

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

(22) Data de pedido: 2012.03.13	(73) Titular(es): ENTREPRISE PHILIPPE LASSARAT 14-16 RUE EUGENE THEPOT 76600 HAVRE FR
(30) Prioridade(s): 2011.03.23 FR 1152419	
(43) Data de publicação do pedido: 2012.09.26	(72) Inventor(es): PATRICK SION FR
(45) Data e BPI da concessão: 2013.05.22 145/2013	(74) Mandatário: MANUEL GOMES MONIZ PEREIRA RUA DOS BACALHOEIRO, Nº 4 1100-070 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **SISTEMA DE MANUTENÇÃO DA PAREDE INTERIOR DE UMA CONDUTA E PROCESSO PARA A SUA APLICAÇÃO**

(57) Resumo:

O SISTEMA TEM UMA CARRUAGEM DO PORTA-FERRAMENTAS (1) CUJA PARTE FRONTAL E TRASEIRA É FORNECIDA COM SUPORTES DIANTEIRO E TRASEIRO, RESPECTIVAMENTE. UM NÚCLEO COMPREENDE UNIDADES ROTATIVAS, PARA RODAR O NÚCLEO EM TORNO DE UMA VIGA DE MODO A QUE AS FERRAMENTAS DE MANUTENÇÃO, POR EXEMPLO, TUBOS DE JACTO DE ÁGUA, PERMITEM A VERIFICAÇÃO DE UMA PAREDE INTERIOR DE UMA CONDUTA. CABOS PARA PERMITIR O DESLOCAMENTO DA CARRUAGEM NA CONDUTA, EM QUE A ACÇÃO DOS CABOS PERMITE O POSICIONAMENTO DAS FERRAMENTAS, POSICIONANDO A CARRUAGEM AO LONGO DA CONDUTA E PERMITE O DESLOCAMENTO DO NÚCLEO AO LONGO DA VIGA PARA O POSICIONAMENTO PRECISO DOS INSTRUMENTOS AO LONGO DA PAREDE. OS CABOS SÃO FORMADOS DE UM CABO DE TENSÃO (7), UM CABO DE EMERGÊNCIA (3) E UM CABO DE PUXAR (5). UMA REIVINDICAÇÃO INDEPENDENTE ESTÁ TAMBÉM INCLUÍDA NUM MÉTODO PARA OPERAR UM SISTEMA DE MANUTENÇÃO ROBÓTICO.

RESUMO

SISTEMA DE MANUTENÇÃO DA PAREDE INTERIOR DE UMA CONDUTA E PROCESSO PARA A SUA APLICAÇÃO

O sistema tem uma carruagem do porta-ferramentas (1) cuja parte frontal e traseira é fornecida com suportes dianteiro e traseiro, respectivamente. Um núcleo compreende unidades rotativas, para rodar o núcleo em torno de uma viga de modo a que as ferramentas de manutenção, por exemplo, tubos de jacto de água, permitem a verificação de uma parede interior de uma conduta. Cabos para permitir o deslocamento da carruagem na conduta, em que a acção dos cabos permite o posicionamento das ferramentas, posicionando a carruagem ao longo da conduta e permite o deslocamento do núcleo ao longo da viga para o posicionamento preciso dos instrumentos ao longo da parede. Os cabos são formados de um cabo de tensão (7), um cabo de emergência (3) e um cabo de puxar (5). Uma reivindicação independente está também incluída num método para operar um sistema de manutenção robótico.

DESCRIÇÃO

SISTEMA DE MANUTENÇÃO DA PAREDE INTERIOR DE UMA CONDUTA E PROCESSO PARA A SUA APLICAÇÃO

A presente invenção refere-se a um sistema de manutenção da parede interior de uma conduta e um método de implementação deste sistema. As condutas em questão são para o transporte de líquido ou gás e consideram-se em especial as condutas forçadas.

As centrais hidroelétricas usam água elevada para implementar as condutas forçadas de grande diâmetro utilizando a energia potencial da água, devido à diferença de altura entre as turbinas de retenção a montante e a jusante, operadas pela água. Essas condutas são geralmente compostas por tubos de metal montados ao longo de uma encosta e são protegidas por revestimentos exteriores e interiores. É necessário manter regularmente estas condutas forçadas e, em especial, renovar o revestimento de proteção interior, eliminando o revestimento interior assim que a surja eventual oxidação, substituindo-o por um novo. Geralmente a manutenção consiste em realizar uma preparação de superfície adequada com a aplicação de um novo revestimento. Esta preparação pode consistir, por exemplo, numa decapagem com uma proteção de um abrasivo que permite criar alguma rugosidade na superfície para maior aderência e aplicação de um novo revestimento.

Estas operações são atualmente realizadas manualmente e são particularmente problemáticas, perigosas. Em particular, os operadores trabalham num ambiente fechado e precisam remover revestimentos que podem conter substâncias tóxicas como por exemplo, amianto ou metais pesados. Pode acontecer o mesmo para os revestimentos que são usados na

substituição, por exemplo, por causa dos solventes utilizados.

Além disso, este trabalho deve ser relativamente preciso por causa das ferramentas utilizadas, por exemplo, para a decapagem, as agulhetas de água de alta pressão (UHP - cerca de 3000 bar) ou as "areias" (termo aqui usado como genérico abrangendo a utilização de partículas abrasivas em geral) tem uma área de ação relativamente limitada e a atenção do operador deve ser continuada. O resultado destas operações pode levar um tempo considerável e as verificações na conduta forçada serem um pouco longas. Certas condutas podem ter vários quilómetros.

Por conseguinte, é desejável automatizar essa manutenção e implementar uma máquina que possa executar esse trabalho. No entanto, há muitas restrições. As condutas podem ter diâmetros diferentes, dependendo do caso, por exemplo, entre 1,5 m e 2,5 m. A inclinação da linha pode variar de acordo com as variações da encosta e a conduta pode até ser horizontal. As ligações entre os tubos podem ser de vários tipos e pode encontrar-se uma montagem de rebites, rebites que formam irregularidades na parede interior da conduta. O ambiente trabalho é muito difícil (água, abrasivos, solventes...). Sob estas condições, o fabrico de uma máquina fiável e versátil necessita de superar muitos obstáculos e a realização de funcionalidades adequadas para estas finalidades.

Conhece-se do documento EP 1245692 um dispositivo fixo e rígido de intervenção numa conduta e pelos documentos FR 2638813 e EP 0378840 dispositivos de inspeção de condutas.

A presente invenção proporciona um sistema manutenção da parede interior de uma conduta, o sistema compreende um carro porta-ferramentas e um conjunto de cabos estendidos entre o referido carro e o guincho das extremidades a montante e jusante da referida conduta, os referidos cabos permitem o movimento do carro na referida conduta.

De acordo com a invenção, o referido carro compreende um suporte antes da sua extremidade frontal, um suporte atrás da sua extremidade traseira e uma viga alongada estendida entre os suportes dianteiro e traseiro, um núcleo que compreende os braços radiais das ferramentas de manutenção colocado sobre a viga, o núcleo pode deslocar-se em translação ao longo da viga graças a um meio de deslocamento do núcleo, os suportes dianteiro e traseiro compreendem pés com meios de rolamento, o referido núcleo inclui ainda meios que permitem a rotação em torno da viga de modo que as ferramentas possam varrer a parede interior radialmente na sua circunferência, a ação cabos permite o um posicionamento aproximado das ferramentas pelo posicionamento do carro ao longo da conduta e o deslocamento do núcleo ao longo da viga permite um posicionamento preciso das ferramentas ao longo da parede.

Em várias formas de realização da aplicação da invenção, os podem ser utilizados os seguintes meios sozinhos ou em qualquer combinação tecnicamente possível, são usados:

- a conduta é uma conduta para líquido ou gás,
- a conduta é uma conduta forçada,
- o meio de deslocamento do núcleo compreende um parafuso sem fim acionado por um motor,
- o motor que aciona o meio de deslocamento do núcleo é selecionado entre os motores elétricos, hidráulicos, pneumáticos ou outros,

- o motor elétrico que aciona o meio de deslocamento do núcleo é do tipo sem escovas,
- o meio de deslocamento do núcleo compreende outros meios de detecção, direta ou indireta da posição do núcleo - pelo cálculo em função do número de rotações do motor por exemplo -,
- as ferramentas são do tipo laser,
- as ferramentas são do tipo de pulverização do revestimento de proteção da parede, em especial, pulverizador de pintura,
- as ferramentas são do tipo de agulhetas de água por pulverização de alta pressão,
- as ferramentas são do tipo agulhetas de jacto de abrasivo,
- as ferramentas são do tipo com movimento próprio de rotação ou de ressalto e acionadas por um motor elétrico ou hidráulico ou pneumático limpo,
- as ferramentas são do tipo com fricção, como vassouras, escovas, lixadeiras,
- as ferramentas são do tipo de choque, como martelos, *burineuses* ...
- as ferramentas são alimentadas por um fluido proveniente de uma fonte exterior ao referido sistema,
- o fluido é fornecido através de condutas flexíveis diretamente para as ferramentas
- o líquido é fornecido às ferramentas através de, pelo menos um, distribuidor rotativo montado sobre o núcleo,
- as ferramentas são alimentadas por eletricidade a partir de uma fonte exterior ao referido sistema,
- a eletricidade é fornecida através de condutores flexíveis diretamente para as ferramentas,
- a eletricidade é fornecida às ferramentas pelo menos através de um distribuidor rotativo montado sobre o núcleo,
- a viga é rígida e está ligada aos suportes dianteiro e

traseiro, por meio de uma junta universal à frente e uma junta universal traseira,

- a posição da viga em relação aos suportes dianteiro e traseiro é ajustável pelo menos em altura, um macaco frontal está disposto no suporte dianteiro e um macaco traseiro está disposto no suporte traseiro, a parte móvel ajustável do cilindro está ligada à viga

- os macacos da frente e de trás são do tipo parafuso sem fim,

- o macaco compreende ainda uma barra de orientação,

- o parafuso dos macacos dianteiro e traseiro é acionado por um motor,

- o motor que aciona o parafuso sem fim de cada um dos macacos dianteiro e traseiro é selecionado a partir de motor elétrico, hidráulico, pneumático ou de outro,

- o motor que aciona o parafuso sem fim de cada um dos macacos dianteiro e traseiro é do tipo sem escovas,

- os macacos dianteiro e traseiro compreendem adicionalmente meios de deteção, direta ou indireta da posição da extremidade da viga - pelo cálculo em função do número de rotações do motor, por exemplo -,

- os macacos dianteiro e traseiro são do tipo de pistão hidráulico ou pneumático,

- a viga está fixa à parte móvel ajustável do macaco,

- a viga é colocada sobre a parte móvel ajustável do macaco

- os suportes dianteiro e traseiro podem rodar à volta do eixo maior da viga,

- a ligação entre a extremidade da viga e a parte móvel ajustável do macaco compreende um rolamento de rotação,

- os suportes dianteiro e traseiro podem afastar-se ou aproximar-se,

- a ligação entre a extremidade da viga e a parte móvel ajustável do macaco tem rolamento de translação,

- cada suporte tem três pés radiais cada um com, pelo menos, uma roda na sua extremidade, os referidos pés estão dispostos equiangularmente em torno do referido suporte, ou seja a 120° uns dos outros,
- cada suporte tem três pés radiais cada um com, pelo menos, uma roda na sua extremidade, os referidos pés estão dispostos equiangularmente em torno do referido suporte, ou seja a 90° uns dos outros,
- cada suporte compreende três pares de pés radiais tendo cada pé pelo menos um rolamento na sua extremidade, cada par está alinhado ao longo do comprimento do carro e está preferencialmente a desbordo dianteiro e traseiro no referido suporte, os referidos pares de pés estão dispostos equiangularmente em torno do referido suporte ou seja a 120° uns dos outros,
- cada suporte compreende três pares de pés radiais tendo cada pé pelo menos um rolamento na sua extremidade, cada par está alinhado ao longo do comprimento do carro e está preferencialmente a desbordo dianteiro e traseiro no referido suporte, os referidos pares de pés estão dispostos equiangularmente em torno do referido suporte ou seja a 90° uns dos outros,
- cada suporte tem quatro pernas, cada uma com pelo menos uma roda, na sua extremidade, as referidas rodas estão dispostas nos quatro cantos de um quadrilátero localizado do lado inferior do suporte e num estrado, pelo menos, lateralmente, do referido suporte,
- o comprimento e/ou a altura dos pés é ajustável,
- as rodas são ajustáveis, tipo *jockey*
- as rodas são do tipo carrinho, também conhecido como *folle*
- cada pé tem uma roda,
- cada pé tem três rodas,

- as três rodas de um pé são solidariamente *folles*, as três giram em conjunto em sincronia,
- as três rodas de um pé são paralelas umas às outras e com os planos laterais distintos entre elas, com uma roda central e duas rodas laterais,
- a roda central tem um diâmetro maior do que o diâmetro idêntico das duas rodas laterais,
- a roda central tem um diâmetro menor do que o diâmetro idêntico das duas rodas laterais,
- a roda central é deslocada verticalmente em relação às duas rodas laterais, as três rodas têm o mesmo diâmetro,
- a roda central é deslocada verticalmente para baixo em relação às duas rodas laterais, as três rodas têm o mesmo diâmetro,
- a roda central é deslocada verticalmente para cima em relação às duas rodas laterais, as três rodas têm o mesmo diâmetro,
- a roda central é deslocada para frente em relação às duas rodas laterais,
- a roda central é deslocada para trás relativamente às duas rodas laterais,
- as rodas são montadas sobre os pés, através amortecedores,
- o quadrilátero tem, nos quatro cantos, rodas a desbordo ainda mais para a frente do suporte dianteiro,
- o quadrilátero tem, nos quatro cantos, rodas a desbordo ainda mais para trás do suporte dianteiro
- o quadrilátero tem, nos quatro cantos, rodas a desbordo ainda mais para a frente do suporte traseiro,
- o quadrilátero tem nos quatro cantos rodas a desbordo ainda mais para trás do suporte traseiro,
- de preferência, o quadrilátero tem nos quatro cantos rodas a desbordo mais atrás e à frente do suporte,

- o comprimento do braço é ajustável para ajustar a distância entre as ferramentas em relação à parede interior da conduta,
- a posição radial das ferramentas em relação ao núcleo é regulável para ajustar a distância das ferramentas em relação à parede interior da conduta,
- o suporte traseiro é composto por uma caixa de controlo de operação do referido sistema,
- a unidade de controlo compreende um controlo remoto
- o controlo remoto tem um fio
- o controlo remoto é rádio elétrico,
- o controlo remoto é por infravermelhos,
- os guinchos são motorizados,
- a motorização é elétrica,
- o guincho compreende ainda um meio de acionamento manual mecânico, com enrolamento e/ou desenrolamento,
- o guincho de tração é motorizado,
- o guincho de tensão é motorizado,
- o guincho auxiliar é motorizado,
- de forma equivalente, o guincho de tração é montado no suporte traseiro,
- de forma equivalente o guincho de tensão é montado no suporte dianteiro,
- de forma equivalente o guincho auxiliar está montado no suporte traseiro,
- o suporte traseiro está ligado por um cabo de tração a um guincho de tração a montante, e por um cabo auxiliar a guincho auxiliar a montante, e em que este suporte dianteiro está ligado por um cabo de tensão a um guincho a jusante, assegurando uma tensão sensivelmente constante ao referido cabo de tensão,
- os suportes permitem a rotação do referido núcleo em torno da viga para permitir o movimento de rotação alternado numa amplitude angular determinada,

- os suportes permitem a rotação do referido núcleo em torno da viga para permitir o movimento de rotação a mais de 360° ,
- o núcleo tem um braço radial,
- o núcleo é composto por dois braços radiais,
- o núcleo compreende três braços radiais,
- o núcleo tem quatro braços radiais,
- o núcleo tem um numero de braços radiais de N, N deve ser maior do que ou igual a um, e os suportes que permitem a rotação do referido núcleo em torno da viga permitem movimentos de rotação alternados de uma amplitude angular de cerca de $360^\circ/N$, de preferência, N é igual a 3 e a amplitude angular da rotação alternativa é cerca de 120° ,
- as ferramentas são ou agulhetas para pulverização de água a alta para ou agulhetas de projeção de abrasivos
- o carro porta-ferramentas compreende meios de iluminação.

A invenção refere-se também a um método de operação de um sistema de manutenção da parede interior de uma conduta. De maneira geral, um comprimento da conduta é mantido pelas ferramentas enquanto o carro porta-ferramentas é imobilizado na referida área, o núcleo com o braço que transporta as ferramentas desloca-se no interior do referido carro imobilizado.

Mais especificamente, é um processo de operação de um sistema de manutenção da parede interior de uma conduta, compreendendo o referido sistema um carro porta-ferramentas e um conjunto de cabos estendidos entre o referido carro e os guinchos nas extremidades a montante e a jusante da referida conduta, os referidos cabos, permitem deslocamentos do carro na referida conduta, em que é usado um carro com um suporte frontal na sua extremidade frontal, um suporte posterior na sua extremidade posterior e uma

viga alongada entre os suportes dianteiro e traseiro, um núcleo com braços radiais que transportam as ferramentas de manutenção dispostas sobre a viga, o núcleo pode deslocar-se ao longo da viga graças a um meio de deslocamento do núcleo, os suportes dianteiros e traseiros têm pés com rodas, o referido núcleo compreende ainda meios para a rotação em torno da viga de modo a que as ferramentas possam varrer a parede interior sobre a sua circunferência, e sobre os cabos para assegurar o posicionamento grosseiro das ferramentas para um posicionamento do carro ao longo da conduta e assegurando um posicionamento preciso das ferramentas ao longo da parede pelo movimento do núcleo ao longo da viga.

A presente invenção, não limitativa, vai agora ser exemplificada com os seguintes modos de realização e a descrição relacionadas com:

A Figura 1 mostra esquematicamente o sistema da invenção com um carro porta-ferramentas instalado numa conduta forçada e ligado aos guinchos a montante e a jusante,

A Figura 2 mostra um carro porta-ferramentas visto em perspectiva a partir da retaguarda (montante),

A Figura 3 é uma vista em perspectiva de uma viga com um núcleo com os braços porta-ferramentas radiais,

A Figura 4 é uma vista em perspectiva de um detalhe do núcleo na viga,

A Figura 5 representa um suporte dianteiro (lado jusante) visto em perspectiva a partir da retaguarda

A Figura 6 representa um suporte traseiro (lado montante), visto em perspectiva a partir da retaguarda

A Figura 7 é uma vista em perspectiva da estrutura do macaco de ajuste de altura da viga,

A Figura 8 mostra esquematicamente a passagem do carro porta-ferramentas numa curva da conduta depois do ajuste da altura da viga em relação a cada uma das partes frontal e posterior graças aos macacos de ajuste de altura, e

A Figura 9 mostra esquematicamente os passos de funcionamento -A- a -D- a partir de um carro porta-ferramentas com o braço das ferramentas em -A- tendo sido trazido de volta à sua posição inicial numa extremidade da viga depois de um início, em -B- o ciclo de trabalho iniciado provoca a translação e a rotação do núcleo do braço de ferramentas para a outra extremidade, de entrada, da viga, em -C- o núcleo do braço de ferramentas atinge a extremidade da viga e a translação e a rotação do referido núcleo são imobilizadas, e em -D- ocorre o retorno do núcleo do braço de ferramentas à sua posição inicial.

Como aplicação de exemplo, considera-se a manutenção de uma conduta forçada que consiste na decapagem com água sob alta pressão seguida da projeção de um abrasivo. Este exemplo é não limitativo em especial em relação ao tipo de conduta e ao tipo de tratamento realizado na conduta. Para este fim, o carro porta-ferramentas do sistema da invenção, faz duas passagens sucessivas, com a troca de ferramentas entre as duas passagens. A decapagem por pulverização de água a alta pressão irá remover a tinta, bem como os seus componentes nocivos. A água que cai ao longo da conduta é então recuperada a jusante e filtrada para despoluir. O carro

porta-ferramentas disposto no interior da conduta a montante é ligado por um cabo de tração a um guincho de tração a montante e por um cabo auxiliar a um guincho auxiliar a montante. O carro porta-ferramenta é ligado a jusante por um cabo de tensão a um guincho de tensão a jusante. O cabo auxiliar é um auxílio destinado a manter o carro porta-ferramentas no caso do cabo de tração ou do guincho de tração o largarem. O cabo auxiliar não está sujeito a um esforço especial importante em condições normais. O cabo de tensão e o guincho a jusante, especialmente o último, incluem meios para proporcionar uma força de tensão sensivelmente constante ao dito cabo de tensão que tende a puxar a jusante e para baixo o carro porta-ferramentas. Esta tensão que tende a puxar para baixo o carro porta-ferramentas é combatida pelo cabo de tração e pelo guincho de tração quando o carro porta-ferramentas está imóvel. Assim, para movimentar para baixo o carro porta-ferramentas, basta soltar o guincho de tração e o carro porta-ferramentas descenderá ao longo da conduta sob o efeito do seu próprio peso e da tensão do cabo de tensão. Para fazer subir o carro porta-ferramentas, é suficiente que a força de tração em relação à altura seja superior à força de tensão no sentido descendente, o que pode ser obtido através do aumento da força de tração, em relação à altura, pelo cabo de tração e pelo guincho de tração e/ou pela diminuição da força de tensão no sentido descendente pelo cabo de tensão e pelo guincho de tensão.

Entende-se que, numa versão mais avançada, o cabo de tensão e o guincho de tensão podem ser omitidos, o carro porta-ferramentas também pode descer devido ao seu próprio peso. No entanto, no caso de condutas com rebites ou outro obstáculo, o cabo de tensão e o guincho de tensão são uma

ajuda para ultrapassar tais obstáculos no caminho descendente.

Entende-se que, de forma equivalente, que o guincho de tração e de tensão podem estar no carro porta-ferramentas e as extremidades a montante e a jusante dos cabos de tração e tensão estão simplesmente fixos às respectivas extremidades do tubo. Neste caso, refere-se conservar o guincho de auxiliar a montante da conduta para ter um controlo direto mais fácil em caso de uma falha geral dos meios motores e/ou do sistema de controlo.

Na figura 1, o carro porta-ferramentas 1 está instalado numa conduta forçada 2 e desce ao longo da conduta dirigindo-se para a sua posição de trabalho. O carro porta-ferramentas 1 está ligado, por um lado, por um cabo de tração 5 ao guincho de tração 6 a montante e por um cabo auxiliar 3 ao guincho auxiliar 4 a montante e, por outro lado, pelo cabo de tensão 7 ao guincho de tensão 8 a jusante. Um operador 12 segue o carro porta-ferramentas e comanda-o à distância através de um controlo remoto 13. Também é mostrado a título de exemplo, na Figura 1, os meios de acesso ou descarga (entrada de homem 9) de/para a conduta forçada, e os meios de fecho a montante 10 e a jusante 11 da referida conduta. Por outro lado, os meios de distribuição de energia e de fluidos tipo fonte de energia, compressor, bombas, mangueiras, cabos elétricos... não são mostrados por razões de simplificação.

O carro porta-ferramentas do sistema pode ser classificado de robot porque a maior parte do seu funcionamento é automatizada por meio de meios de controlo dispostos numa caixa de controlo.

Como mostrado na Figura 2, o carro porta-ferramentas 1 consiste de uma viga central rígida 15 alongada que tem nas suas duas extremidades dois suportes, um suporte dianteiro 17 a jusante e um suporte traseiro 14 a montante. O suporte traseiro 14 inclui uma caixa de controlo e de comando 26. Os dois suportes podem rodar em torno do eixo principal da viga. A viga 15 está ligada a cada uma das partes dianteira e traseira através de uma junta universal desmontável 32 para permitir a separação da viga do suporte dianteiro e do suporte traseiro para, em especial, o transporte ou instalação numa conduta, por exemplo, por passagem através de uma entrada de homem ou equivalente. Um núcleo 16 com o braço porta-ferramentas 19 está montado sobre a viga 15 e pode ser movimentado em translação ao longo e também em rotação dos braços 19 em torno da viga.

Além disso, a montante da junta universal do suporte traseiro e a jusante da junta universal do suporte dianteiro, as extremidades da viga são colocadas nas peças de móveis dos macacos, respetivamente a estrutura do macaco dianteiro está disposta na estrutura de suporte dianteiro e a estrutura do macaco traseiro está disposta no suporte traseiro, de modo a permitir um ajuste da altura da posição da viga em relação aos suportes dianteiro e traseiro. Esta estrutura do macaco 25 é mostrada em detalhe na Figura 7. O macaco 25 baseia-se num sistema parafuso sem-fim 27 e de rosca. É acionado por um motor elétrico 28. Para estabilizar o conjunto, é colocada uma barra de orientação 29 paralela ao parafuso sem-fim 27.

De preferência, a ligação entre a extremidade da viga e a parte móvel do macaco compreende um/uns rolamentos que permitem, à vez, movimentos de rotação do suporte em torno do eixo da viga e de translação do suporte ao longo do eixo

da viga de acordo com uma certa folga. Em operação, o eixo principal da viga localiza-se ao longo do eixo central da conduta, que é cilíndrica.

Na Figura 2, cada suporte tem quatro pés 23 cada um terminado por rodas 24 tipo carrinho, ainda chamado de *folle*, que são livres para se moverem. Cada pé tem três rodas funcionalmente interdependentes na medida em que rodar/orientar todos os três conjuntos e estes se mantêm, portanto, mutuamente paralelos. Estas três rodas 24 de um pé 23 estão em planos laterais distintos com uma roda central e duas rodas laterais. Dependendo da forma de realização, uma das três rodas de um pé tem um diâmetro mais pequeno do que o diâmetro das outras duas ou, inversamente, uma das três rodas de um pé tem um diâmetro maior do que os diâmetros das outras duas. Alternativamente, às rodas de diâmetros diferentes, pode ser aplicado um deslocamento vertical do eixo de rotação da roda para atingir o mesmo resultado, claramente visível na Figura 2, para o suporte dianteiro 17 para as rodas de dois dos pés onde as rodas centrais foram deslocadas para baixo. Esta última solução permite a utilização de rodas de diâmetro idêntico em todos os pés. A implementação de mais rodas por pé, em especial três rodas, como mostrado, permite uma transição mais fácil dos obstáculos presentes na conduta como por exemplo rebites, acessórios da conduta. Em modos de realização menos avançados, é aplicada uma roda em cada pé.

As rodas estão nos cantos de um quadrilátero (virtual) de sustentação situado abaixo de cada suporte, o quadrilátero transborda da projeção da parte inferior do suporte para ter uma melhor estabilidade para cada suporte. Para este fim, os pés que estão em baixo dos suportes têm direções

exteriormente inclinadas em relação ao exterior e transbordam à frente e atrás dos suportes para expandir o quadrilátero de sustentação. Num modo particular de realização, os pés são ajustáveis em comprimento, por exemplo, colocando pelo menos uma roda tipo *jockey*.

A Figura 5 permite ver mais em detalhe o suporte dianteiro 17, que é visto pela parte traseira, a viga deve ser desmontada ao nível da junta universal 32. Pode notar-se a disposição dos pés 23 e das rodas 24 que permitem uma expansão do empastamento e estabilidade na condução.

A Figura 6 permite que ver mais em detalhe o suporte traseiro 14, que é visto pela parte traseira, a viga deve ser desmontada ao nível da junta universal. Mais uma vez, pode notar-se a disposição dos pés 23 e das rodas 24 que permitem uma expansão do empastamento e estabilidade na condução. Globalmente, as estruturas gerais dos suportes dianteiros e traseiros são idênticas. O suporte traseiro 14 inclui uma caixa de controlo 26 que controla a operação do sistema e, em particular do carro porta-ferramentas. A caixa de controlo 26 inclui comandos específicos que permitem a um operador atuar sobre o funcionamento do sistema. Um controlo remoto com fio conectado à caixa de controlo 26 também permite um controlo remoto como já foi visto.

Os pés 23 permitem aumentar o empastamento e também regular a posição das rodas para que o centro do carro porta-ferramentas (em lugar ou na extremidade da viga) fique sensivelmente posicionado no centro da condução a ser tratada, independentemente do diâmetro desta. Recorda-se que o macaco possui sobre a extremidade da viga um ajustamento que permite também centrar na viga.

Por causa dos macacos, da junta universal e dos rolamentos de translação e de rotação, o carro porta-ferramentas pode deformar-se no caso da passagem numa curva como representado.

Na Figura 8, a extremidade traseira/montante da viga foi remontada como extremidade dianteira/jusante da viga em relação ao respetivo centro da conduta.

Note-se que neste exemplo de realização, os macacos atuam na vertical e, portanto, o carro porta-ferramentas é particularmente adequado para passar nas curvas que se encontrem no plano vertical, que é normalmente o caso das condutas forçadas que estão, a maior parte, principalmente num plano vertical. Em outras formas de realização prevê-se um macaco com movimento horizontal além do deslocamento vertical, de modo a permitir qualquer deslocamento da viga em relação aos suportes. Para voltar ao exemplo mostrado nas figuras, as noções de horizontal e vertical referem-se à posição de funcionamento dos suportes dada pela estrutura dos seus meios de rotação: o quadrilátero de sustentação formado pelas rodas dos quatro pés repousa sobre a parede interior da conduta é horizontal de modo a ter melhor estabilidade durante o funcionamento.

Na Figura 3 e na Figura 4 um núcleo 16 que possui braços porta-ferramentas radial 19 está colocado na viga. O braço radial 19, localizado no mesmo plano sensivelmente perpendicular ao eixo principal da viga, de número três no exemplo ilustrado, possui as ferramentas, por exemplo, um bico de pulverização de água ou de alta pressão no caso da decapagem da parede interior da conduta. No exemplo mostrado a posição das ferramentas ao longo do braço é ajustável, mas podem prever-se mais alternativas em que o

comprimento dos braços é ajustável. Preferencialmente colocam-se meios de fixação 21 nas ferramentas 20 que permitem o movimento e/ou mudança das ferramentas, por exemplo, para passar de uma decapagem à pintura. A energia ou os fluidos necessários às ferramentas são fornecidos por mangueiras a partir de fontes de energia ou de um fluido externo ao carro porta-ferramentas, na prática do lado de fora da conduta.

O núcleo 16 pode deslocar-se em translação ao longo da viga e fazer avanços e recuos entre o suporte dianteiro e o traseiro. O deslocamento em translação do núcleo é obtido por aplicação de parafuso sem-fim motorizado, aqui por um motor elétrico 30, e por meios que permitam saber a posição do referido núcleo ao longo da viga. Por exemplo, coloca-se sensor no final de cada extremidade da viga que deteta a chegada do carro porta-ferramentas bem como um motor de captura da posição/rotação, por exemplo, motor sem escovas, controlado eletronicamente, para calcular a posição do núcleo ao longo da viga nos suportes do sistema de controlo.

Além disso, o núcleo pode rodar em torno do eixo principal da viga graças a um motor, aqui elétrico 18, que dirige um pinhão 22 que aciona uma roda dentada 31 sobre o núcleo que é dividido em duas partes funcionais: translação e rotação. Esta rotação é oscilatória no exemplo dado na ausência de uma junta para a rotação de abastecimento de líquidos (ou de energia, consoante o caso) às ferramentas dispostas nos braços, as mangueiras estão diretamente ligadas às ferramentas dispostas nos braços e seguem os movimentos do braço. Para carro porta-ferramentas de três braços, a amplitude de oscilação é de cerca $360^\circ/3$ ou seja de cerca de 120° . Em variantes com implementação de uma junta de

rotação, a mangueira de abastecimento fluido (ou elétrica com contato rotativo em vez da junta rotativa) não segue a rotação dos braços, o sistema pode ser implementado com rotação do núcleo superior a 360° e, por conseguinte, dos braços em torno da viga. Os braços porta-ferramentas têm todos o mesmo comprimento e as ferramentas estão fixas ao longo dos seus respectivos braços na mesma posição relativa e o resultado é que, quando a viga está ao longo do eixo central da conduta, as ferramentas deslocam-se em translação e rotação a uma distância sensivelmente constante na parede interior da referida conduta.

Na prática, o núcleo é feito de duas partes funcionais, uma peça que se move em translação ao longo da viga e uma parte que pode rodar sobre a parte translacional. De preferência os motores elétricos utilizados no carro porta-ferramentas (macaco, translação e rotação do núcleo) são do tipo sem escovas ("Brushless").

O carro porta-ferramentas move-se na conduta por guincho, o qual permite o posicionamento grosseiro das ferramentas. Uma vez o carro porta-ferramentas na posição desejada, o deslocamento do núcleo com os seus braços porta-ferramentas permite um posicionamento preciso das ferramentas ao longo da referida parede.

O princípio de funcionamento do sistema robótico é descrito abaixo. O robot move-se na conduta com o auxílio de guinchos e em particular com o guincho de tração a montante que é desenrolado para fazer descer a jusante o carro porta-ferramentas. O guincho de tensão a jusante é autónomo e exerce uma força de tração em baixo sensivelmente constante de 6500 N no carro porta-ferramentas. Controlando o guincho de tração, de acordo os modos de realização e

implementação, isto pode ser feito a montante ao pé do referido guincho ou à distância por controlo remoto ou a partir da operação caixa de controlo do sistema disposta no suporte traseiro carro porta-ferramentas, diretamente ou através do controlo remoto com fio. No exemplo ilustrado, o comando do guincho de tração faz-se diretamente ao pé do referido guincho por um operador a montante ligado por rádio ao operador local que segue o carro porta-ferramentas na conduta. O cabo do guincho auxiliar a montante é um dispositivo de segurança que impede o abaixamento accidental do carro porta-ferramentas no caso, por exemplo, do cabo de tração ceder. Uma vez que na área a decapar prejudicada, o carro porta-ferramentas é parado por paragem e bloqueio do guincho de tração. O operador local, localizado na conduta e cerca de 10 m atrás/à frente do carro porta-ferramentas, comanda-o graças ao telecomando com fio ligado à caixa de controlo de funcionamento do sistema disposto sobre o suporte traseiro. É também possível controlar o sistema diretamente a partir da caixa de controlo.

Quando o robot chega é parado na zona de atividade, o operador local pressiona um botão de inicialização e o núcleo, se não estiver já, vai para uma extremidade, de partida, da viga fazendo com que os braços porta-ferramentas fiquem na sua posição inicial, -A- Figura 9. Para começar a decapagem, inicia-se o grupo que fornece as ferramentas do robot com fluido ad hoc, seja água a alta pressão, seja projeção de fluido abrasivo, dependendo do tipo de ferramenta utilizada. Geralmente este início é feito pelo operador a montante ligado por rádio ao operador local porque o grupo está geralmente fora da conduta. Uma canalização de fluido liga o grupo ao carro porta-ferramentas. Uma vez as ferramentas em ação, porque há um atraso entre a inicialização do grupo/a transmissão do

fluido na canalização e a ativação efetiva das ferramentas devido à distância entre o carro porta-ferramentas e o grupo gerador de pressão, o operador local inicia um ciclo de funcionamento pressionando o botão correspondente do comando à distância. Este ciclo de trabalho consiste na rotação oscilatória do núcleo e a sua translação ao longo da viga para a outra extremidade de entrada da conduta, -B- Figura 9. Entende-se que a rotação é mais rápida que a translação de modo que toda a superfície interior da conduta é tratada. A translação do núcleo ao longo da viga pode ser contínua ou descontínua, no último caso, a translação ocorre apenas no fim de cada oscilação do núcleo.

Uma vez as ferramentas chegadas na outra extremidade, de chegada, -C- Figura 9, o ciclo de trabalho é parado, a rotação e o avanço das ferramentas é parado. De seguida, para preparar o robot para um novo ciclo de funcionamento, o operador local deve reinicializar pressionando o botão de inicialização do controlo remoto, -D- Figura 9, a fim de colocar as ferramentas no início da viga. É também necessário deslocar o carro porta-ferramentas, a fim de o trazer para a próxima região a ser tratada, este movimento pode ser feito antes ou após a reinicialização. Se o posicionamento do carro porta-ferramentas é feito visualmente pelo operador local, a reinicialização é realizada preferencialmente após a deslocação de modo a poder ver onde o próximo ciclo de trabalho vai parar fazendo com que as ferramentas parem no fim do ciclo no limite da zona tratada anteriormente. Se o movimento é controlado pela extensão controlada do cabo de tração correspondente sensivelmente à amplitude do deslocamento do núcleo ao longo da viga, o momento da reinicialização, antes ou depois do referido movimento é menos importante.

As inicializações, ciclos de trabalho e movimentos do carro porta-ferramentas e são, portanto, repetidas para tratar o comprimento da conduta. Porque o ciclo de trabalho é automatizado e a rotação e a translação do núcleo e, por conseguinte, das ferramentas são controlados por meio eletrônicos/computacionais da caixa de controlo, é obtida uma grande precisão da limpeza da parede interior.

Entende-se que este exemplo de operação é indicativo e que as variações na automação podem ser mais ou menos usadas. Por exemplo, o ciclo de trabalho pode ter sua inicialização automática, se o núcleo não estiver no extremo de partida ao longo da viga. Um ciclo pode ser interrompido voluntariamente e retomado no mesmo ou noutra lugar. Pode ser executada rapidamente, pelo operador local, uma translação voluntária (com ou sem rotação associada)... Para este efeito, a caixa de controlo inclui um monitor e meios de entrada de comandos, por exemplo, do tipo botões, teclado e/ou controlador. O controlo remoto com fio, entretanto, é de preferência, simplificado com alguns botões de paragem de emergência, de inicialização e paragem do ciclo de trabalho, por exemplo.

O sistema e, em particular o carro porta-ferramentas estão num ambiente de trabalho agressivo e implementam-se meios de proteção dos elementos constituintes sensíveis. Em particular, protegem-se os equipamentos elétricos e mecânicos (incluindo mancais, apoios, rolamentos, articulações ...). Por exemplo, o fole é usado em torno da viga em cada lado do núcleo para garantir um certo aperto. Por exemplo, as placas defletoras estão juntas para proteger as partes sensíveis do carro porta-ferramentas. O macaco de regulação da altura da viga também está protegido por placas. Além disso, os foles estão situados a montante

das placas para também haver proteção. O corpo do macaco é coberto por um outro fole. Os rolamentos de rotação do núcleo que possuem os braços são protegidos por juntas *spi* de duplo vácuo.

Para decapar a conduta, utilizam-se ferramentas que usam água a alta pressão (UHP) ou partículas abrasivas com ar sob pressão. Para estes dois métodos de decapagem, implementam os bicos associados em mangueiras. A UHP decapagem consiste em enviar usando uma unidade equipada com uma bomba e por meio de ferramentas, tendo cada uma cabeça de bico de água a uma pressão de cerca de 3000 bar. Esta etapa tem por objetivo eliminar toda a tinta. Para trabalhar de forma eficaz, a cabeça do bico deve estar a uma distância de cerca de 5 cm da superfície a ser tratada. Os três bicos, no caso do carro porta-ferramentas ilustrado estão distribuídos com um ângulo de 120° entre eles. É colocado um sistema de ajuste fácil e rápido da posição do bico ao longo do braço radial. No exemplo mostrado, os braços têm um comprimento fixo e o bico é colocado depois de um tubo de metal resistente à pressão de 3000 bares, e que pode ser deslocado ao longo do braço. O tubo é preso ao braço com anilhas "STAUFF". Os três orifícios e os tubos metálicos são ligados ao grupo UHP através de tubagens e acessórios. Como alternativa ou complemento da decapagem, a projeção de abrasivo permite a limpeza de superfícies usando um abrasivo projetado a alta velocidade através de um bico de ar comprimido. Permite remover a calamina e obter alguma rugosidade da superfície para a posterior aplicação da tinta. Para atingir uma projeção de abrasivo, usa-se um compressor, areia ou similar, mangueiras, distribuidores bem como um ou mais bicos de pulverização que estão sobre os braços radiais do núcleo. O distribuidor permite distribuir o fluxo único de ar e de abrasivo para

as diferentes mangueiras de forma homogénea entre os diversos bicos. A projeção de abrasivo deve ser realizada com o bico situado entre 5 e 20 cm da superfície a ser tratada. A escolha é feita com base no estado da superfície desejada e a condição da superfície original. Como no caso dos bicos UHP, os bicos de aspersão abrasiva estão depois dos tubos e fixados nos braços com anilhas "STAUFF®", que permitem o ajuste de posição ao longo dos braços e/ou a sua substituição por bicos e tubos UHP. Note-se que uma distribuição especial foi feita para ter uma mistura mais homogénea de ar/abrasivo e um desgaste mais baixo das partículas abrasivas. Na verdade, nos distribuidores convencionais, o fluxo de ar e abrasivo que chega a partir do fonte (compressor e areia ou semelhantes) através da entrada do distribuidor é parado ou pelo menos diminuído ao nível da "caixa de areia" e o distribuidor deve voltar para as saídas do referido distribuidor. A "caixa de areia" convencionalmente usada nos distribuidores conhecidos é um truque de projeção de abrasivo. As partículas abrasivas são muito abrasivas e, em vez de deixar o abrasivo diretamente nas paredes do distribuidor, faz aparecer um colchão partículas. Portanto, o abrasivo que chega a partir da entrada apenas salta do abrasivo desse colchão em vez das paredes do distribuidor, o que permite assim, preservar. No entanto, esta forma de distribuidor é menos eficaz para decapar uma vez que o abrasivo tem uma abrasão quando ainda não alcançou a superfície a ser tratada.

É, portanto, implementado um distribuidor que limite o desgaste do abrasivo antes da sua utilização final na parede a ser tratada. Para este fim, as paredes interiores do distribuidor são cobertas com uma camada de um elastómero particularmente resistente "Linatex®" neste caso. O "Linatex®" é muito resistente à abrasão.

Deve entender-se que a presente invenção não está limitada às formas de realização específicas que foram descritas.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de manutenção da parede interior de uma conduta, o sistema compreende um carro porta-ferramentas (1) e um conjunto de cabos (3, 5, 7) estendidos entre referido carro e os guinchos (4, 6, 8) das extremidades a montante e a jusante da referida conduta, os referidos cabos permitem o movimento do carro na referida conduta, **caracterizado pelo** referido carro compreender um suporte dianteiro (17) na sua extremidade frontal, um suporte traseiro (14) na sua extremidade traseira e uma viga (15) alongada entre os suportes dianteiro e traseiro, um núcleo (16), que possui os braços (19) radial que transportam as ferramentas (20) estão localizados na viga, o núcleo pode deslocar-se translacionalmente ao longo da viga graças a um meio de movimento do núcleo, os suportes dianteiro e traseiro compreendem os pés (23) com meios de rolamento (24), o referido núcleo compreende ainda meios para a sua rotação em torno da viga de modo a que as ferramentas podem varrer radialmente a parede interna na sua circunferência, a ação dos cabos permite um posicionamento grosseiro das ferramentas pelo posicionamento do carro ao longo da conduta e o movimento do núcleo ao longo da viga para um posicionamento preciso dos instrumentos ao longo da parede.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela viga** (15) ser rígida e estar ligado aos suportes dianteiro e traseiro, por meio de uma junta universal (32) à frente, e uma junta universal atrás traseiro.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pela** posição da viga em relação aos suportes dianteiro e traseiro poder ser regulada pelo menos em altura, um macaco (25) disposto na frente do suporte dianteiro e um

macaco (25) disposto atrás no suporte traseiro, a parte ajustável móvel do cilindro está ligada à viga.

4. Sistema de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3, **caracterizado por** cada suporte compreender quatro pés (23) cada um tendo pelo menos uma roda (24) na sua extremidade, as referidas rodas estão dispostas nos quatro cantos de um quadrilátero de suporte inferior e projetam-se pelo menos lateralmente no referido suporte.

5. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pela** posição radial ferramentas (20) em relação ao núcleo (16) ser regulável (21), a fim de ajustar a distância de ferramentas em relação à parede interior da conduta.

6. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** suporte traseiro (14) compreender uma caixa de controlo (26) de funcionamento do referido sistema e compreender um telecomando.

7. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** suporte traseiro (14) estar ligado por um cabo de tração (5) a um guincho de tração (6) a montante e por um cabo auxiliar (3) a um guincho auxiliar (4) a montante, e **em que** o suporte dianteiro (17) está ligado por um cabo de tensão (7) a um guincho de tensão dianteiro, o referido guincho de tensão dianteiro assegura uma tensão sensivelmente constante ao referido cabo de tensão.

8. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo** núcleo compreender um número N de braços (19) radiais, N deve ser superior ou igual a um, e os suportes permitirem a rotação do referido núcleo à volta

da viga permitindo os movimentos de rotação de vaivém de uma amplitude angular de cerca de $360^\circ/N$, de preferência, N é igual a 3 e a amplitude angular da rotação em vaivém é de cerca de 120° .

9. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelas** ferramentas (20) serem ou agulhetas de projeção de água a alta pressão ou agulhetas de projeção de abrasivo.

10. Processo de funcionamento de um sistema de manutenção de uma parede interior de uma conduta, o referido sistema compreende um carro porta-ferramentas e um conjunto de cabos (3, 5, 7) estendidos entre referido carro e os guinchos (4, 6, 8) das extremidades a montante e a jusante da referida conduta, os referidos cabos permitem o movimento do carro na referida conduta, caracterizado pela implementação de um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores com um carro porta-ferramentas compreende um suporte dianteiro na sua extremidade dianteira, um suporte traseiro na sua extremidade traseira e uma viga alongada entre os suportes dianteiro e traseiro, um núcleo que compreende os braços radiais porta-ferramentas colocados sobre a viga, o núcleo pode deslocar-se ao longo da viga graças a um meio de deslocamento do núcleo, os suportes dianteiro e traseiro possuem pés com meios de rolamento, o referido núcleo compreende, também, meios que permitem a sua rotação à volta da viga de modo que as ferramentas possam varrer a parede interior na sua circunferência, e **em que** a ação cabos permite assegurar um posicionamento aproximado das ferramentas pelo posicionamento do carro ao longo da conduta e **em que** se assegura um posicionamento preciso das ferramentas ao longo da parede pelo deslocamento do núcleo ao longo da viga.

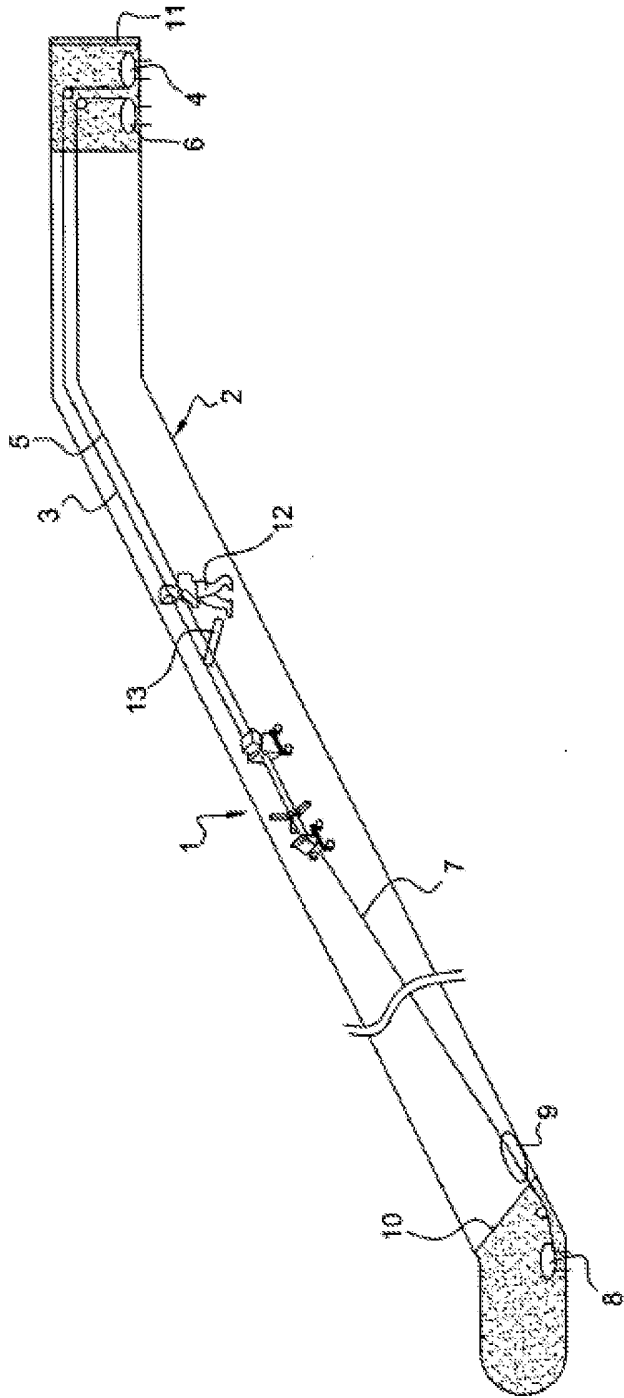


Fig. 1

[

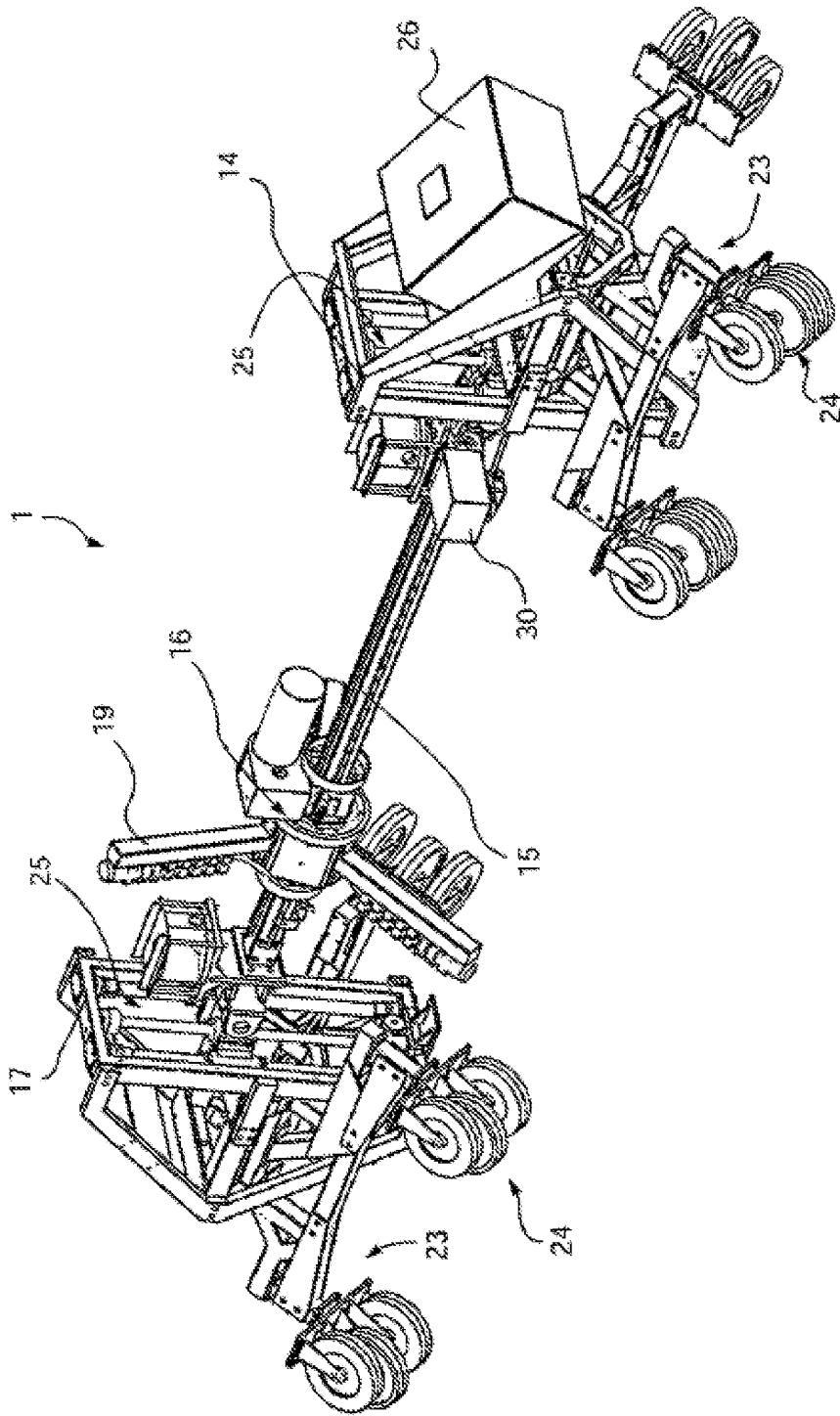


Fig. 2

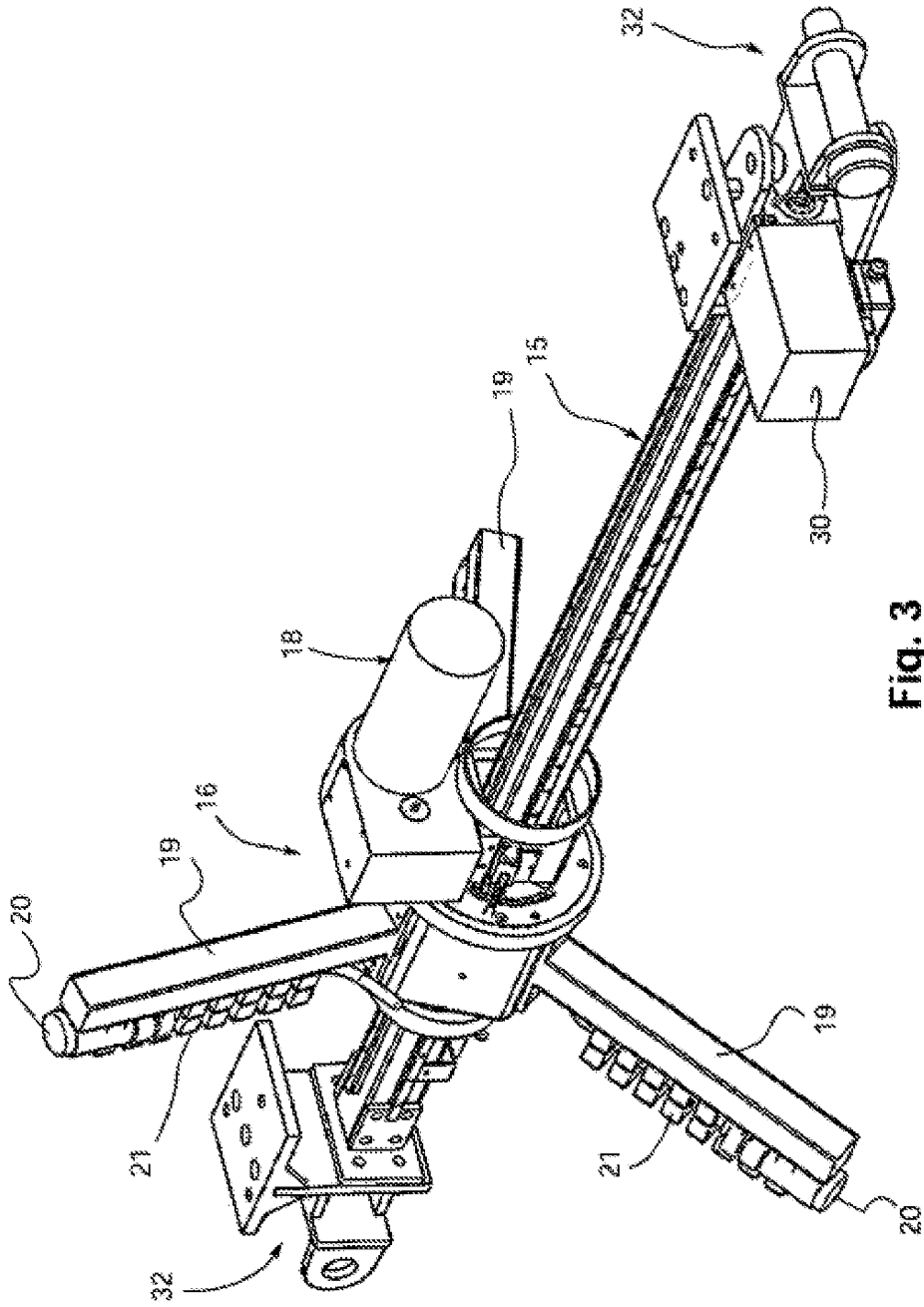


Fig. 3

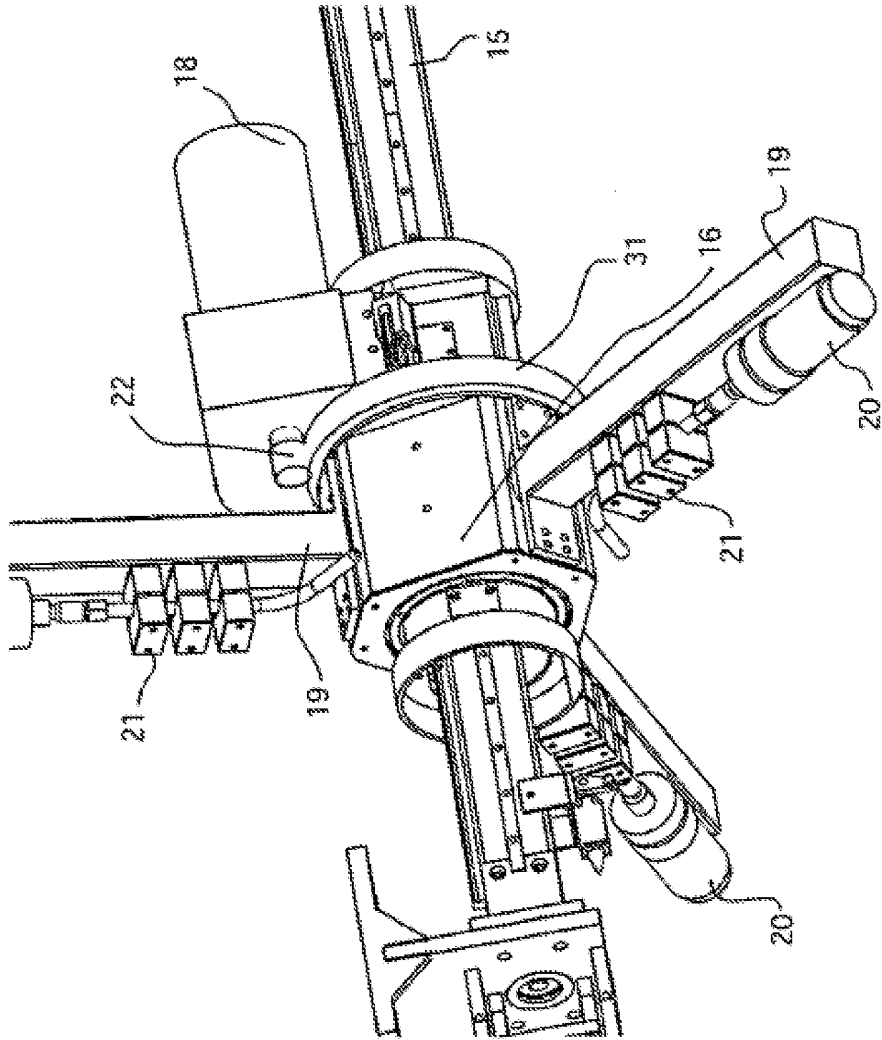


Fig. 4

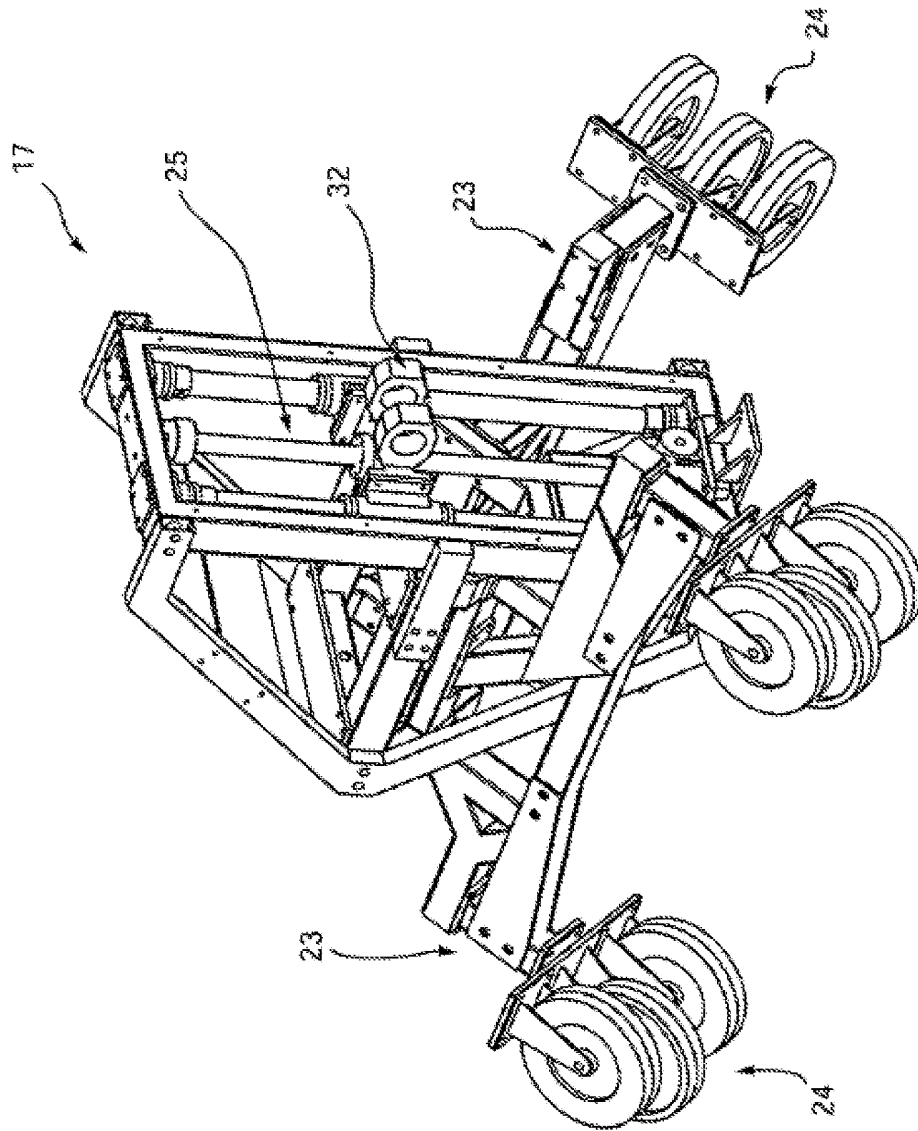


Fig. 5

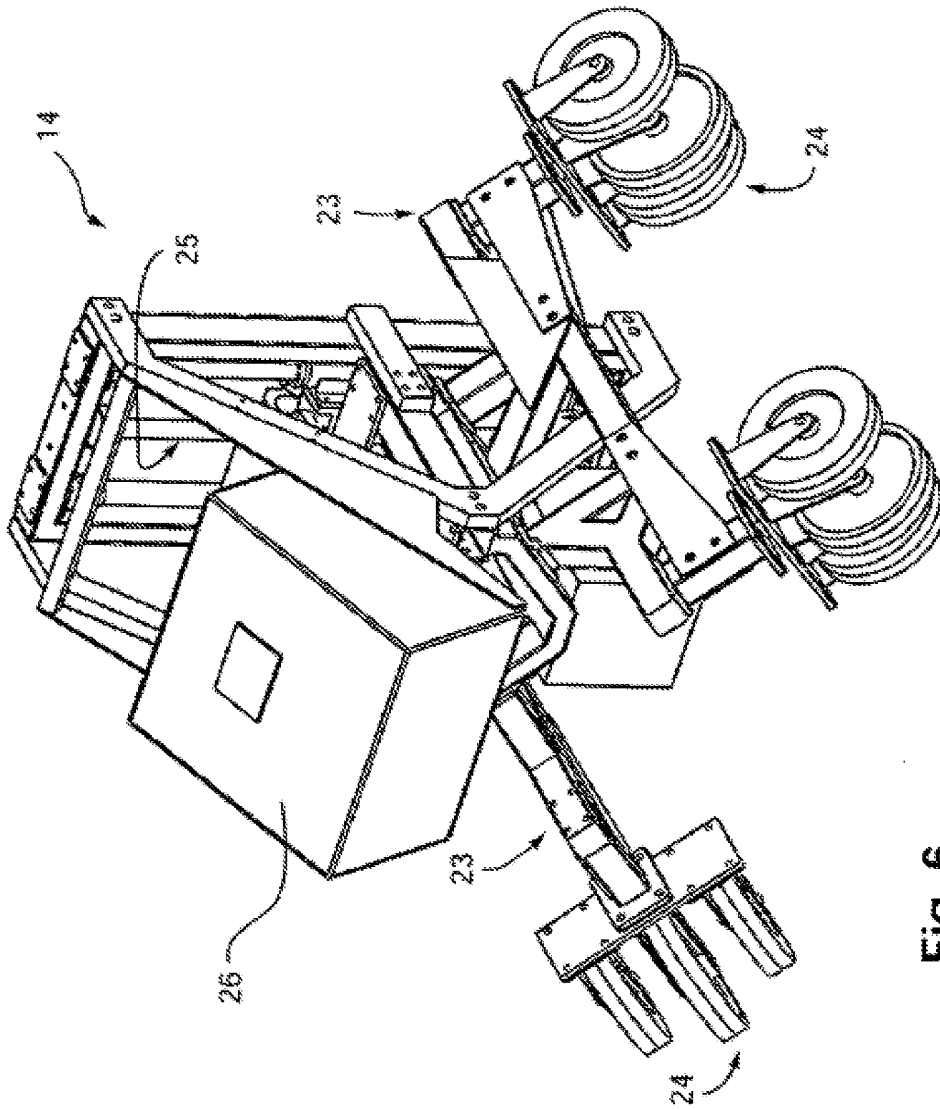


Fig. 6

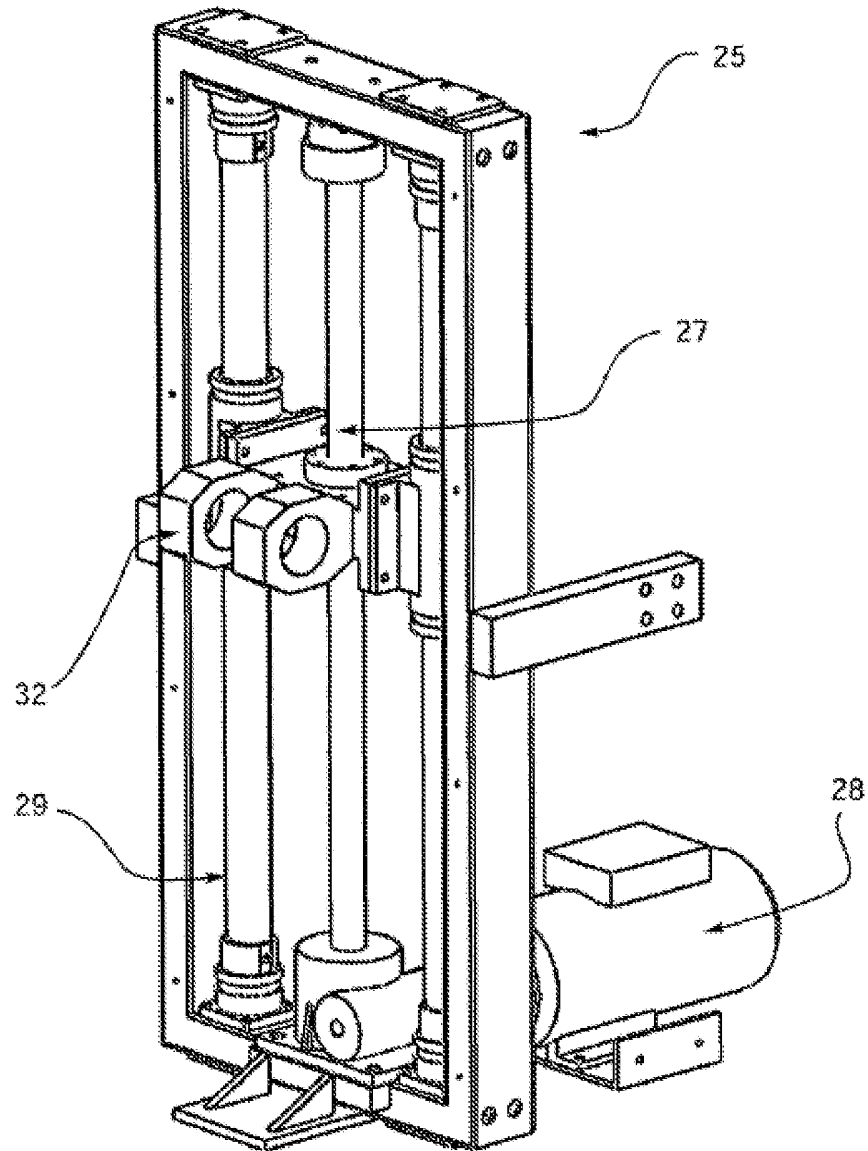


Fig. 7

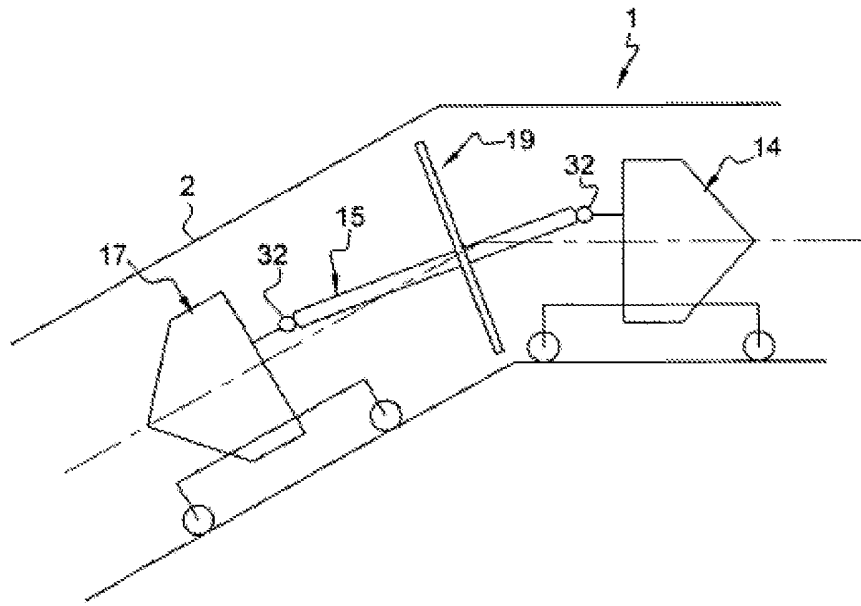


Fig. 8

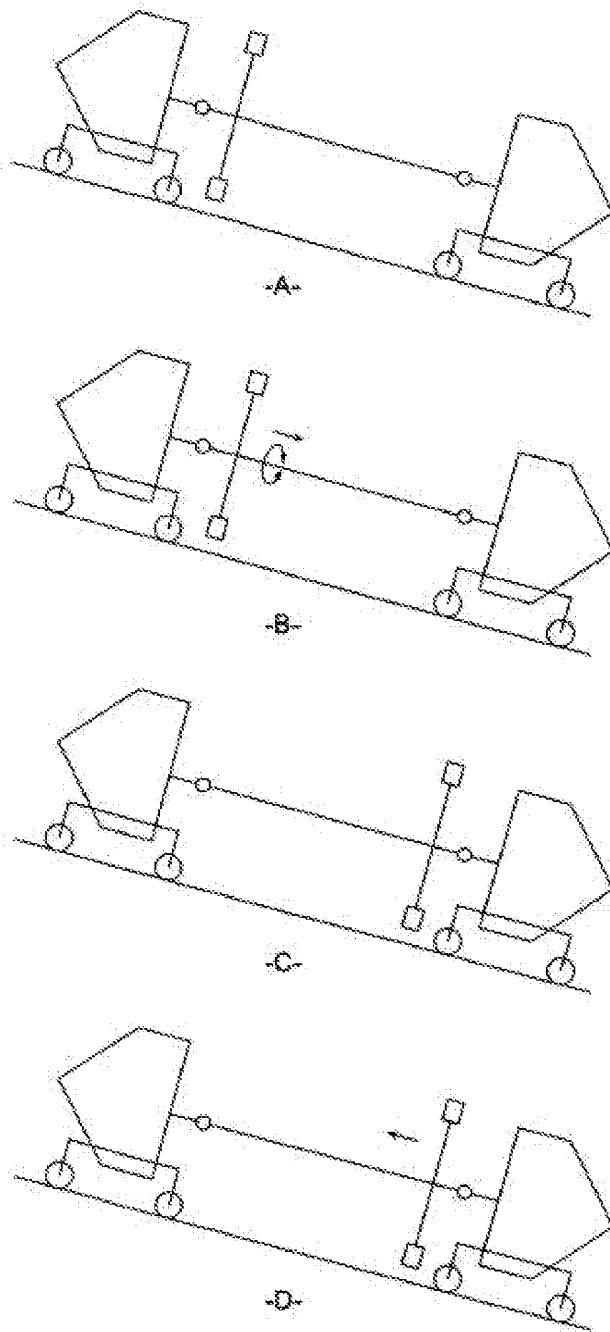


Fig. 9