambiente, um dispositivo computacional conectado de maneira comunicativa aos dispositivos de deteção e que tem um processador para processar informações não processadas capturadas pelos dispositivos de deteção, um dispositivo de memória conectado de maneira comunicativa ao dispositivo computacional para armazenar as informações processadas e/ou não processadas e conjunto de circuitos de controlo conectado de maneira comunicativa ao dispositivo computacional para controlar vários componentes do robô móvel autónomo 10. O dispositivo de memória também pode ser utilizado para armazenar software que é utilizado pelo robô móvel autónomo 10 para navegar, explorar, mapear, etc. o ambiente.

Conforme mostrado na Figura 5, a porção de chassi 14 inclui um primeiro trilho 18 e um segundo trilho 20. De acordo com várias modalidades, o primeiro trilho 18 é idêntico ao segundo trilho 20. O primeiro e o segundo trilhos 18, 20 podem ser fabricados a partir de qualquer material adequado ou combinação de materiais e podem ser fabricados como

tiras. De acordo com várias modalidades, o primeiro e o segundo trilhos 18, 20, são fabricados a partir de borrachas e polímeros sintéticos elásticos ligados e podem adicionalmente incluir aço ou outros membros colocados dentro ou sobre as borrachas e polímeros para aumentar sua resistência. O primeiro e o segundo trilhos 18, 20 definem, cada um, uma pluralidade de aberturas 22 através dos mesmos. As aberturas 22 podem ter qualquer formato e tamanho adequados e podem ser dispostas em qualquer configuração adequada. Embora apenas duas fileiras das aberturas 22 sejam mostradas na Figura 5 para cada trilho, é entendido que as aberturas 22 podem ser dispostas em qualquer número de fileiras. O primeiro trilho 18 é posicionado adjacente ao segundo trilho 20. Coletivamente, o primeiro e o segundo trilhos 18, 20 definem um espaçamento entre os mesmos e cobrem substancialmente a totalidade da "largura" da porção de chassi 14. Por exemplo, de acordo com várias modalidades, a largura da porção de chassi tem aproximadamente 100 milímetros e o primeiro e o segundo trilhos 18, 20 cobrem, de modo coletivo, aproximadamente 92 dos 100 milímetros.

O primeiro trilho 18 define uma primeira superfície 18a e uma segunda superfície 18b (não mostrado) oposta à primeira superfície 18a. De acordo com várias modalidades, a primeira superfície 18a é a superfície que entra em contacto com uma superfície interna de um tubo de esgoto quando o robô móvel autónomo 10 é utilizado para uma aplicação de tubo de esgoto. De acordo com várias modalidades, a primeira superfície 18a do primeiro trilho 18 é substancialmente lisa. De modo similar, o segundo trilho 20 define uma primeira superfície 20a e uma segunda superfície 20b (não mostrado) oposta à primeira superfície

20a. De acordo com várias modalidades, a primeira superfície 20a é a superfície que entra em contacto com uma superfície interna de um tubo de esgoto quando o robô móvel autónomo 10 é utilizado para uma aplicação de tubo de esgoto. De acordo com várias modalidades, a primeira superfície 20a do primeiro trilho 20 é substancialmente lisa. As respectivas primeiras superfícies 18a, 20a do primeiro e do segundo trilhos 18, 20 têm um coeficiente de atrito estático relativamente alto. Por exemplo, de acordo com várias modalidades, o coeficiente de atrito estático das respectivas primeiras superfícies 18a, 20a é aproximadamente 1,0. Em geral, o coeficiente de atrito estático dos respectivos primeiros trilhos 18a, 20a é aproximadamente 0,8 ou maior, o que permite boa aderência entre os trilhos 18, 20 e a superfície interna do tubo de esgoto.

De acordo com várias modalidades, as respectivas segundas superfícies 18b, 20b do primeiro e do segundo trilhos 18, 20 também são substancialmente lisas. Para tais modalidades, as respectivas segundas superfícies 18b, 20b podem ter um coeficiente de atrito estático que é idêntico àquele das respectivas primeiras superfícies 18a, 20a. Para modalidades em que as respectivas primeiras superfícies 18a, 20a e as respectivas segundas superfícies 18b, 20b do primeiro e do segundo trilhos 18, 20 são substancialmente lisas, quando as respectivas primeiras superfícies 18a, 20a se desgastam muito, o primeiro e o segundo trilhos 18, 20 podem ser removidos e girados (por exemplo, o primeiro trilho 18 assume o lugar do segundo trilho 20 e o segundo trilho 20 assume o lugar do primeiro trilho 18). Tomando essa atitude, diferentes bordas do primeiro e do segundo trilhos 18,20 são colocadas em contacto com a superfície

interna do tubo de esgoto. Mediante a mudança com qual montagem de acionamento o primeiro e o segundo trilhos 18, 20 são utilizados, a vida útil do primeiro e do segundo trilhos 18, 20 é efetivamente dobrada.

O primeiro e o segundo trilhos 18, 20 podem ser denominados trilhos amplos/de cobertura total. Devido à largura coletiva do primeiro e do segundo trilhos 18, 20 em relação à largura da porção de chassi 14, o primeiro e o segundo trilhos 18, 20 formam coletivamente quase a totalidade das superfícies "frontal", "de fundo" e "posterior" da porção de chassi 14. Dessa forma, quando o robô móvel autônomo 10 encontra qualquer fragmento ou recurso dentro do tubo de esgoto, as primeiras superfícies 18a, 20a do primeiro e do segundo trilhos 18, 20 entram em contacto com os fragmentos ou recurso. Em oposição aos robôs dotados de rodas e robôs de trilho estreito, os trilhos amplos/de cobertura total 18, 20 são configurados para permitir que o robô móvel autônomo 10 suba sobre os fragmentos ou recurso e continue realizando a inspeção, a navegação, o mapeamento, etc. Por exemplo, visto que quase toda a superfície "frontal" do robô móvel autônomo 10 é uma superfície de trilho em movimento, qualquer fragmento ou recurso de tamanho vertical suficiente encontrado no tubo irá atingir, em primeiro lugar, a superfície de trilho em movimento e uma pequena parte, se houver, irá atingir uma parte estática da porção de chassi 14. Além disso, visto que quase toda superfície "de fundo" do robô móvel autônomo 10 é uma superfície de trilho em movimento, qualquer fragmento ou recurso encontrado abaixo do robô móvel autônomo 10 irá atingir, em primeiro lugar, essa superfície de trilho em movimento e uma pequena parte, se houver, irá atingir uma parte estática da porção de chassi 14. Adicionalmente,

quase todo o peso do robô móvel autônomo 10 atravessa os trilhos amplos/de cobertura total em movimento 18, 20 para os fragmentos ou recurso encontrado. Portanto, o robô móvel autônomo 10 é configurado para continuar sempre seu percurso, visto que os trilhos de cobertura total 18, 20 não podem girar sem entrar em contacto com algo com o qual reagir e continuar o percurso.

A Figura 6 ilustra várias modalidades da primeira superfície 18a do primeiro trilho 18 do robô móvel autônomo 10. Conforme explicado acima no presente documento, o primeiro e o segundo trilhos 18,20 podem ser idênticos. Para modalidades em que as primeiras superfícies 18a, 20a do primeiro e do segundo trilhos 18, 20 são substancialmente lisas, o primeiro e o segundo trilhos 18, 20 têm a capacidade exclusiva de cortar através de depósitos de graxa encontrados em tubos (por exemplo, o depósito de graxa 67 mostrado no tubo 65 na Figura 6), permitindo assim o subsequente movimento positivo do robô móvel autônomo 10. As respectivas primeiras superfícies 18a, 20a são longas e lisas e têm em geral a totalidade do peso do robô móvel autônomo 10 aplicada às mesmas. O peso, mais o acionamento contínuo das respectivas primeiras superfícies 18a, 20a, servem para operar como um rodo ou raspador, cortando através das camadas de graxa até que entre em contacto com a parede do tubo. Uma vez realizado o contacto com a parede do tubo, o robô móvel autônomo 10 ganha novamente sua tração, permitindo assim que o movimento e a inspeção continuem. As plataformas de mobilidade que incluem trilhos que têm dentes ou protuberâncias não exibem essa capacidade. Toda reentrância de dente atua como uma câmara de coleta para a graxa, capturando e depositado a mesma. Para tais plataformas de mobilidade, o trilho nunca

alcança a superfície do tubo devido ao facto de que o trilho não corta através da graxa.

As Figuras 7 e 8 ilustram vistas explodidas da porção de chassi 14 de acordo com várias modalidades. Para fins de clareza, o primeiro e o segundo trilhos 18, 20 não são mostrados na Figura 7. A porção de chassi 14 inclui uma primeira montagem de acionamento 24 e uma segunda montagem de acionamento 26. A porção de chassi 14 também inclui um sistema de carretel 27 (consulte a Figura 12) que inclui uma montagem de guincho 28, uma montagem de pagamento 59 (consulte a Figura 12) e uma montagem de fuso 29 (consulte a Figura 12). Para fins de clareza, a montagem de pagamento 59 e a montagem de fuso 29 não são mostradas na Figura 7 ou 8. O sistema de carretel 27 e seus componentes serão descritos em mais detalhes doravante no presente documento. Conforme mostrado na Figura 8, a porção de chassi 14 também pode incluir uma ou mais baterias 30 utilizadas para fornecer potência para a porção de chassi 14 e para a porção de sensor 12. O local das baterias 30 e o modelo do painel atrás do qual são vedadas as baterias 30 permitem a rápida remoção e substituição de bateria quando for necessário. A porção de chassi 14 inclui adicionalmente um conjunto de circuitos de controlo conectado de maneira comunicativa à primeira e à segunda montagens de acionamento 24, 26 e ao sistema de carretel 27. O conjunto de circuitos de controlo opera para controlar de maneira inteligente a velocidade e a força rotacional da primeira e da segunda montagens de acionamento 24, 26, a montagem de guincho 28 e outros componentes do sistema de carretel 27.

A Figura 9 ilustra uma vista explodida da primeira montagem de acionamento 24 de acordo com várias modalidades. De

acordo com várias modalidades, a segunda montagem de acionamento 26 é idêntica à primeira montagem de acionamento 24. Conforme mostrado na Figura 9, a primeira montagem de acionamento 24 inclui um motor de acionamento 32 (e conjunto de engrenagens de redução de velocidade) e uma roldana de acionamento 34 acoplada ao motor 32. A roldana de acionamento 34 inclui uma pluralidade de pinos 36 (por exemplo, protuberâncias) que se estendem para fora de uma superfície da roldana de acionamento 34. Os pinos 36 podem ter qualquer tamanho e formato adequados e podem ser dispostos em qualquer configuração adequada ao redor da circunferência da roldana de acionamento 34. De acordo com várias modalidades, a roldana de acionamento 34 define canaletas ou sulcos profundos ao redor da circunferência da roldana que opera para permitir, ainda, que todos os particulados remanescentes sejam removidos, evitando assim o emperramento do primeiro trilho 18. Uma dada canaleta ou sulco pode ser posicionado entre as fileiras de pinos 36, adjacente a uma dada fileira de pinos 36, etc. Embora apenas duas fileiras de pinos 36 sejam mostradas nas Figuras 9 e 10, será observado que os pinos 36 podem ser dispostos em qualquer número de fileiras. Em geral, as disposições dos pinos 36 e das aberturas 22 são compatíveis de modo que, quando o primeiro trilho 18 estiver revolvendo ao redor da porção de chassi 14 (isto é, ao redor da montagem de acionamento 24, na direção da montagem de guincho 28, ao redor da montagem de guincho 28 e de volta na direção da montagem de acionamento 24), os pinos 36 na roldana de acionamento 34 se engatem às aberturas 22 no primeiro trilho 18.

Exemplos de tal engate são mostrados na Figura 11. Conforme mostrado na Figura 11, quando os pinos 36 da roldana de



acionamento 34 se engatam às aberturas 22 definidas pelo primeiro trilho 18, a rotação da roldana de acionamento 34 na direção "A" faz com que o primeiro trilho 18 gire na direção "A", movendo assim o robô 10 para frente. Na configuração de acionamento dotado de pinos, não há pequenas reentrâncias de dente para que os particulados sejam coletados e permaneçam posicionados nas mesmas. Todo particulado que acaba na roldana de acionamento 34 ou na superfície interna do primeiro trilho 18 pode ser removido através das aberturas 22 no primeiro trilho 18 onde os pinos 36 se entrelaçam. Portanto, o primeiro e o segundo trilhos 18, 20 podem ser considerados trilho autolimpantes.

Devido às montagens de acionamento descritas acima 24, 26 e aos trilhos amplos/de cobertura total autolimpantes 18, 20 do robô móvel autónomo 10, a limpeza de tubo tradicional exigida antes do posicionamento de robôs dotados de rodas e robôs de trilho estreito pode não ser necessária antes do posicionamento do robô móvel autónomo 10.

A Figura 12 ilustra uma vista explodida do sistema de carretel 27 de acordo com várias modalidades. O sistema de carretel 27 inclui a montagem de guincho 28, a montagem de pagamento 59 e a montagem de fuso 29, todas unidas por acoplamento através de uma correia 38 (consulte a Figura 14). Para fins de clareza, a montagem de guincho 28 e a correia 38 não são mostradas na Figura 12. Visto que o robô 10 é autónomo, a correia 38 não precisa transportar potência e/ou dados e serve, essencialmente, como uma corda de segurança. Como resultado, a correia 38 pode ser muito menor que uma correia comparável que é utilizada para transportar potência e/ou dados para um robô. De acordo com várias modalidades, a correia 38 é fabricada de uma fibra

sintética trançada, mas outras modalidades poderiam ser fabricadas como um monofilamento ou trança de plástico ou qualquer outro material adequado. As características mecânicas primárias da correia 38 podem incluir baixo estiramento sob carga (para minimizar o erro de medição de distância), alta resistência à rutura (para permitir extração de emergência do robô móvel autónomo 10 no caso de o mesmo se prender ou ficar preso por cunha ao arrastar o mesmo para fora do tubo através de um dispositivo manual ou externamente alimentado), pequeno raio de flexão e baixa suscetibilidade à torção (para facilitar o movimento da correia 38 para dentro e para fora do robô móvel autónomo 10), alta resistência química e ambiental (visto que o ambiente de tubo é, com frequência, corrosivo, ácido, básico, salgado ou possui outras características nocivas e o ambiente externo possui alta radiação ultravioleta e temperaturas extremas) e alta resistência ao desgaste (para minimizar a perda de força devido ao manuseio e ao esfregamento de componentes do tubo ou do robô móvel autónomo 10). Conforme descrito em mais detalhes doravante no presente documento, a correia 38 pode ter uma cauda de tigre protetora conectada a isso e também pode ter uma barra de cauda de tigre conectada a isso.

A montagem de fuso 29 compreende um fuso de correia 40, um motor de acionamento 42 (e um conjunto de engrenagens de redução de velocidade) conectado ao fuso de correia 40, e um sistema de carretilha 58. Conforme a correia 38 avança além do sistema de pagamento 59, a correia 38 entra em contacto com o sistema de carretilha 58 enquanto atravessa o mesmo e envolve múltiplas vezes o fuso de correia 40. O comprimento da correia 38 envolvida ao redor do fuso de correia 40 diminui conforme o robô 10 avança. O sistema de

carretilha 58 opera para assentar a correia 38 sobre o fuso de correia 40 de maneira uniforme, evitando assim que a correia 38 forme um bojo apenas em um local no fuso de correia 40.

A Figura 13 ilustra uma vista explodida da montagem de guincho 28 de acordo com várias modalidades. A montagem de guincho 28 inclui um motor de acionamento 44 (e um conjunto de engrenagens de redução de velocidade), um tambor de cabrestante 46 e uma embraiagem 48. O tambor de cabrestante 46 é acoplado através da embraiagem 48 ao motor 44. O motor 44 pode ter um torque maior que o motor 42. A montagem de guincho 28 pode ser utilizada pelo robô 10 para realizar autoextração de emergência. A montagem de guincho 28 também pode ser utilizada para permitir que o robô 10 se eleve para fora de um dado tubo ao término de uma inspeção, exploração, mapeamento, etc. Conforme a correia 38 entra no robô 10, a correia 38 é enrolada múltiplas vezes ao redor do cabrestante 46 (por exemplo, por duas, três ou quatro voltas) e está, em geral, sob uma tensão constante entre o fuso de correia 40 e o cabrestante 46 através de uma força fornecida pelo motor 42. Conforme mostrado na Figura 14, o cabrestante 46 define um perfil curvo (em oposição ao perfil plano ou coniforme) que opera para evitar que a correia 38 suba sobre si mesma e se entrelace.

A Figura 15 ilustra uma vista explodida da embraiagem 48 de acordo com várias modalidades. A embraiagem 48 inclui um came de acionamento 50, primeira e segunda chaves de acionamento 52 e um alojamento 54. Quando o robô móvel autônomo 10 avança, a correia 38 sai da porção de chassi 14 por meio de várias voltas ao redor do cabrestante 46. Todo movimento da correia 38 faz com que o cabrestante 46 gire e

qualquer outra parte do robô móvel autônomo 10 conectada do cabrestante 46 quando o robô móvel autônomo 10 se move para frente, o cabrestante 46 é livre para girar por si só e o motor 44 permanece estacionário. Se o motor 44 sempre estiver conectado ao cabrestante 46, o mesmo seria novamente acionado pela correia 38 saindo do chassi 14, resultando em alto arrasto parasítico. Para alcançar esse desengate e o arrasto parasítico inferior resultante sem atuadores adicionais, o motor 44 gira em uma direção que faz com que o came de acionamento 50 e seus pinos 57 sugue as chaves de acionamento 52 radialmente para o lado interno e dentro do diâmetro externo do alojamento de embraiagem 54. Quando o robô móvel autônomo 10 se move para trás e/ou recupera a correia fora do robô móvel autônomo 10, o motor 44 gira na direção oposta. Isso faz com que o came de acionamento 50 empurre as chaves de acionamento 52 radialmente para fora, além do diâmetro externo do alojamento 54 e para dentro de fendas (não mostrado) do cabrestante 46. Uma vez que as chaves 52 estão nas fendas do cabrestante 46, a rotação continuada do motor 44 irá resultar na rotação do cabrestante 46 e na recuperação alimentada da correia 38 fora do robô 10 para seu interior. A Figura 16 ilustra a relação entre o cabrestante 46 e a embraiagem 48 em vários modos operacionais - com o cabrestante 46 engatado, com o cabrestante 46 desengatando e com o cabrestante 46 desengatado.

A Figura 17 ilustra várias modalidades da montagem de pagamento 59. A montagem de pagamento 59 inclui um íman codificador 56, um cilindro 71 e um chip codificador 72. Conforme a correia 38 sai do tambor de cabrestante 46 da montagem de guincho 28 na direção da montagem de fuso 29, a correia 38 é enrolada ao redor do cilindro 71 (por exemplo,

enrolado uma vez ao redor do cilindro) antes de a correia 38 avançar para a montagem de fuso 29. O íman codificador 56 é acoplado ao cilindro 71 e é utilizado pelo robô móvel autónomo 10 para realizar mediação de posição ou odometria. Conforme descrito em mais detalhes doravante no presente documento, a correia 38 é ancorada no bueiro de inserção e é extraída do robô móvel autónomo 10 conforme o robô móvel autónomo 10 avança enquanto inspeciona o tubo-alvo. Conforme a correia 38 entra ou sai da porção de chassi 14, o movimento da correia 38 gira o cilindro 71 que está enrolado ao redor disso. Portanto, o movimento e a posição linear absoluta do robô móvel autónomo 10 dentro do tubo podem ser medidos pela contagem do número de rotações do cilindro 71 através de seu íman acoplado 56. Conforme o íman 56 gira, seu campo magnético gira e essa rotação pode ser medida através do chip codificador 72, até mesmo através da parede sólida da porção de chassi 14 entre os mesmos. Esse mecanismo de pagamento sem contacto não tem retentor de haste, que se desgastaria e falharia ou que ocasionaria arrasto parasítico ao movimento da correia 38.

Ao contrário de sistemas tradicionais nos quais a correia é puxada através do tubo de um carretel externo ao tubo, o robô móvel autónomo 10 assenta a correia 38 de maneira estática no tubo inspecionado do robô móvel autónomo 10. Portanto, o robô móvel autónomo 10 é submetido a um arrasto muito menor de sua correia 38 do que os sistemas tradicionais, resultando em maior mobilidade e capacidade na inspeção de tubo. O robô móvel autónomo 10 é, em geral, isento de problemas de obstáculo e arrasto relacionado ao reboque de correia, permitindo que o robô móvel autónomo 10 tenha mobilidade igual ou superior a plataformas de inspeção tradicionais, enquanto tem um perfil físico menor

e mais leve e menor consumo de potência.

De acordo com várias modalidades, o robô 10 tem aproximadamente 500 milímetros de comprimento, aproximadamente 120 milímetros de largura e aproximadamente 125 milímetros de altura. O tamanho físico relativamente compacto do robô 10, quando combinado ao sistema de acionamento descrito no presente documento acima, permite que o robô 10 desvie de obstáculos que uma plataforma maior não teria a capacidade de atravessar. De acordo com várias modalidades, o robô 10 é à prova d'água (por exemplo, à IP68 ou melhor e positivamente pressurizado), então o mesmo pode ser acionado através de cavidades de tubo inundadas e é facilmente desinfetado por meio da imersão em uma solução de limpeza após a utilização. De acordo com várias modalidades, a área de armazenamento de carretel, a área de medição de pagamento e todas as passagens que levam de e para isso não são vedadas e inundam quando o robô 10 é submerso. Para tais modalidades, o restante do robô 10, incluindo as partes internas da porção de chassi 14 e da porção de sensor 12, é isolado do ambiente externo através de uma combinação de anéis em O, retentor de haste e/ou compostos curados.

As Figuras 18 a 21 ilustram o robô móvel autónomo 10 em vários estágios de posicionamento. O robô móvel autónomo 10 pode ser abaixado através de um bueiro para obter acesso a um tubo que precisa de inspeção. De acordo com várias modalidades, um suspensor de robô (por exemplo, uma âncora em chaminé) é preso à chaminé e a correia 38 é acoplada ao suspensor de robô, acoplando assim o robô móvel autónomo 10 ao suspensor de robô. O robô móvel autónomo 10 é, então, abaixado até o fundo do bueiro e colocado na frente do tubo

a ser inspecionado. De acordo com várias modalidades, o robô móvel autônomo 10 é colocado através de um polo de posicionamento telescópico. O robô 10 pode permanecer em um estado de espera até algum tempo após o bueiro ser fechado ou pode iniciar sua inspeção imediatamente. Por exemplo, um temporizador interno do robô 10 pode ser definido para ativar o processo de inspeção em um instante futuro ou ideal. Na inspeção imediata ou atrasada, o bueiro pode ser fechado uma vez que o robô 10 é abaixado, o que permite que o tráfego rodoviário volte a fluir normalmente enquanto a inspeção ocorre. A equipa é, então, capaz de deixar o local e começar outro posicionamento em outro local com um segundo robô móvel autônomo 10, aumentando assim a produtividade da equipa.

Para casos em que a tampa de bueiro está na posição fechada durante a inspeção, o ambiente de tubo é isolado do ambiente de superfície. Mediante o fechamento do bueiro após o robô 10 ser abaixado, a quantidade de ar de superfície frio que entra no tubo sendo inspecionado é limitada, e a quantidade de névoa produzida pelo ar de superfície frio é limitada de modo similar. Além disso, mediante o atraso do início da inspeção até algum período de tempo após o bueiro ser fechado, toda névoa inicialmente produzida pelo ar de superfície frio pode se dispersar, fornecendo assim ao robô móvel autônomo 10 melhores condições de inspeção no cano. Adicionalmente, mediante o atraso do início da inspeção para realizar a inspeção em um instante ideal (por exemplo, no meio da noite, quando os níveis de água são, em geral, menores), uma quantidade maior das superfícies de tubo pode ser visualmente registrada e, portanto, um número maior de defeitos é observado na análise subsequente.

Um sistema de cauda de tigre pode ser instalado ao redor da correia 38. O sistema de cauda de tigre inclui uma manga e uma barra ou outro membro acoplado à manga. Uma vez que o robô 10 é abaixado no tubo e começa a avançar, a manga opera para evitar que a correia 38 se esgarce devido ao contacto com uma borda do tubo onde o fundo da chaminé encontra a abertura do tubo. A manga pode ser fabricada a partir de qualquer material adequado (por exemplo, plástico) e a correia 38 atravessa a mesma. A barra ou outro membro é geralmente perpendicular à manga, tem um comprimento que é maior que o diâmetro do tubo e opera para posicionar apropriadamente a manga em relação à abertura de tubo. Ao contrário da instalação tradicional por meio de um membro da equipa na borda da abertura de tubo, o sistema de cauda de tigre é autoinstalante. Quando o robô 10 avança no tubo, a manga é puxada para o lugar e a barra é puxada através da abertura de tubo, prendendo assim a manga no lugar sem a assistência de um membro da equipa.

Uma vez concluída a inspeção de tubo, a montagem de guincho 28 pode ser utilizada para devolver o robô 10 para o bueiro inicial, onde a montagem de guincho 28 opera, então, para erguer automaticamente o robô 10 para fora do fundo do bueiro e para dentro da chaminé onde fica suspenso até que seja recuperado. Mediante a remoção por si só do tubo e do fundo do bueiro, o robô 10 remove a si mesmo como um impedimento potencial para fluir dentro do tubo e do bueiro. A recuperação do robô 10 pode ocorrer em qualquer instante posterior, por conveniência da equipa, e é uma simples questão de abertura do bueiro e levantamento do robô em espera suspenso 10 mediante a remoção do suspensor. De acordo com outras modalidades, o robô móvel autónomo 10 pode ser conduzido de volta ao bueiro inicial durante a



recuperação da correia 38 e aguardar no fundo do bueiro até a equipa retornar. Para tais modalidades, a equipa pode recuperar o robô 10 mediante a remoção do suspensor e, então, usando-se o polo de posicionamento telescópico para erguer o robô 10 para fora do bueiro.

Nada da descrição acima se destina a limitar a invenção a qualquer material específico, geometria ou orientação de elementos. Muitas substituições de parte/orientação são contempladas dentro do escopo da invenção e se tornarão evidentes para o versado na técnica. As modalidades descritas no presente documento foram apresentadas a título de exemplo e não devem ser usadas para limitar o escopo da invenção.

Lisboa,

## REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo (10) compreendendo:

- uma porção de sensor (12), em que a porção de sensor compreende uma pluralidade de dispositivos de detecção;
- uma porção de chassi (14) conectada à porção de sensor (12), em que a porção de chassi (14) compreende um primeiro trilho (18) e um segundo trilho (20), em que o dito primeiro trilho e o dito segundo trilho têm, cada um, uma largura predeterminada, em que o dito primeiro trilho (18) é posicionado adjacente ao dito segundo trilho (20) e paralelo a isso

caracterizado por

a largura coletiva do dito primeiro trilho (18) e do dito segundo trilho (20) cobrir substancialmente a totalidade da largura da dita porção de chassi (14) de modo que o primeiro e o segundo trilhos formem coletivamente de forma substancial a totalidade da estrutura frontal, de fundo e posterior da porção de chassi.

2. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a pluralidade de dispositivos de detecção compreender pelo menos um dos que segue:

- uma câmara;
- um dispositivo de radar;
- um dispositivo de sonar;

- um dispositivo infravermelho; e

- um dispositivo de laser.

3. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o primeiro trilho (18) definir uma primeira pluralidade de aberturas (22) através do mesmo e em que o segundo trilho (20) define uma segunda pluralidade de aberturas (22) através do mesmo.

4. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por pelo menos uma superfície do primeiro trilho (18) ser substancialmente lisa e em que pelo menos uma superfície do segundo trilho (20) é substancialmente lisa.

5. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a porção de chassi (14) compreender adicionalmente:

- uma primeira montagem de acionamento (24), em que a primeira montagem de acionamento está em contacto com o primeiro trilho (18); e

- uma segunda montagem de acionamento (26) posicionada adjacente à primeira montagem de acionamento (24), em que a segunda montagem de acionamento (26) está em contacto com o segundo trilho (20).

6. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por a primeira montagem de acionamento (24) compreender:

- um motor (32);
- um conjunto de engrenagens de redução de velocidade conectado ao motor; e
- uma roldana de acionamento (34) conectada ao conjunto de engrenagens de redução de velocidade.

7. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por a roldana de acionamento (34) definir uma pluralidade de pinos (36).

8. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por a roldana de acionamento (34) definir pelo menos um sulco ao redor de uma circunferência da roldana de acionamento.

9. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por o pelo menos um sulco ser posicionado entre um primeiro pino definido pela roldana de acionamento (34) e um segundo pino definido pela roldana de acionamento.

10. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por a pluralidade de pinos (36) ser configurada para se encaixar em uma pluralidade de aberturas (22) definida pelo primeiro trilho (18).

11. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente uma porção de tubo ascendente (16) conectada à porção de sensor (12) e à porção de chassi (14).

12. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a porção de chassi (14) compreender:

- uma correia (38);
- uma montagem de guincho (28) em contacto com a correia (38);
- uma montagem de pagamento (59) em contacto com a correia (38);
- uma montagem de fuso em contacto com a correia (38).

13. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a montagem de guincho compreender:

- um motor de acionamento (44);
- uma embraiagem (48); e
- um tambor de cabrestante (46) em contacto com a correia (38) e acoplado ao motor de acionamento (44) através da embraiagem (48).

14. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a montagem de pagamento (59) compreender:

- um íman codificador (56);
- um cilindro (71) em contacto com a correia (38) e magneticamente acoplado ao íman codificador (56); e
- um chip codificador (72) magneticamente acoplado ao íman

codificador (56).

15. Dispositivo (10), de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a montagem de fuso compreender:

- um motor de acionamento (42);
- um sistema de carretilha (58) em contacto com a correia (38); e
- um fuso de correia (40) em contacto com a correia (38) e acoplado ao motor de acionamento (42).

Lisboa,

## **RESUMO**

### **"DISPOSITIVO PARA INSPEÇÃO DE CANO E MÉTODO DE UTILIZAÇÃO DO MESMO"**

Trata-se de um dispositivo. O dispositivo inclui uma porção de sensor e uma porção de chassi. A porção de sensor inclui uma pluralidade de dispositivos de detecção. A porção de chassi é conectada à porção de sensor e inclui um primeiro trilho e um segundo trilho. O segundo trilho é posicionado adjacente ao primeiro trilho. O primeiro e o segundo trilhos cooperam para cobrir substancialmente a totalidade de uma largura da porção de chassi.

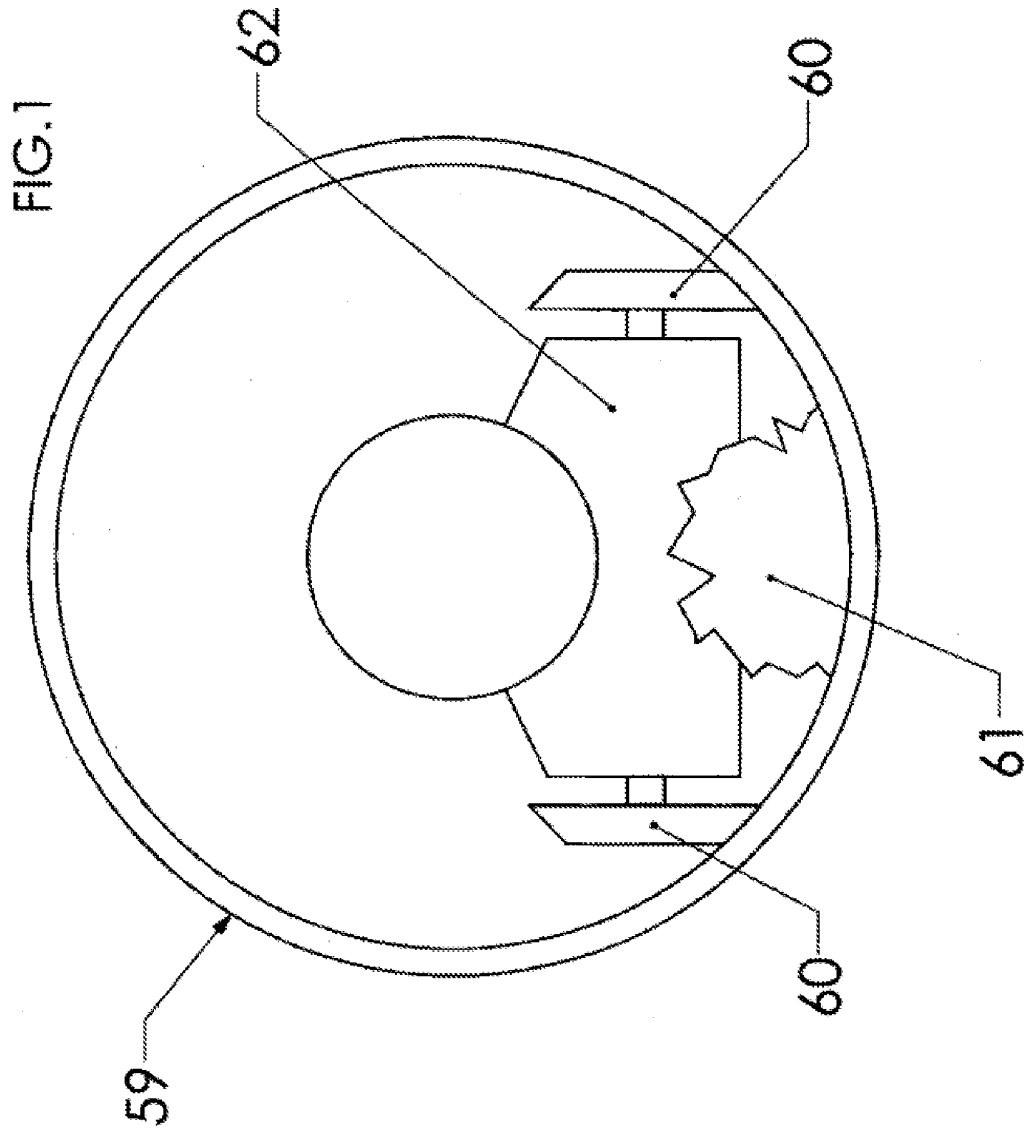
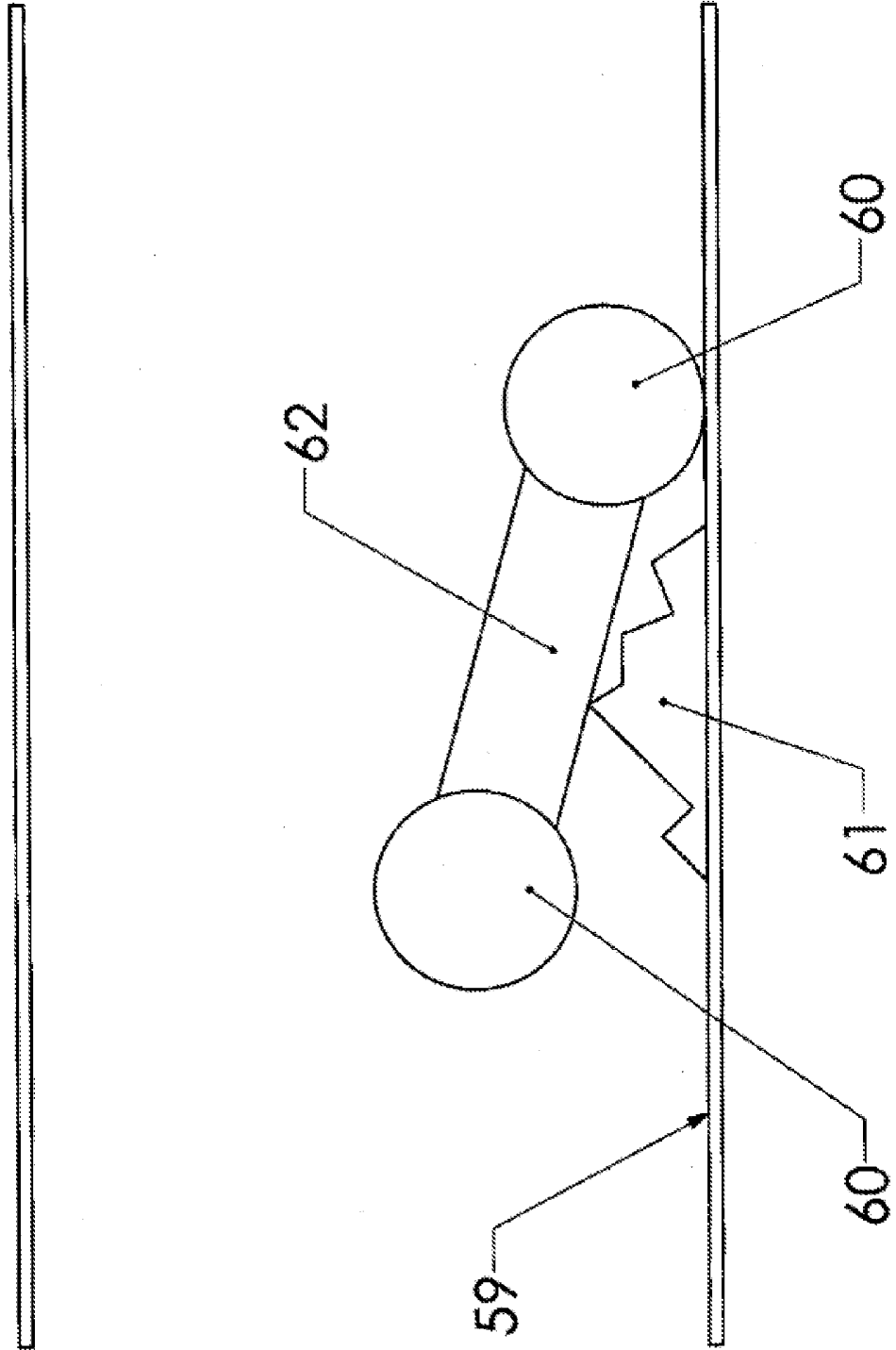




FIG.2



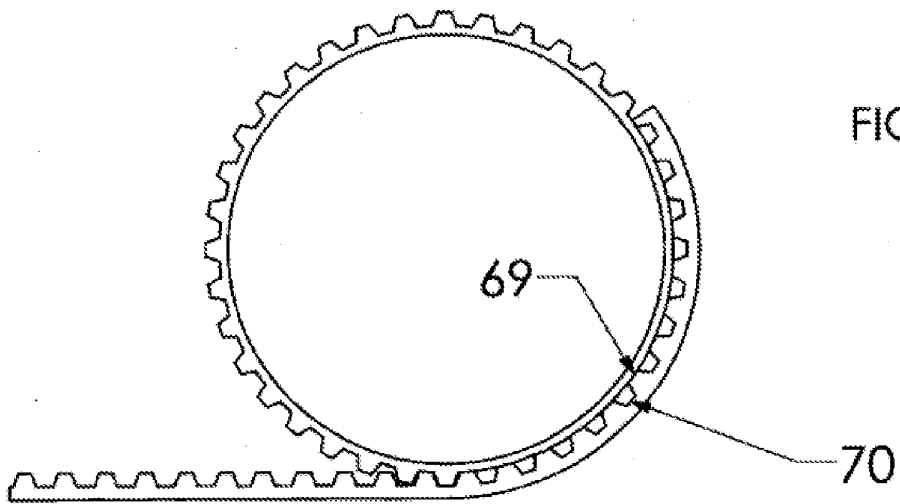
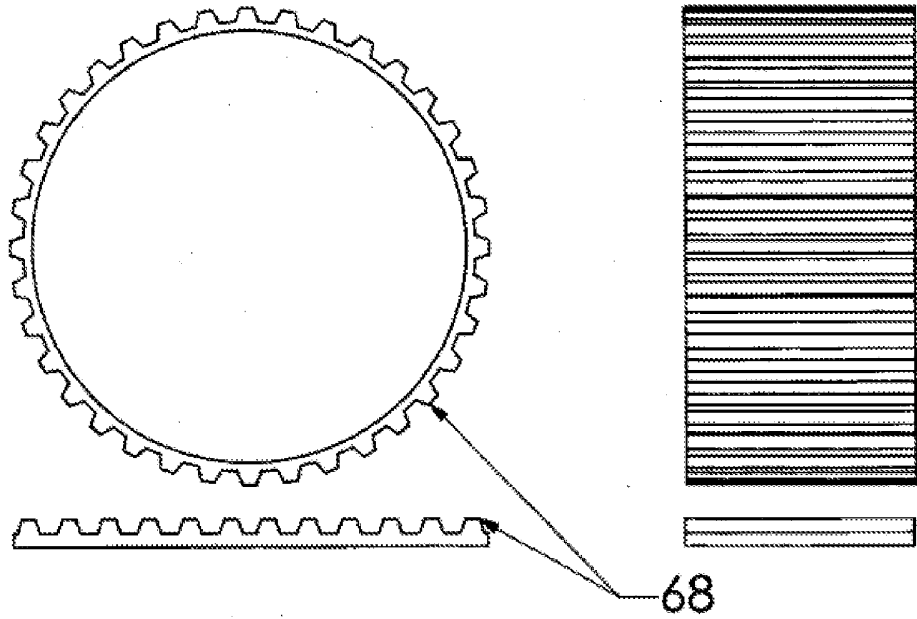


FIG.3

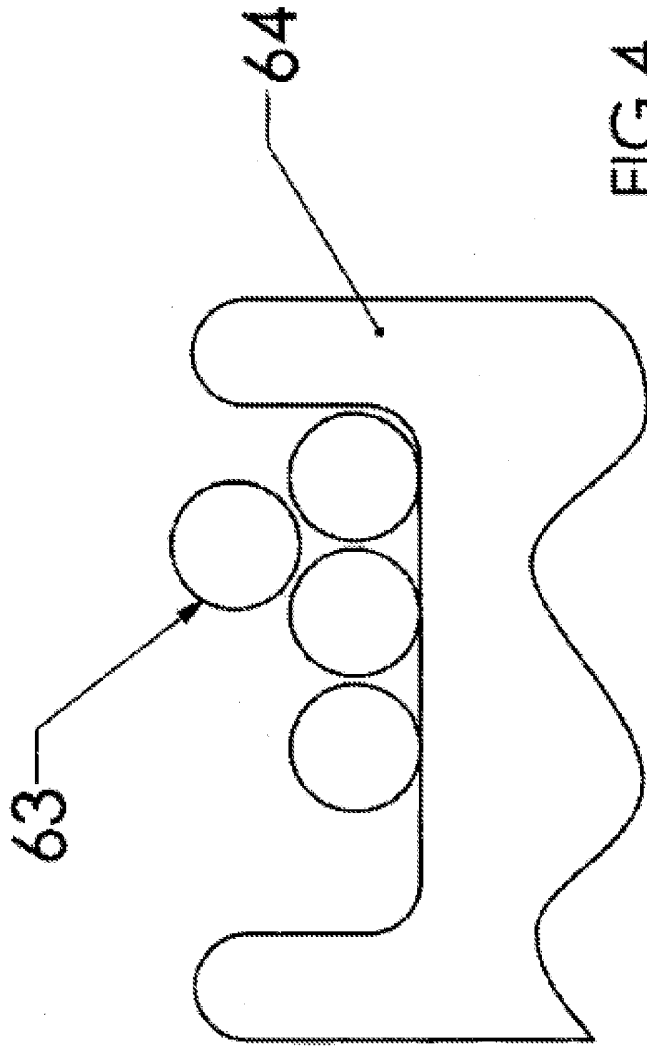


FIG. 4

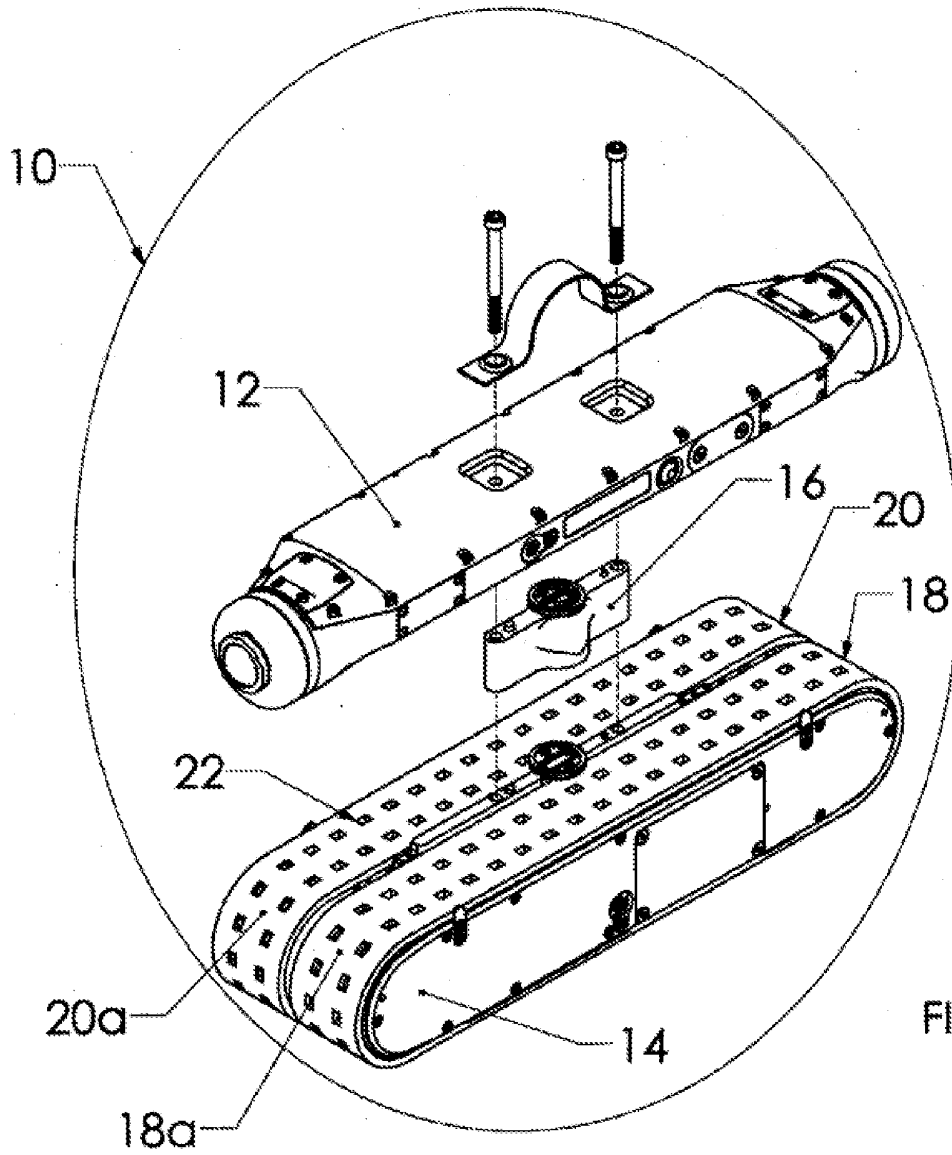


FIG.5

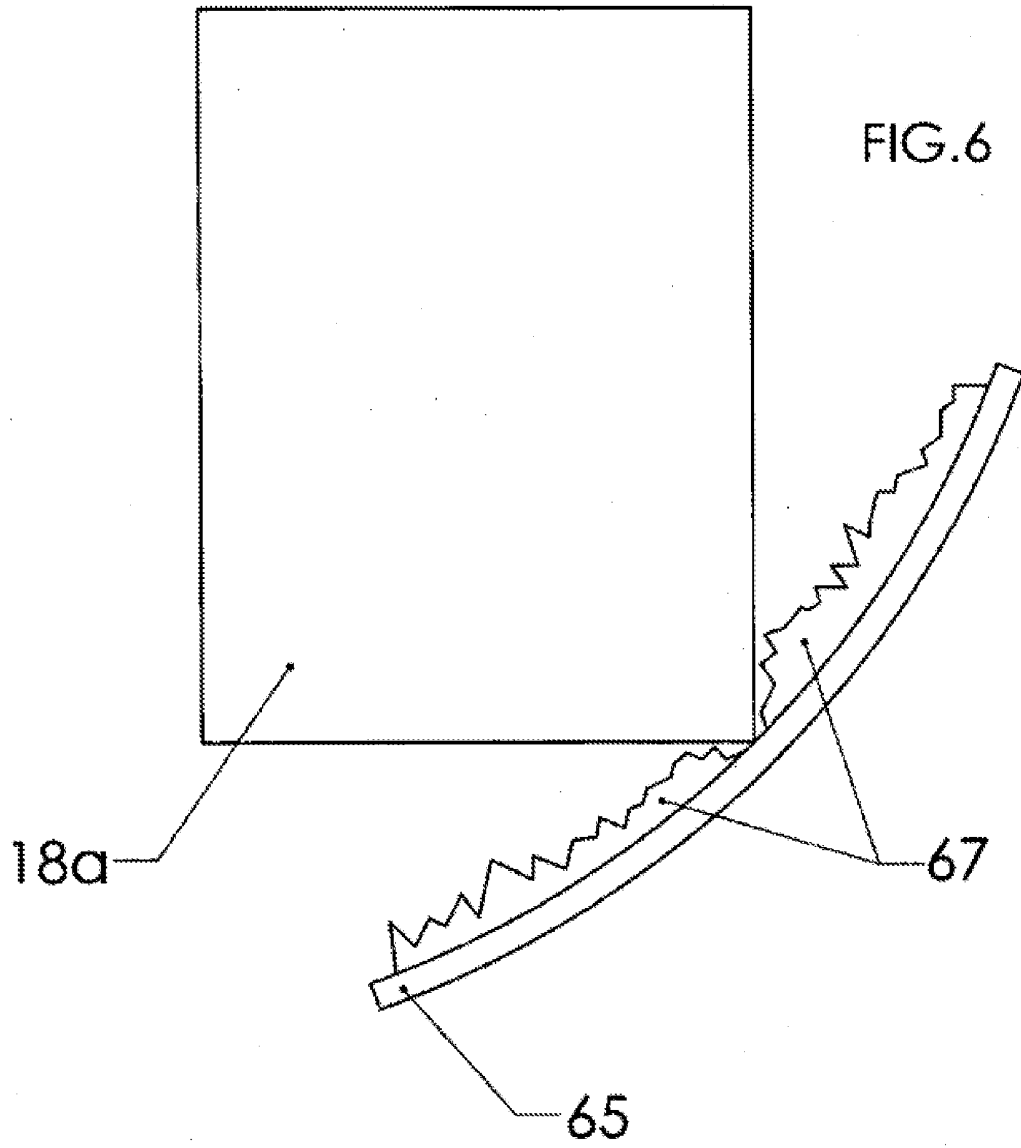
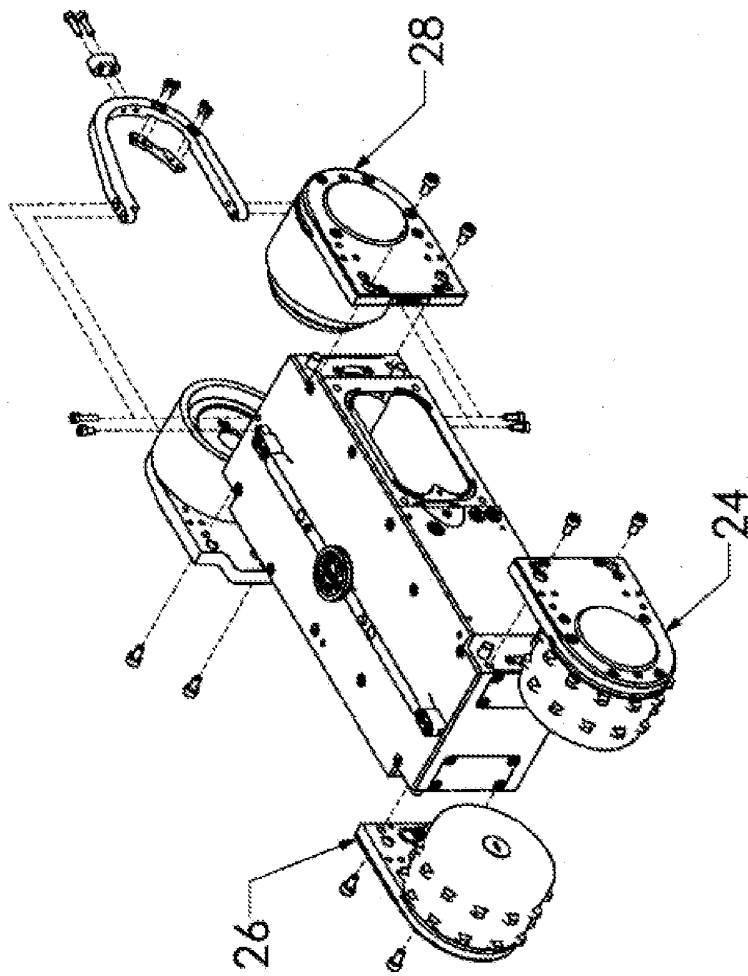
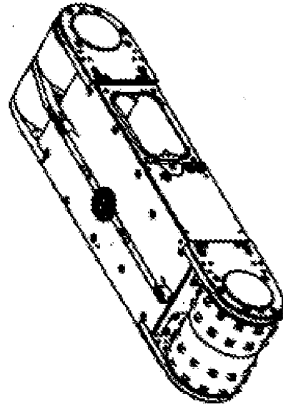


FIG. 7



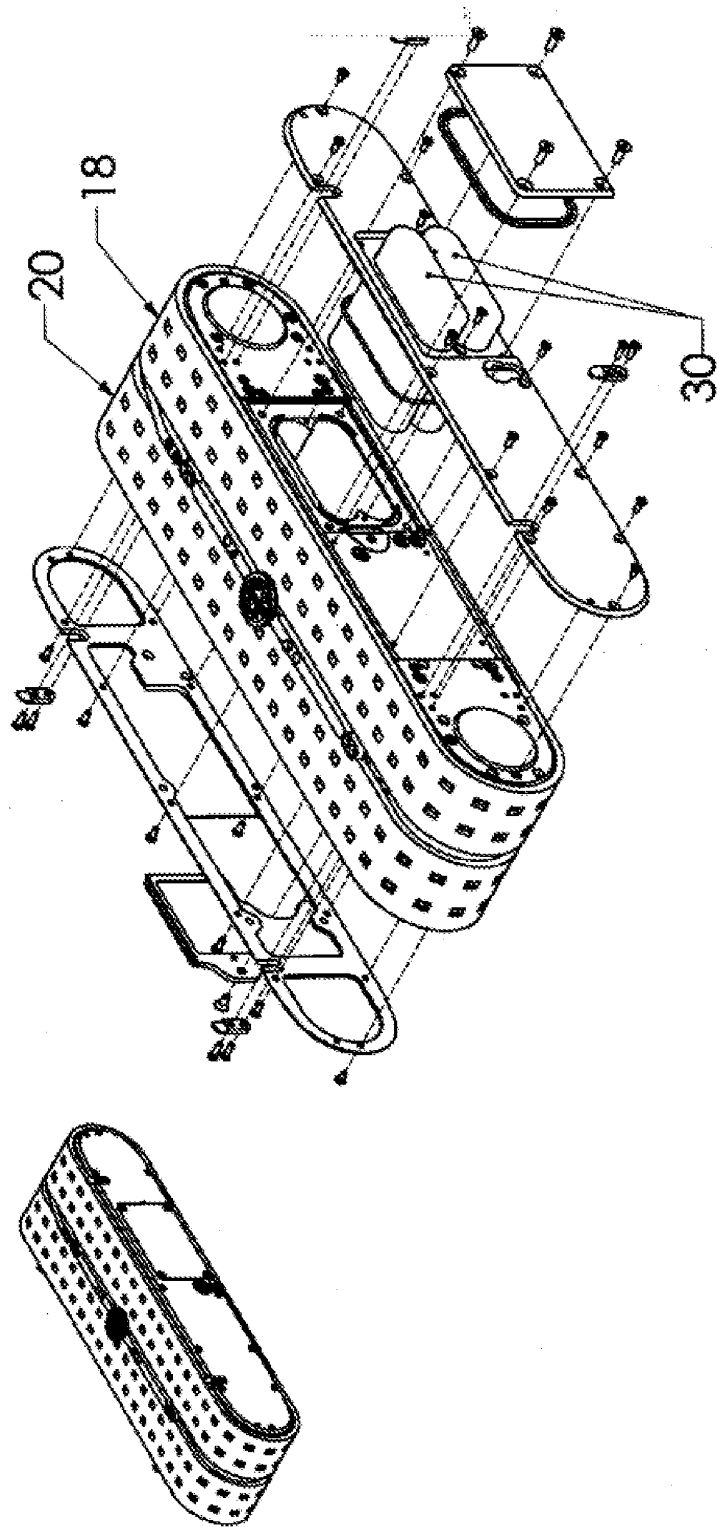


FIG. 8

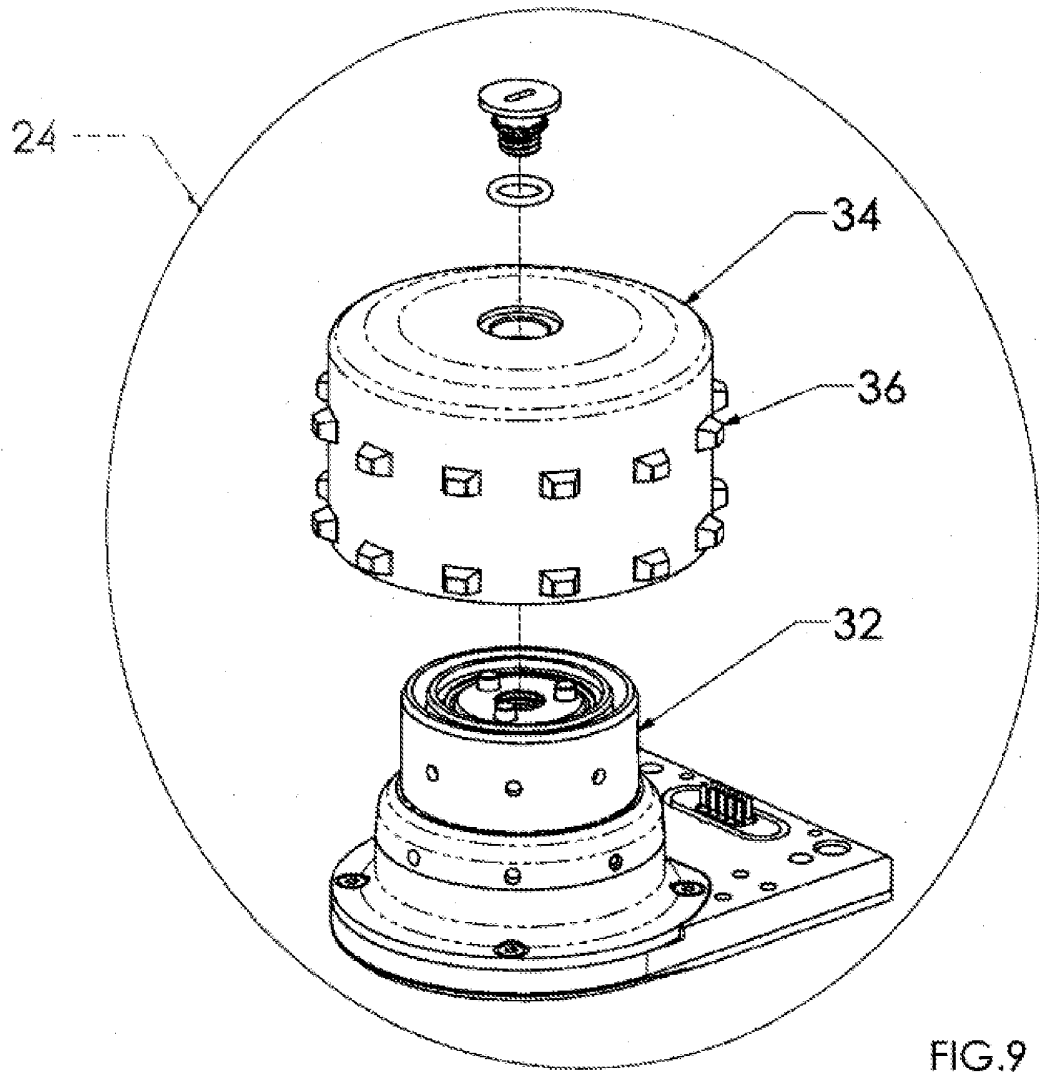


FIG.9



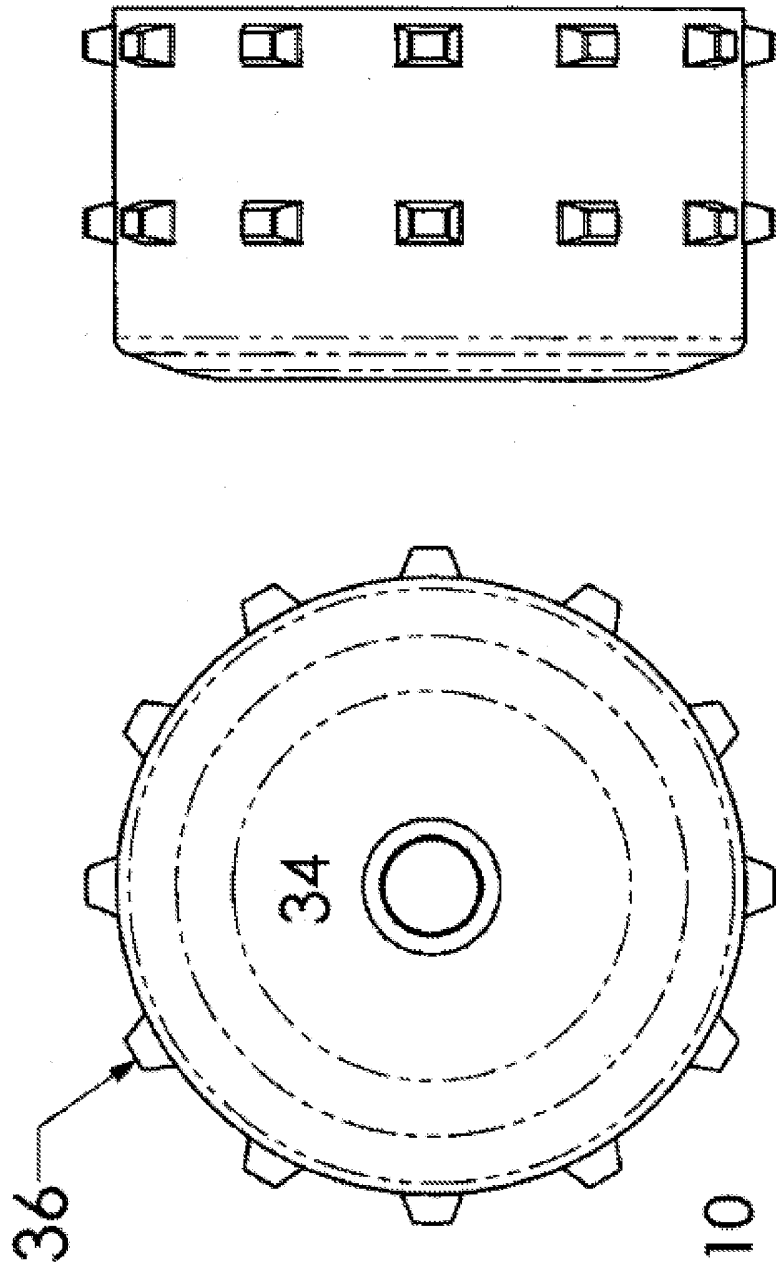
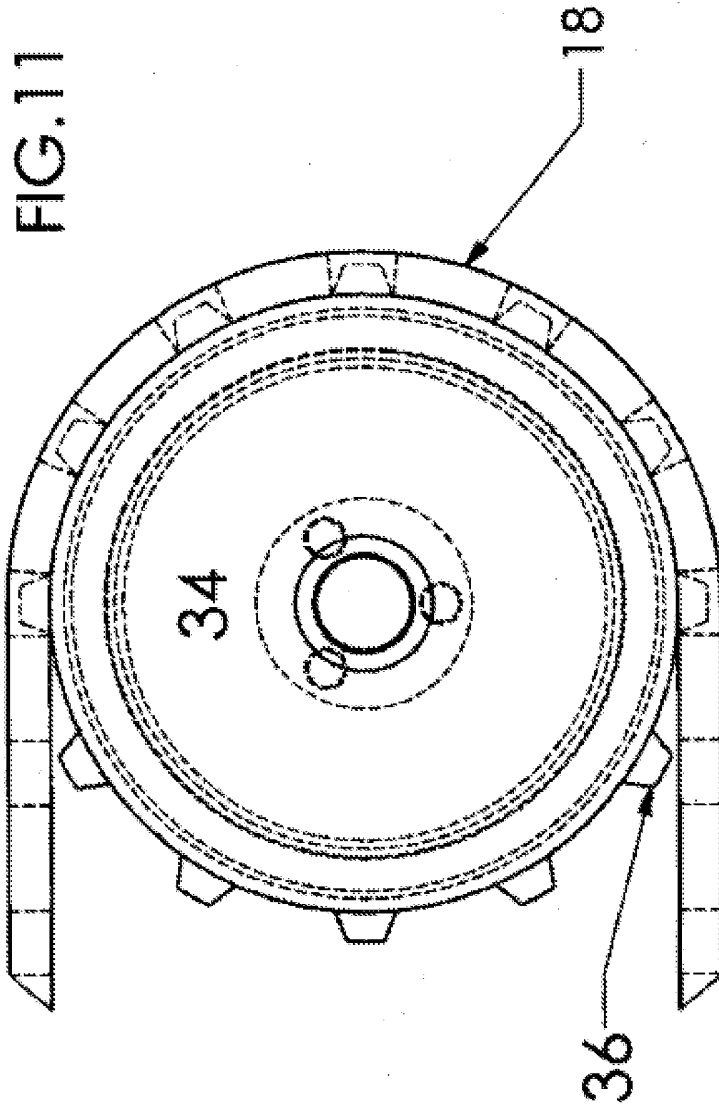
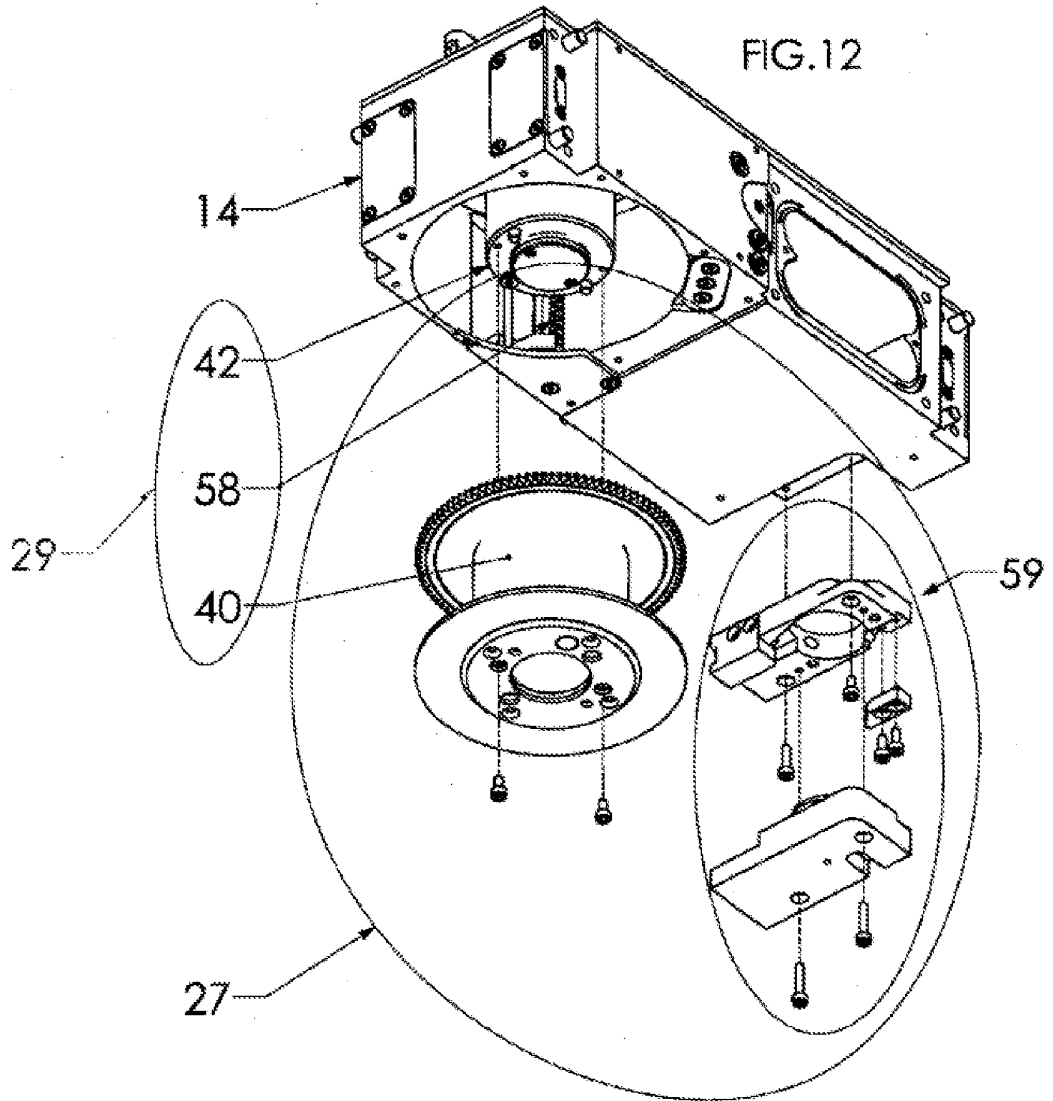
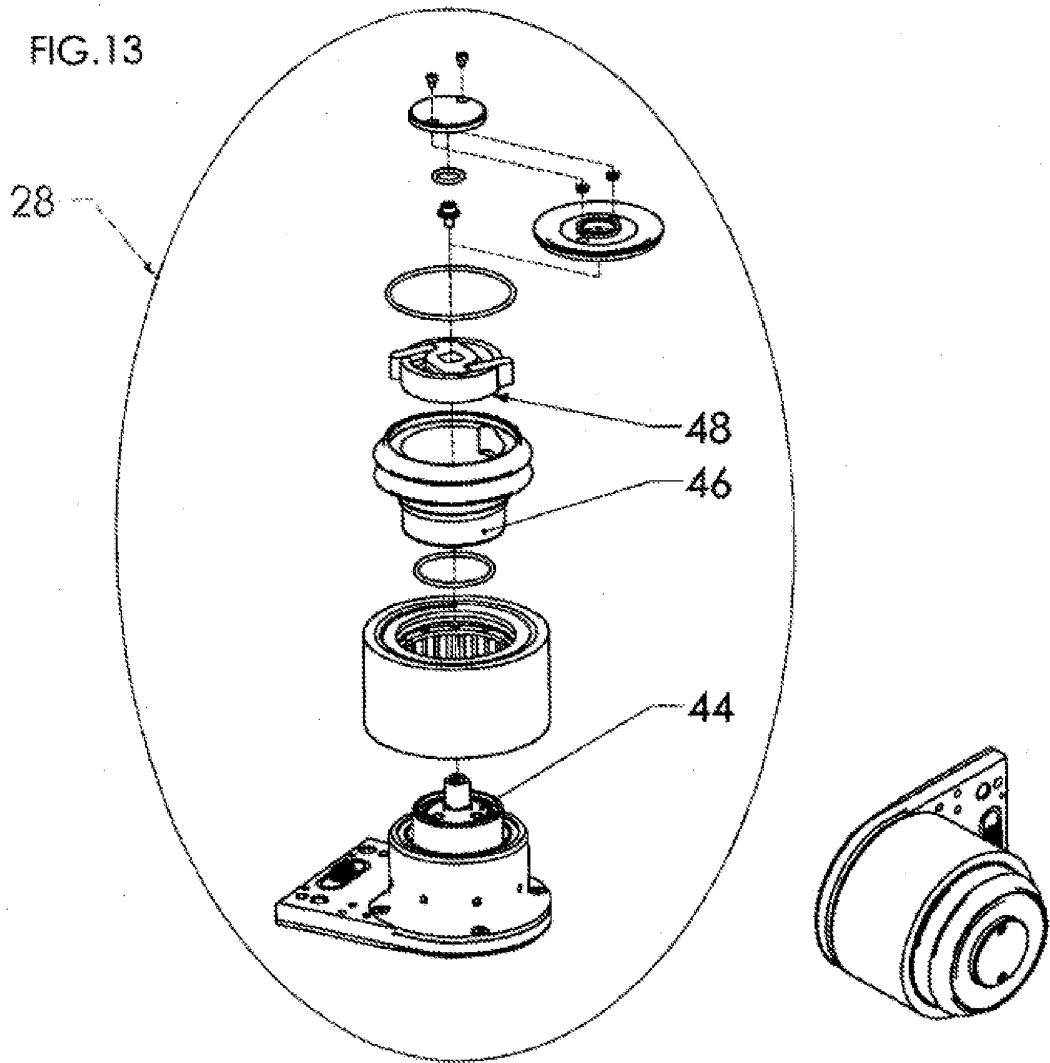


FIG.10







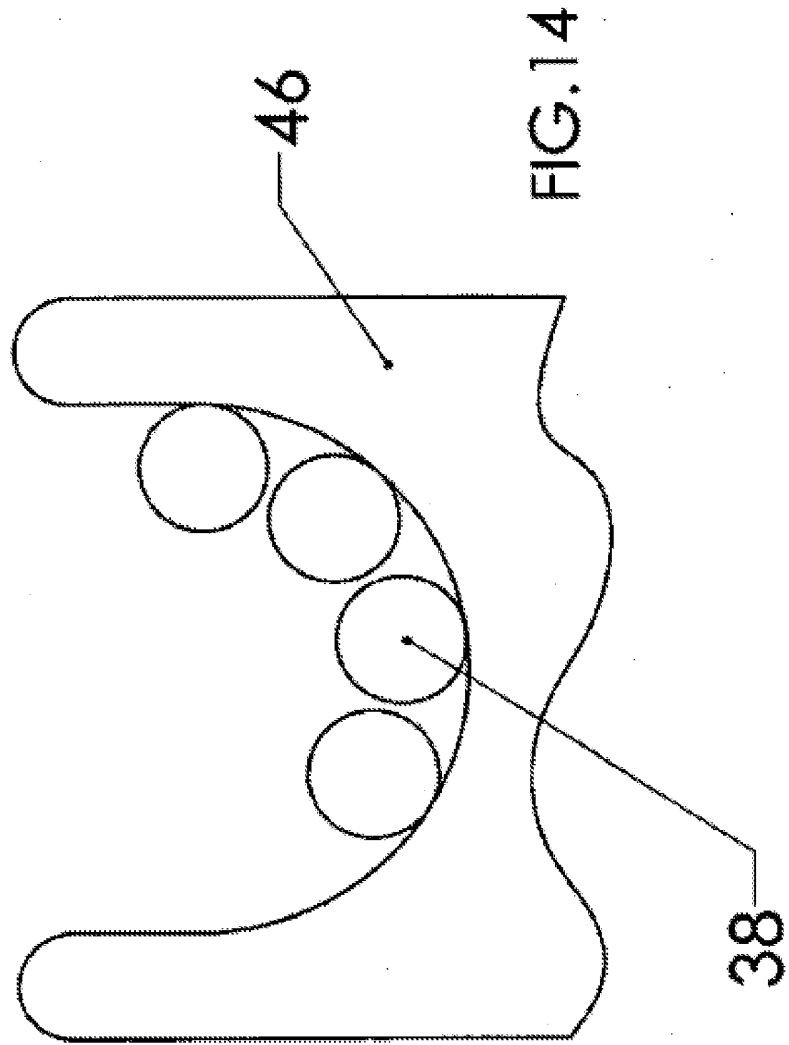


FIG.15

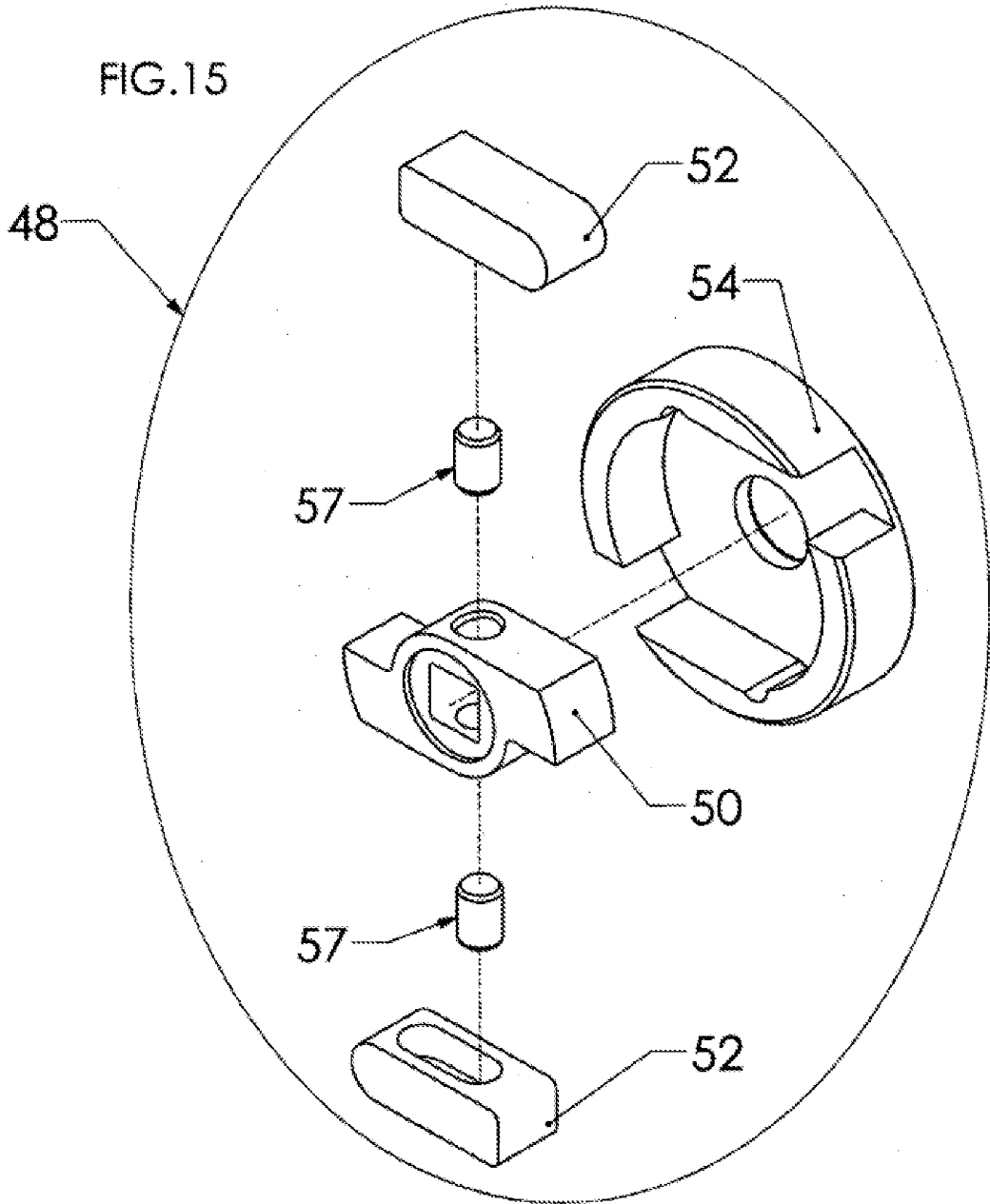
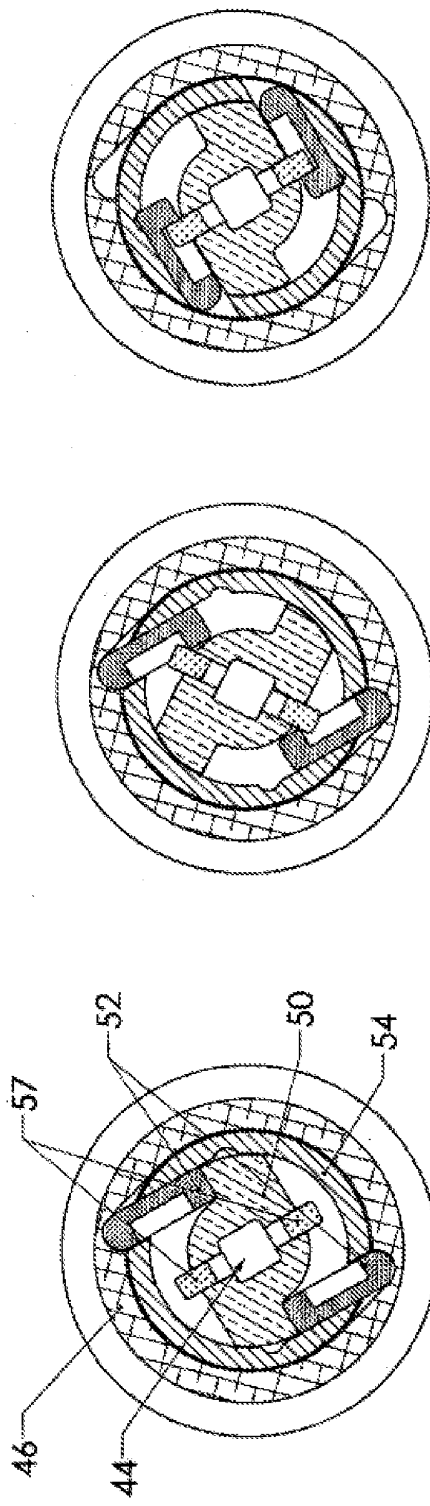


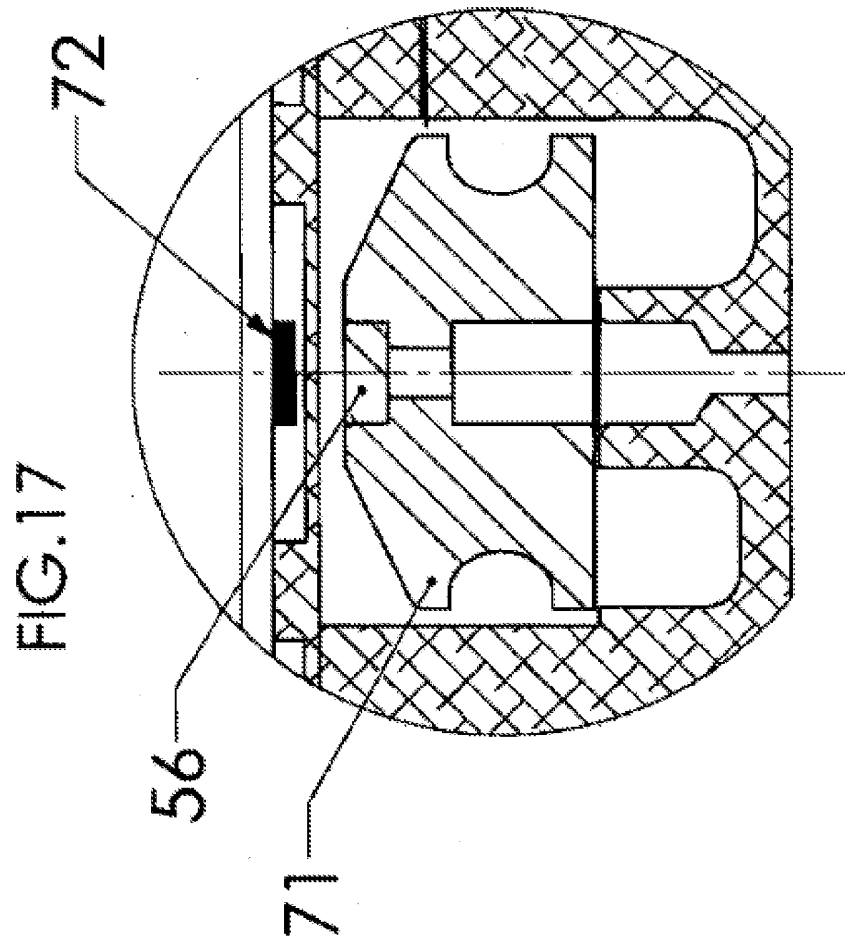
FIG.16



CABRESTANTE DE GUINCHO DESENGATADO

CABRESTANTE DE GUINCHO DESENGATANDO

CABRESTANTE DE GUINCHO ENGATADO





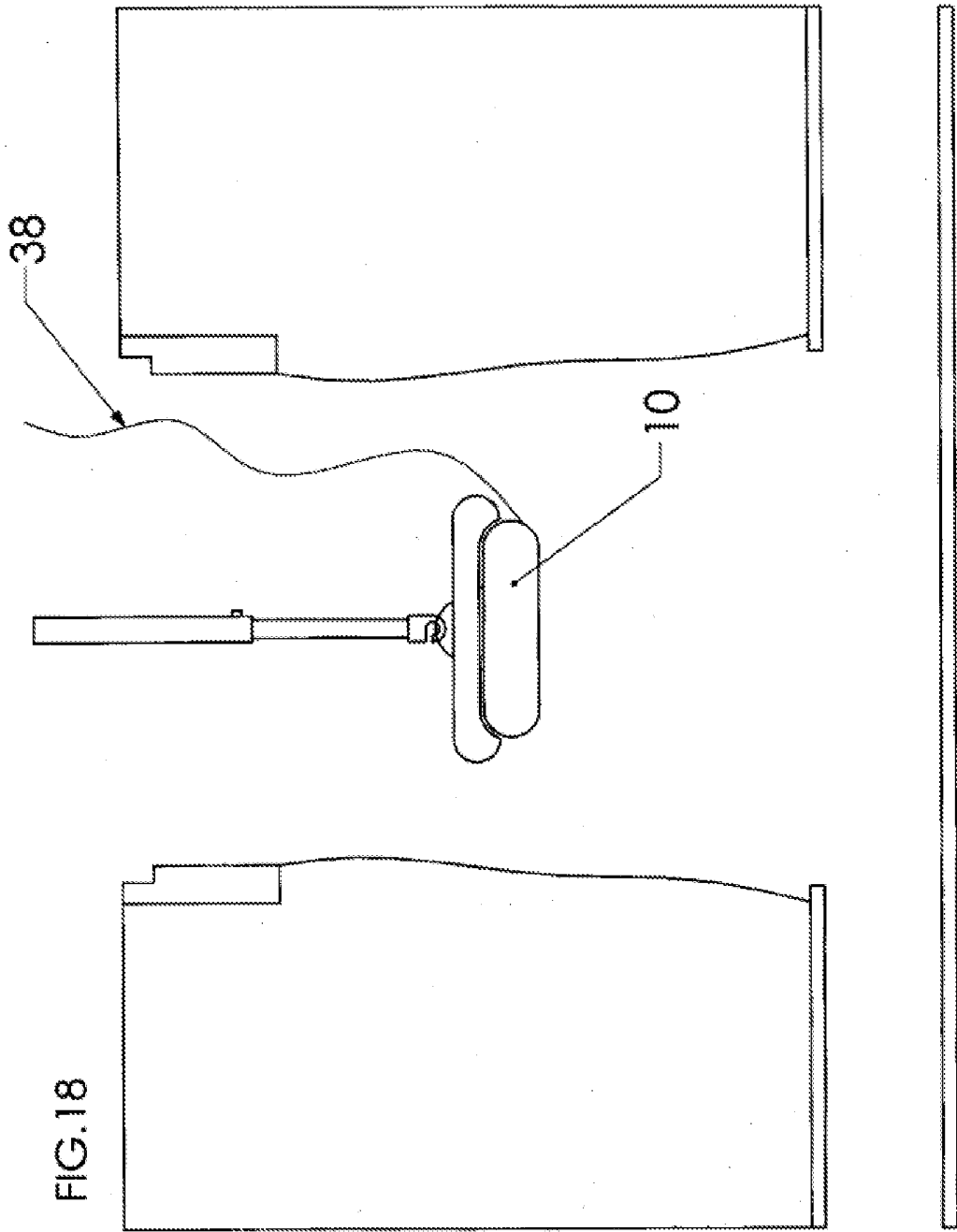


FIG.19

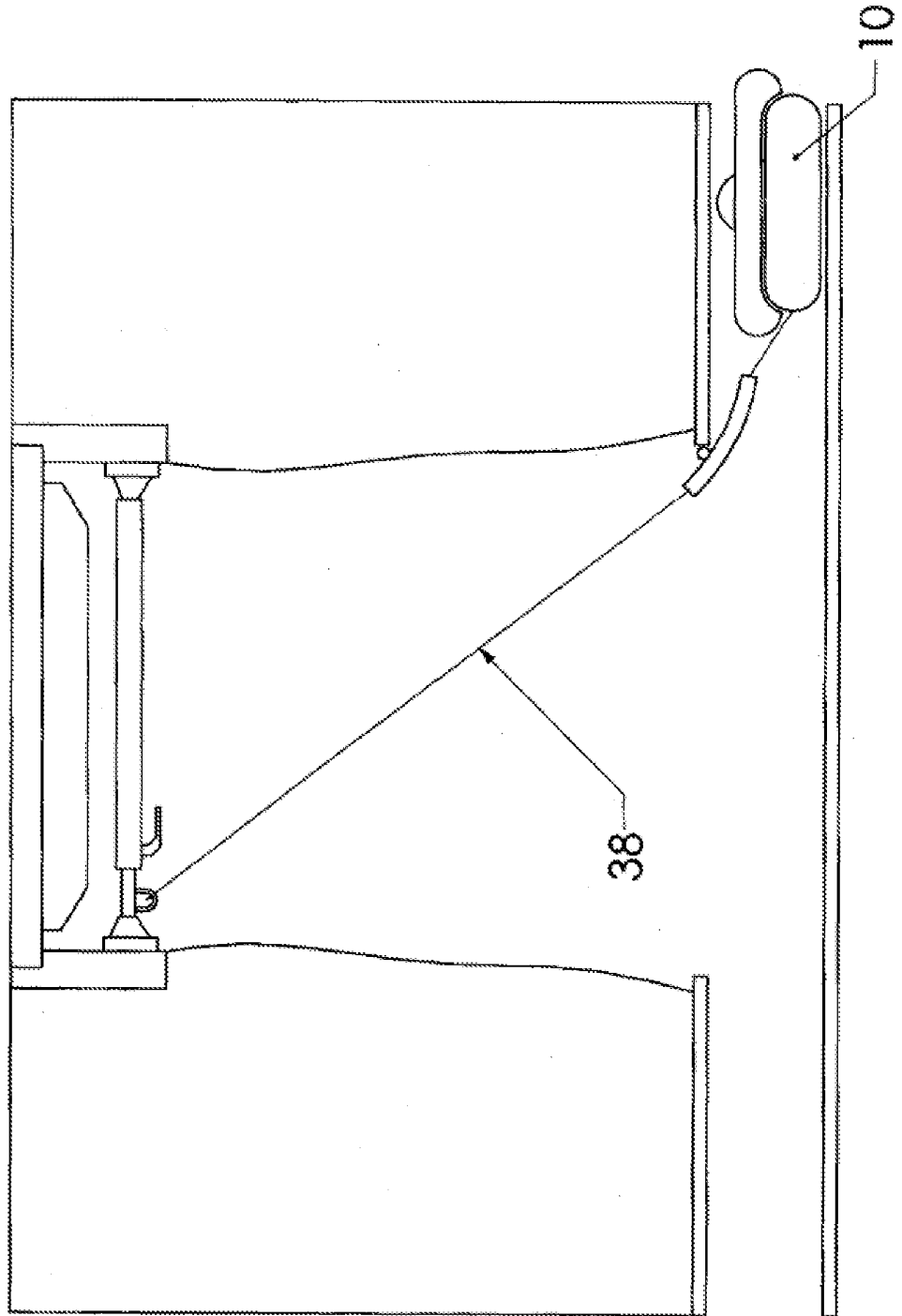


FIG. 20

