



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0708888-4 A2**



* B R P I 0 7 0 8 8 8 8 A 2 *

(22) Data de Depósito: 06/03/2007
(43) Data da Publicação: 28/06/2011
(RPI 2112)

(51) *Int.Cl.:*
B60L 13/04 2006.01
B66C 1/04 2006.01
B66C 1/06 2006.01
B66C 1/08 2006.01
B66C 7/02 2006.01
B65G 39/10 2006.01

(54) Título: **CIRCUITO MAGNÉTICO, VEÍCULO CAPAZ DE SE FIXAR MAGNETICAMENTE A UM SUBSTRATO MAGNETICAMENTE ATRATIVO E COMPONENTE DE SUPORTE**

(30) Prioridade Unionista: 13/03/2006 AU 2006901247

(73) Titular(es): Magswitch-Technology Worldwide Pty Ltd

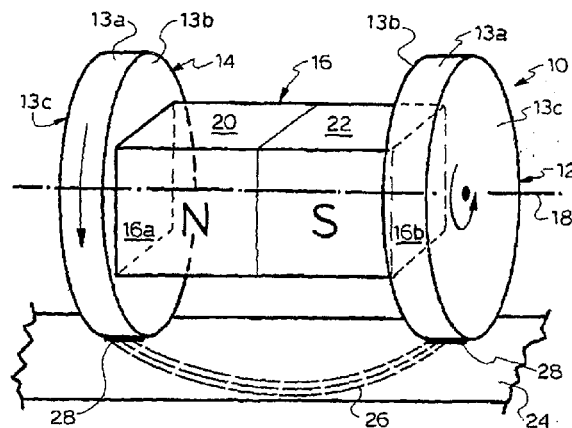
(72) Inventor(es): Franz Kocijan

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT AU2007000277 de 06/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/104082 de 20/09/2007

(57) **Resumo:** CIRCUITO MAGNÉTICO, VEÍCULO CAPAZ DE SE FIXAR MAGNETICAMENTE A UM SUBSTRATO MAGNETICAMENTE ATRATIVO E COMPONENTE DE SUPORTE. Circuito magnético que tem (a) uma fonte de fluxo magnético que inclui um eletroímã ou um ou mais ímãs permanentes, (b) pelo menos dois corpos de extensão de pólo polarizáveis opostamente associados com a fonte de fluxo magnético, os corpos sendo disco, roda, rolo ou conformado de maneira similar com uma superfície circunferencial externa e mantidos rotativos em torno de respectivos eixos de rotação, e (c) um corpo contador que tem propriedades ferromagnéticas que é disposto para cooperar com os corpos de extensão de pólo rotativos de modo a prover um trajeto de fluxo externo para o fluxo magnético quando em contato ou proximidade magnética com a superfície circunferencial dos corpos de extensão de pólo, que se caracteriza pelo fato de que a fonte de fluxo magnético é mantida estacionária em relação aos corpos de extensão de pólo rotativos.



“CIRCUITO MAGNÉTICO, VEÍCULO CAPAZ DE SE FIXAR MAGNETICAMENTE A UM SUBSTRATO MAGNETICAMENTE ATRATIVO E COMPONENTE DE SUPORTE”

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se ao campo de magnetismo, em particular ao uso de força magnética para atrair um objeto a outro enquanto permite movimento dos objetos um em relação ao outro em um estado magneticamente fixado.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

10 Existem inúmeras situações e aplicações onde é desejável e/ou necessário segurar ou suportar um objeto em outro ou sobre outro objeto enquanto permite a liberdade de movimento translacional ou rotacional desses objetos um em relação ao outro.

No campo manipulação de material, por exemplo, transportadores de rolos são usados para transportar placa metálica e peças magnéticas a trabalhar de um local para outro. Forças de gravidade invocadas para assegurar que as peças a trabalhar permaneçam sobre os rolos de transportador (alguns dos quais podem ser acionados e outros sendo rolos loucos) quando aquelas são transportadas, e, assim, tais sistemas de transportador, na maioria das vezes, terão trajetos de transporte de rolos estendendo-se substancialmente em um plano horizontal comum, a menos que estruturas de sustentação adicionais, dedicadas, sejam empregadas em restringir as peças a trabalhar a partir de se elevarem de onde rolos estão ao longo de seções de trajeto inclinadas.

25 Em aplicações de transporte em linhas suspensas em ambientes fechados, por exemplo, grandes armazéns, é conhecido instalar trilhos suspensos, nos quais são seguros carrinhos com rodas, a partir dos quais, por sua vez, podem ser suspensos estruturas de cabeçotes de guindaste, pinças de prensão e dispositivos de fixação similares. Força de gravidade é

invocada para reter as rodas de carrinho ranhuradas em engate com e no topo dos trilhos suspensos e suportes laterais provêm segurança adicional contra desalojamento lateral a partir dos trilhos.

No campo da construção de altos edifícios, é conhecido prover trilhos que se estendem verticalmente, os quais provêm guiagem para plataformas de trabalho que são suspensas para movimento vertical do topo do edifício para a execução de trabalho de manutenção, tal como limpeza de janelas, etc. As plataformas incorporam mecanismos de pinça de preensão, os quais engatam com ajuste devido à forma sobre os trilhos, para restringir movimento horizontal (por exemplo, vibração transversal), enquanto são mantidos verticalmente móveis ao longo do trilho.

No campo de robótica, em particular no uso de veículos controlados remotamente, é conhecido incorporar em plataforma autônoma provida com rodas, ou veículos auto-rastreados, uma multiplicidade de tipos diferentes de ferramentas e implementos, por meio dos quais tarefas específicas podem ser realizadas remotamente por um operador. Por exemplo, braços de pinça de preensão podem ser estendidos a partir de tais veículos para recuperar amostras em ambientes de difícil acesso ou hostis. Enquanto que revestimento de roda e pista que melhoram a fricção pode ser usado para aumentar a aderência do veículo à superfície a fim de permitir que o veículo suba ou desça ao longo de inclinações escalonadas, existem limites para a declividade do trajeto de deslocamento que tal veículo pode seguramente percorrer sem se inclinar ou deslizar de uma maneira descontrolada.

A presente invenção foi concebida levando em consideração aplicações tais como aquelas listadas acima, e em particular a um ou mais ambientes de aplicação onde (a) materiais ferromagnéticos requerem encaminhamento ou transporte, (b) a incorporação de ou presença de estruturas ferromagnéticas permitiria o uso de ímãs como uma fonte de força para segurar objetos uns nos outros em maneira deslocável, (c) forças

gravitacionais são ausentes para prover o engate com travamento devido à força de um objeto móvel sobre um substrato de material ferromagnético dedicado ou superfície de suporte, ou (d), na verdade, a presença de forças gravitacionais necessitaria a construção de ou a provisão de suporte especializado, guia ou outras estruturas ou medidas de retenção para permitir que um veículo, quer autopropulsionado quer ao contrário, se mova ao longo de superfícies escalonadamente inclinadas, verticais, e até mesmo em suspensão inclinadas ou horizontais (por exemplo, teto), que têm propriedades ferromagnéticas. Todavia, a invenção exposta abaixo e seus princípios subjacentes encontram aplicações mais amplas, também substituindo soluções que atualmente não empregam força magnética para atingir o acoplamento de objeto.

No uso de particulares ímãs permanentes para segurar objetos uns nos outros, é conhecido que a força de atração magnética é uma função do tipo e quantidade de material magnético ativo empregado, da face de trabalho do ímã, de trajetos de ar ou de outros trajetos de fuga magnética no circuito de fluxo magnético abrangendo o material magnético ativo e no corpo que está sendo submetido à força de atração magnética, das propriedades de material ferromagnético do corpo atraído (isto é, sua permeabilidade relativa e limites de saturação magnética), e da orientação do vetor de força normal entre objetos atraídos em relação ao vetor de força de gravidade. A força de deslocamento requerida será então uma função da força de atração efetiva e do coeficiente de fricção definido entre as superfícies de objetos.

Em outros termos, os fatores físicos e geométricos, bem como elementos energéticos funcionais dos circuitos magnéticos fechados (ou carregados), criados entre um primeiro objeto (por exemplo, um objeto portando um ímã permanente) e um segundo objeto (por exemplo, placa ferromagnética) determinará finalmente quão fortemente os objetos são atraídos para um outro, e se estes objetos podem ser deslocados uns em

relação aos outros enquanto permanecem fixados uns aos outros.

Quanto mais fortemente as superfícies planares de objetos são 'forçadas' para junto por uma força de atração magnética, tanto mais difícil é deslocá-las uma em relação à outra, enquanto permanecem fixadas umas às outras, por exercer uma força perpendicular ao vetor de força de atração, para qualquer dado coeficiente de fricção que se aplica à conjugação de materiais dos dois objetos. É também reconhecida que superfícies magneticamente atrativas podem ter coeficientes de fricção muito altos, e este conhecimento encontrou expressão em uma ampla faixa de soluções técnicas, tal como dispositivos de fixação magnéticos, ascensores magnéticos, mandris magnéticos, etc., onde objetos ferromagnéticos devem ser firmemente seguros contra deslocamento (assumindo condição operacional normal) em uma estrutura de suporte que incorpora materiais magnéticos ativos.

Na pesquisa para permitir que objetos magneticamente acoplados se movam mais facilmente uns em relação aos outros, as assim chamadas rodas magnéticas foram planejadas para aplicações industriais selecionadas, por exemplo, robôs de soldagem e inspeção autopropulsionados.

Em sua concretização mais simples, uma roda magnética pode ser composta de um disco sólido de material magnético permanente, por exemplo, um ímã de neodímio-ferro-boro em forma de disco, magnetizado de forma que faces de extremidade axialmente opostas do ímã têm diferente polaridade (aqui denominado axialmente magnetizado). Um tal disco, cada, pode ser seguro em extremidades de terminal opostas de um membro de eixo não magnetizáveis, o qual, por sua vez, pode ser montado em um chassi ou armação de veículo, pelo que os discos podem engatar com sua superfície periférica sobre uma superfície de substrato magneticamente ativa e rolar sobre tal superfície em um estado magneticamente fixado; compare, por exemplo, a patente US 6.886.651 (Slocum et al.), coluna 12, linhas 44 seguintes. Cada disco (ou roda) irá gerar um campo magnético de laço pelo

menos parcialmente fechado estendendo-se para dentro do substrato sobre o qual ele repousa, criando uma forte força atrativa entre o disco e substrato.

Slocum também revela uma roda magnética um pouco mais elaborada, embora simples, consistindo de um elemento de núcleo magnético axialmente magnetizado, em forma de disco, ensanduichado entre dois membros de disco magneticamente atrativos (feitos de aço macio, permalloy ou estruturas laminadas compreendendo tais materiais magnetizáveis, mas, em contraste, magneticamente passivos) tendo um diâmetro que é algo maior que o núcleo magnético de modo que somente os membros de disco podem, com suas superfícies periféricas, entrar em contato com a superfície magneticamente atrativa sobre a qual a roda deve magneticamente engatar. Os membros de disco representam assim peças de extensão de pólo que concentram o fluxo magnético que se origina no elemento de núcleo magnético e provêem um trajeto de baixa relutância para tal fluxo, melhorando assim a força atrativa entre cada unidade de roda e superfície de suporte magneticamente atrativa em comparação com a forma de concretização de roda sem discos de extensão de pólo.

As rodas magnéticas de Slocum são incorporadas em carrinhos autopropulsionados que formam parte de um sistema de transporte de material, em que tais carrinhos podem se deslocar ao longo de superfícies magneticamente atrativas que podem incluir um teto, paredes verticais e inclinadas.

A Patente US 5.809.099 revela um robô submarino para subir paredes, guiado a laser, para uso na inspeção de vasos de pressão de reator, robô este que inclui uma superestrutura de veículo, autopropulsionada, que incorpora quatro rodas magnéticas usadas para prover a necessária força de atração para permitir que o veículo se desloque ao longo de uma superfície interna ferromagnética do vaso de reator. Cada roda consiste de um ímã permanente em forma de anel, suportado sobre um eixo de árvore não

magnético para rotação com a mesma, dois discos de aço de diâmetro ligeiramente maior que o ímã sendo magneticamente fixadas e seguras em faces axiais opostas do ímã anular, isto é, os discos provêm peças magnetizadas de extensão de pólo bem como a superfície de engate periférica da unidade de roda, similar à roda de Slocum descrita acima.

A Patente US 5.853.655 descreve um carrinho guiado por roda magnética para soldagem e corte automatizados de substratos ferromagnéticos, tais como tubos, placas de aço, em que as rodas magnéticas consistem de uma pluralidade de (por exemplo, três) ímãs em forma de anel, axialmente magnetizados, ensanduichados entre discos de aço doce em forma de anel intercalados (por exemplo, cinco) de um diâmetro que é maior que o dos ímãs. Os discos empilhados são montados e seguros contra rotação sobre uma luva de aço inoxidável, a qual, por sua vez, será recebida sobre um eixo do carrinho. Novamente, cada unidade de roda tem uma pluralidade de pólos N e S, cujo campo magnético se estende para dentro do substrato ferromagnético, criando assim em cada roda um trajeto de fluxo magnético fechado segurando as rodas na superfície de substrato.

Outros documentos de patente da técnica anterior são também conhecidos para tratar de aspetos e metodologias que buscam abordar deficiências específicas que as rodas magnéticas “básicas” podem exibir em certos campos de aplicação.

Assim, por exemplo, a Patente US 3.690.393 (Guy) daria a impressão de pretender abordar o problema acima mencionado, que superfícies magneticamente atrativas podem ter coeficientes de fricção muito altos, os quais, em certas aplicações, podem ser prejudiciais. Guy descreve um veículo tendo uma armação sobre a qual é montado um motor primário (por exemplo, motor elétrico) que é acoplado por meio de apropriada por meio de engrenamento apropriado com um eixo vivo (ou de tração) no qual um par de conjuntos de roda é seguros a fim de propeler o veículo. Em uma

forma de realização, um dos conjuntos de roda não acionados consiste de uma pluralidade de discos magnéticos anulares polarizados axialmente seguros uns nos outros para formar uma roda de rolo cilíndrico cuja superfície (periférica) externa é revestida com uma fina camada de um material anti-fricção, não polarizável, tal como PTFE (politetrafluoretileno), que minimiza arraste sobre o conjunto de roda quando a armação de veículo é propelida.

Guy também descreve um conjunto de roda magnética, no qual uma concha cilíndrica não magnética encerra uma bobina eletromagnética em torno de um elemento de núcleo interno montado sobre o eixo da roda para rotação com o mesmo. Discos de pólo magnetizáveis são arranjados nas extremidades axiais do membro de concha, e energia elétrica pode ser fornecida à bobina magnética através de contatos de arraste seguros em um dos discos de pólo. Na energização da bobina eletromagnética, os discos de pólo serão polarizados com polaridades opostas. Os rebordos anulares dos discos de pólo são novamente revestidos com um material de baixa fricção, não magnetizável, para o contato rolante com a superfície magnetizável da superfície de substrato sobre a qual o veículo é destinado a se deslocar.

Em contraste, a Patente US 2.694.164 (Geppelt) revela rodas magnéticas de um tipo usado em conjunção com carrinhos de soldagem e maçarico de corte que são auto-propelidos sobre superfícies ferromagnéticas. As unidades de roda magnética consistem de uma luva de eixo de um material não magnetizável recebida em um ímã permanente anular-cilíndrico que é magnetizado em sua direção axial, dois membros de roda cilíndricamente em forma de taça de material de aço macio têm seus flanges anulares estendendo-se um em direção ao outro e para o engate estreito apertado com lados opostos de um disco espaçador não magnético que circunda o ímã aproximadamente no centro de seu comprimento axial. As faces de extremidade axial do ímã contatam novamente as faces internas respectivamente confrontantes dos membros de roda em forma de taça, tal como para permitir a transferência de

fluxo magnético do ímã para as rodas em direção à sua superfície periférica, o disco espaçador servindo para assegurar que o desacoplamento magnético das duas rodas, pelo que estas assumirão polaridades opostas de acordo com o campo magnético gerado pelo ímã permanente da roda. Geppelt esboça que a diminuição em espessura de parede dos flanges em taça anular em direção ao disco espaçador (em comparação com a forma de realização da técnica anterior com espessura de flange de taça uniforme) aumenta a força atrativa que pode ser exercida entre a roda magnética e o substrato no qual ela se fixa.

Em termos práticos, e à luz da descrição acima de construções de roda magnética da técnica anterior, um desafio técnico ainda existe em planejar métodos e arranjos de transferência de fluxo magnético desde um ímã, como uma fonte de força magnética para fixar um objeto em outro, através de uma estrutura de roda em um corpo magneticamente atrativo, para satisfazer a capacidade de suporte de carga operacional ou exigências de retenção.

Em um aspecto mais, seria desejável prover um veículo que usa energia magnética para segurar tal veículo sobre uma superfície de substrato magnética e no qual o mecanismo de transferência de fluxo magnético permitirá maior flexibilidade com respeito ao acoplamento e desacoplamento magnéticos do veículo a partir da superfície de substrato.

Em outro aspecto mais limitado, seria desejável prover uma estrutura de suporte magnética por meio de dispositivos, dos quais um objeto ferromagnético pode ser transportado entre locais em uma maneira segura e em que no final de tal operação de transporte o objeto pode ser seguramente e facilmente desengatado da estrutura de suporte.

Em outro aspecto, seria desejável prover um componente de pinça de prensão magnética que pode ser atuado a fim de segurar um objeto na mesma enquanto permite a liberdade de movimento do objeto a fim de conduzir usinagem ou outras operações no objeto.

O termo 'ferromagnético' quando usado aqui é destinado para cobrir não somente metais e ligas, mas também materiais compósitos que, quando sujeitos a um campo magnético externo, se tornarão magnetizados e sujeitos a forças a forças de magnetização.

5 Outros aspectos da invenção se tornarão aparentes abaixo a partir da seguinte descrição de formas de realização preferidas da mesma.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

10 Em termos amplos, a presente invenção pode ser definida como residindo em um circuito magnético que tem (a) uma fonte de fluxo magnético que inclui um eletroímã ou um ou mais ímãs permanentes, (b) pelo menos dois corpos de extensão de pólo polarizáveis opostamente associados com a fonte de fluxo magnético, os corpos sendo disco, roda, rolo ou conformado de maneira similar com uma superfície circunferencial externa e mantidos rotativos em torno de eixos respectivos de rotação, e (c) um corpo
15 contador ferromagnético que é disposto para cooperar com os corpos de extensão de pólo de modo a prover um trajeto de fluxo externo para o fluxo magnético quando em contato ou proximidade magnética com a superfície circunferencial dos corpos de extensão de pólo, que é caracterizado pelo fato de que a fonte de fluxo magnético é mantida estacionária em relação aos
20 corpos de extensão de pólo rotativos.

 Em comparação com o que pode ser denominado circuitos de roda magnética 'tradicionais', utilizadas em fixar um objeto em outro, como aqueles descritos acima, a presente invenção fisicamente desacopla a fonte ou componente magnético ativo (por exemplo, eletroímã, ímã permanente
25 comutável, ou ímã permanente convencional) a partir das peças de extensão de pólo em forma de disco, rolo, roda ou similares, em que as peças de extensão de pólo permanecem livres para girar em torno de seus respectivos eixos de rotação, mas a fonte de fluxo magnético associada permanece estacionária, ela não gira com as peças de extensão de pólo.

Preferivelmente, o desacoplamento físico será acompanhado por meio da separação espacial da fonte de fluxo a partir das peças de extensão de pólo rotativas, por exemplo, pela manutenção de um pequeno intervalo de ar entre estes componentes, ver também abaixo. O termo 'pequeno' dependerá da aplicação específica e pode ser, por exemplo, 0,1 mm (ou menor) até poucos milímetros.

Vis a vis, as rodas magnéticas da técnica anterior acima descrita, a massa associada com a fonte de fluxo magnético não é mais sujeita à rotação com a roda, reduzindo assim os momentos de inércia na própria estrutura de roda, com todas das vantagens concomitantes que tal massa reduzida de roda trás consigo. O desacoplamento físico das rodas a partir da fonte de fluxo magnético também permite uma maior flexibilidade em projetar ou configurar a fonte de fluxo propriamente dita.

Igualmente, onde a fonte de fluxo magnético de uma unidade de roda magnética é um eletroímã, tal como descrito na Patente US 3.690.393 ou 6.886.651, o desacoplamento físico da fonte de fluxo magnético a partir de rodas giratórias de acordo com a invenção simplifica o mecanismo/arranjo requerido para transferir energia elétrica para a bobina magnética, dado que a última permanece estacionária e não existe necessidade de escovas ou sapatas de pólo de resto requeridas para transferir eletricidade através das peças de pólo (ou de outra maneira) para a armadura de bobina eletromagnética rotativa.

Independentemente do tipo de fonte de fluxo magnético utilizada, a transferência de fluxo magnético da fonte para os membros de extensão de pólo rotativos será efetuada através de um espaço de trabalho' que pode ser ar ou poderia concebivelmente ser um fluido diferente limitado dentro do volume presente entre unidade de fonte de fluxo e rodas de pólo, o fluido então preferencialmente provendo um trajeto de baixa relutância magnética, isto é, um fluido magnetizável que tem uma relutância magnética

relativa que é menor que a do ar.

Será também notado que, em contraste com as rodas magnéticas da técnica anterior, cada das quais compreende pelo menos um par de pólos N-S, a invenção pode prover formas de realização e arranjos nos quais cada membro de extensão de pólo rotativo assume somente uma polaridade, isto é, ou a polaridade S ou a N, de modo que o trajeto de fluxo magnético fechado abrangerá a transferência de fluxo de um membro de extensão de pólo através do corpo contador ferromagnético, o qual provê um trajeto de fluxo magnético de baixa relutância, e para dentro do outro membro de extensão de pólo. Em outras palavras, dois de tais membros de extensão de pólo rotativos são necessários e suficientes para um circuito de transferência de fluxo fechado.

A seguir, para facilidade de compreensão, e a menos que ele apareça diferentemente no contexto específico, o termo 'roda' será usado para abranger todos os tipos de corpos de extensão de pólo rotativos, tais como discos de aço macio unitários, rolos cilíndricos, polias e outras estruturas que geralmente compreendem um rebordo e cubo unidos por uma estrutura de conexão radial, por exemplo, raios de roda, seção contínua de face, etc., e que são capazes de girar em torno de um eixo geométrico estacionário (axial) e que servem para suportar um veículo ou peça a trabalhar para o movimento translacional ou rotacional na rotação do rebordo;

Em um aspecto mais específico, a presente invenção provê um veículo capaz de se fixar magneticamente em um substrato magneticamente atrativo, incluindo um corpo de veículo no qual são suportados pelo menos dois membros de roda e pelo menos um ímã de dipolo, em que os membros de roda incluem material magneticamente passivo, mas polarizável, em que os membros de roda e o(s) ímã(s) de dipolo são espacialmente localizados sobre o corpo de veículo em uma maneira em que os membros de roda provêm elementos de extensão de pólo rotativos, polarizáveis opostamente, do(s)

ímã(s) de dipolo de resto estacionário(s), pelo que o apoio dos membros de roda sobre a superfície do substrato cria um circuito magnético fechado abrangendo o ímã de dipolo, membros de roda de peça de dipolo e substrato.

Em um aspeto específico alternativo da invenção, é provida
5 uma estrutura de suporte capaz de reter magneticamente fixo a ela, em uma maneira de resto translacionalmente ou rotacionalmente deslocável, um substrato magneticamente atrativo, incluindo a corpo de suporte no qual são montados pelo menos dois membros de roda ou rolo dispostos para rotação em torno de eixos respectivos, e pelo menos um ímã de dipolo montado no
- 10 corpo de suporte separado dos membros de roda ou rolo, em que os membros de roda ou rolo incluem material magneticamente passivo, mas polarizável, e são espacialmente localizados sobre a estrutura de suporte em uma maneira em que os membros de roda ou rolo provêm elementos de extensão de pólo rotativos, polarizáveis opostamente, do ímã de dipolo de resto estacionário(s),
15 pelo que colocar um substrato ferromagnético em contato de superfície com a superfície periférica de ambos os membros de roda ou rolo cria um circuito magnético fechado abrangendo os ímã(s) de dipolo, membros de roda ou rolo de extensão de pólo e substrato.

Em essência, enquanto o primeiro aspecto é dirigido em prover
20 uma implementação veicular do conceito mais amplo que é subjacente à invenção, por exemplo, provendo formas de realização de veículo externamente ou auto-propelidos capazes de movimento ao longo de paredes inclinadas ou verticais, por exemplo, o segundo aspecto é destinado a cobrir aplicações onde as rodas ou membros de rolo juntamente com o corpo de
25 suporte permanecem estacionários, tal como em um aparelho transportador para o transporte de objetos ferromagnéticos, tais como placas de aço, ao longo de uma pluralidade de membros de rolo magneticamente polarizáveis dispostos ao longo de uma pista de trajeto de transporte, ou aplicações onde o corpo de suporte é ele próprio suportado ou montado em outro componente,

por exemplo, braço robótico, para permitir desta maneira que os membros de roda de pólo engatem magneticamente novamente e segurem no mesmo um objeto ferromagnético ou uma peça a trabalhar.

Será também apreciado que, enquanto é praticável empregar
5 ímãs permanentes convencionais (isto é, tais que sempre exibem um campo magnético externo) como a fonte de magnetização das rodas de extensão de pólo, o conceito básico que é subjacente à presente invenção é particularmente condutor em direção à implementação de realizações
veiculares e outras que utilizam estrutura de ímã permanente comutável, tais
10 como reveladas nas Patentes US 6.707.360 e 7.012.495. Tais unidades de ímã permanente comutável combinam as vantagens de eletroímãs e ímãs permanentes convencionais sem suas respectivas desvantagens principais, mais precisamente a necessidade de uma fonte de energia elétrica para acionar um eletroímã e a não variabilidade de saída de fluxo magnético de ímãs
15 permanentes, isto é, um ímã permanente comutável não requer uma fonte de energia elétrica e pode ser comutado para exibir um campo magnético externo entre forte e fraco (praticamente zero) e valores entre estes extremos. Para mais detalhes, faça referência às ditas Patentes US, cujos conteúdos são aqui incorporados a título de referência cruzada.

20 O uso de unidades magnéticas que são capazes de prover um fluxo magnético variável, tais como ditas unidades de ímã permanente comutável e eletroímãs, provê um importante aspecto adicional da invenção em que a variabilidade da força de atração magnética permite aplicação e formas de concretização de máquina onde uma peça ferromagnética a
25 trabalhar pode ser seletivamente engatada por meio dos elementos de extensão de pólo rotativos, magneticamente segura nos mesmos para manipulação espacial na ativação da fonte de fluxo magnético, e finalmente liberado do mesmo na desativação do ímã.

Antes de retornar para os aspectos e campos de aplicação

adicionais da presente invenção, bem como característicos adicionais que podem encontrar inclusão em formas de realização preferidas dos amplos conceitos inventivos acima, referência deve ser feita às figuras acompanhantes 1a, 1b e 1c, as quais representam ilustrações altamente esquemáticas que ajudarão na compreensão de princípios básicos que são subjacentes à presente invenção. Deve ser entendido que as explanações abaixo se baseiam em aproximações, idealizações e simplificações dos fenômenos relativamente em parte complexos observados e presentes em circuito magnéticos.

Retornando primeiramente para a figura 1a, esta ilustra o que deve ser aqui denominado como uma unidade de roda magnética 10, consistindo de duas rodas em forma de disco 12, 14 e um ímã permanente de dipolo em forma de barra (ou cilíndrico) 16. Estes componentes representam uma unidade básica que pode ser construída, modificada e incorporada em inúmeras aplicações da invenção, como explicado abaixo.

O ímã 16 será um ímã altamente coercivo, isto é, um ímã de terra rara capaz de induzir altas densidades de fluxo magnético através dos intervalos de ar (principalmente) através de suas faces de extremidade axial 16a, 16b, e gera uma força de atração (força de atração magnética) em um corpo ferromagnético em direção às faces de extremidade axial, como explicado acima.

Os discos 12, 14 têm uma superfície de contato circunferencial 13a e duas faces axiais 13b e 13c, e são feitos inteiramente de aço macio ferromagnético.

Os discos 12, 14 são respectivamente localizados opostos a uma face de extremidade axial 16a, 16b do ímã 16, mantendo um pequeno intervalo de ar fixo (não ilustrado na figura 1), de forma que cada disco provê uma extensão de pólo polarizada opostamente para o respectivo pólo N e S do ímã 16. Além disto, os discos 12, 14 são suportados em membros de

eixo não ilustrados em torno de um eixo geométrico de rotação comum 18 para permitir a rotação dos mesmos, isto é, os discos podem ser denominados como peças de 'roda' de extensão de pólo que giram livremente, as quais de resto mantêm uma relação espacial fixa com o ímã de dipolo 16, o eixo de rotação sendo paralelo ou coincidente com o eixo geométrico de magnetização N-S do dipolo.

Transferência de fluxo magnético do ímã 16 para os discos 12, 14 terá lugar através dos pequenos intervalos de ar entre os lados confrontantes 13b dos discos e dos pólos 20, 22 do ímã 16. Os intervalos são destinados a minimizar perdas por fricção na interface entre o ímã 16 e as peças de pólo 12, 14, mas poderiam ser substituídos por mancais de rolos magnetizáveis que provêm o contato físico direto entre os discos 12, 14 e as faces de extremidade axial do ímã e, desta maneira, melhor transferência de fluxo entre ímã e discos de pólo 12, 14.

Quando a superfície de um substrato ferromagnético, por exemplo, a placa de aço 24, é colocada em contato com a superfície periférica 13a de ambos os discos de pólo 12, 14 da unidade de roda magnética 10, um circuito magnético fechado será criado, em que um enlace de fluxo magnético fechado compreenderá um trajeto interno para o ímã 16 e os discos de extensão de pólo 14, 16, e um trajeto externo para a unidade 10 entre os discos de extensão de pólo 14, 16 e o substrato ferromagnético 24. Isto é, o campo magnético externo se estende dentro do substrato 24, e isto é esquematicamente ilustrado em 26 na figura 1a, e todo o trajeto de fluxo de enlace fechado em 27 na figura 1b.

A unidade de roda magnética 10 será atraída e permanece fortemente segura ao substrato 24, a despeito da atual área de contato física entre os discos 12, 14 e a placa de aço 24 ser essencialmente limitada para uma linha que mede a soma das espessuras (isto é, larguras) do disco 12, 14. A natureza de rotação ou giro livre das rodas de disco 12, 14 permite o

deslocamento translacional da unidade 10 sobre a superfície do substrato 24 por meio da aplicação de uma força muito pequena, transversal à força de atração magnética, que fixa a unidade de roda 10 ao substrato 24. A exigência de pequena força provém do coeficiente de resistência ao rolamento relativamente baixa aplicável aos discos de aço rolando sobre um substrato de aço, que é de magnitudes menores que os coeficientes de fricção estática e a cinética, aplicáveis à mesma combinação de par de materiais, mas onde as rodas de pólo 12, 14 são mantidas em um estado imobilizado com respeito ao ímã 16 e à superfície sobre a qual tais rodas estáticas iriam de resto deslizar.

Pareceria contra-intuitivo o fato de que, a despeito da presença de intervalos de ar entre fonte de fluxo magnético 16 discos de pólo rotativos 12, 14, e uma área de contato muito pequena entre discos de peça de pólo 12, 14 e substrato 24, a unidade de roda magnética 10 irá permanecer seguramente fixada no substrato. Uma unidade de roda magnética de protótipo 10 que incorpora o princípio ilustrado na figura 1 com a fonte de fluxo magnético permanente sendo um ímã de terra rara NdFeB tendo uma 'área de fonte de fluxo' de 50 mm x 40 mm (isto é, área de seção transversal da fonte de fluxo magnético normal ao eixo geométrico de polarização do ímã) capaz de fornecer 1,2 Tesla de densidade de fluxo magnético, com dois discos de aço macio (tendo um nível de saturação de densidade de fluxo magnético de aproximadamente 2 Tesla) com uma dimensão de 25 mm de largura x 90 mm de diâmetro e mantendo um intervalo de ar em direção ao ímã permanente de aproximadamente 1 a 2 mm é capaz de fixar uma placa de aço magnética de aço de 35 mm de espessura e suportar uma carga equivalente a uma 'força de estado inicial de arranque' superior a 1200 Newton.

Como notado, a atual zona ou área de contato físico entre substrato 24 e discos de pólo (rotativos) 12, 14 é muito pequena (em teoria, uma linha, dado que a deformação, isto é, 'achatamento' dos discos de aço

macio sob carga é desprezível).

Foi notado que na vizinhança da área de contato físico existem as chamadas 'áreas de pólo virtuais', onde transferência de fluxo perceptível tem lugar através do ar, isto é, (a) da superfície periférica dos discos de pólo de qualquer lado da zona de contato em direção à superfície de substrato e (b) de ambas as faces do disco, próximas à zona de contato e à superfície de substrato. No presente contexto, tais intervalos de ar não representam e não devem ser equivocados como trajetos de fuga indesejados, ao contrário, a área de contato magnético efetivo entre discos e substrato é ampliada, e os assim chamados pólos virtuais provêm um dispositivos de transferência de fluxo adicional (embora e valores de densidade mais baixos) dos discos 12, 14 para o substrato 24, adicionando-se assim à capacidade de tração total disponível para segurar a unidade 10 sobre o substrato 24 (ou vice-versa). Estas extensões de área de pólo virtual são esquematicamente ilustradas em 30a, 30b e 31a e 31b na figura 1b e na fig. 1c, e contribuem em manter um circuito magnético fechado de qualidade suficiente na interface entre substrato e unidade de roda magnética 10 para que a força de atração exercida permaneça alta, como exemplificado acima.

A figura 1c ilustra um modelo de linha de campo magnético com valores medidos de densidade de fluxo em dois discos de pólo 12, 14 de aço macio, de 90 mm de diâmetro x 25 mm de espessura, tendo um nível de saturação de densidade magnética de 2 Tesla, os quais são polarizados com polaridades opostas e que são em ar em relação espaçada sobre um substrato magnético 24. Pode ser visto que em qualquer lado da zona de contato essencialmente linear 28 entre as rodas de pólo 12, 14 e o substrato 24, uma densidade de fluxo de 2 Tesla irá reduzir drasticamente (isto é, as extensões de pólo virtual exibem densidades de fluxo reduzidas), em que a uma distância linear de 10 mm, a densidade de fluxo é reduzida para aproximadamente 15% do valor na área de contato físico, e aproximadamente

5% a uma distância de 20 mm.

A transferência de fluxo do ímã 16 para dentro do substrato 24 será assim influenciada - e limitada - por meio de (a) a forma e dimensões da interface da fonte de fluxo magnético (por exemplo, o componente de fornecimento de fluxo em um dispositivo de ímã permanente comutável ou eletroímã) no intervalo em direção aos discos de pólo, (b) 'fuga magnética' nas interfaces de intervalo de ar entre os discos de extensão de pólo passivos 12, 14 e fonte de fluxo magnético 16, (c) restrições de geometria e forma dos discos que podem não ser capazes de 'suportar' (isto é, portar e fornecer) a mesma densidade de fluxo na dada intensidade de campo que o ímã 16 gera, (d) a natureza dos pólos virtuais até quando estes não puderem suportar a mesma densidade de fluxo na dada intensidade de campo que o material ferromagnético dos discos 12, 14 pode suportar, e (e) o comprimento de trajeto magnético total entre fonte de fluxo e substrato ferromagnético, recordando que a força de atração magnética pelos dispositivos, dos quais qualquer corpo ferromagnético atraído para uma fonte de fluxo magnético, variará matematicamente com o quadrado de densidade de fluxo magnético provido pela fonte e linearmente com a área de contato entre a fonte e o corpo fixado.

Por exemplo, uma unidade de roda magnética 10 usando diâmetro relativamente maior dos discos de pólo 12, 14 que aqueles descritos acima, por exemplo, 3 vezes, terão um trajeto magnético total maior (devido ao diâmetro aumentado de discos) e a força magnética na área de contato será então menor e as áreas de pólo virtual serão menores (e, em situações extremas, virtualmente não existentes).

O tamanho, forma de extensão geométrica atuais dos pólos virtuais não são fixos, mas podem variar com o trabalho atual e condições de aplicação. Falando geralmente, quanto maiores as zonas de pólo virtual puderem ser feitas, mais transferência de fluxo magnético pode ter lugar na

vizinhança da interface de disco-substrato. Uma consideração importante é, por conseguinte, a necessidade de evitar ou minimizar perdas de força de magnetização.

Conseqüentemente, de acordo com outro aspeto que é subjacente à presente invenção, as rodas de pólo serão de uma tal forma e dimensões para fornecer (a) transferência de fluxo otimizada desde a fonte de fluxo magnético para as rodas de pólo rotativas e (b) prover pólos virtuais de área relativamente maior, para permitir assim transferência de fluxo otimizada também fora da zona de contato físico direto entre discos de pólo e superfície de substrato, enquanto (c) mantém suficiente força de atração magnética em direção ao substrato; um ponto importante é evitar, até quanto praticamente possível, perdas em força de magnetização em cada interface.

Tendo notado as dificuldades com respeito à definição precisa das zonas de pólo virtual, assumindo um trajeto de fluxo magnético de fuga entre intervalo-ar idealizado entre ímã fonte de fluxo (por exemplo, ímã permanente) e rodas de pólo rotativas, é possível conjugar o tamanho da área de diâmetro-seção transversal da roda ou pólos de rolo de forma tão melhor quanto a construção permitir para o tamanho da área de fonte de fluxo magnético, isto é, a seção transversal de um pólo no ímã de dipolo perpendicular ao seu eixo geométrico de magnetização. Tal medida irá produzir uma força de magnetização otimizada, isto é, maior, na interface de trabalho dos discos (isto e, intervalo de ar) com o substrato em comparação com casos onde as dimensões geométricas da roda ou rolo são escolhidas arbitrariamente ou sem observação das considerações de transferência de fluxo magnético.

Por exemplo, e todos outros parâmetros sendo iguais, rodas ou rolos em forma de taça que são dispostas para envolver com seu rebordo anular na parte determinável do pólo respectivamente associado do ímã de dipolo e manter um pequeno intervalo de ar entre a face de disco interna da

roda em direção à face de extremidade axial do ímã de dipolo, exibem uma maior área total para transferência de fluxo para dentro e para fora de tal roda que uma simples roda em forma de disco, planar, onde a área de transferência de fluxo é limitada à área de superfície voltada para a face de extremidade axial do ímã de dipolo. Alguém poderia dizer que rodas em forma de taça podem 'capturar' uma porção maior do fluxo que emana do ímã que, ausente a porção de rebordo anular da taça que circunda parte da fonte de fluxo magnético, seria perdida como fluxo de 'extravio', e o uso de tal fluxo adicionalmente capturado para gerar uma força de atração magnética maior em direção a um substrato ferromagnético que extensão de pólo 'configurada em forma de disco plano'.

A profundidade atual da porção de rebordo da roda ou rolo em forma de taça dependerá da natureza da fonte de fluxo magnético sendo empregada, e, em particular, do membro de 'saída' de fluxo magnético do dispositivo de fornecimento do fluxo magnético. Em essência, a profundidade de taça representará um compromisso entre considerações de transferência de fluxo máxima (otimizada onde a profundidade de porção de rebordo anular é tal como para se estender e cobrir todo o comprimento do respectivo pólo de ímã Norte/Sul) e a desejada força de magnetização (isto é, a força de atração magnética) que será menor na configuração de rebordo otimizada de transferência de fluxo. Um tamanho relativo, empiricamente determinado, do rebordo anular, com respeito à sua cobertura da fonte de fluxo, é provido abaixo em conexão com uma forma de concretização específica da invenção.

Para conservar a força de magnetização da fonte de fluxo de alta coercividade, é também desejável minimizar o volume das rodas de extensão de pólo de material ferromagnético passivo. Observado somente a partir de um ponto de vista de buscar otimizar a transferência de fluxo, um máximo de volume teoricamente necessário é dado onde a seção transversal efetiva da fonte de fluxo é igual à seção transversal diametral da roda dividida

por qualquer aplicável fator de compressão/concentração de fluxo (o último é determinado pela capacidade de transporte de densidade de fluxo específica e saída de densidade de fonte de fluxo. Por exemplo, se uma fonte de fluxo pode prover uma densidade de fluxo magnético de 1,2 Tesla e é capaz de gerar uma força de magnetização suficiente para induzir no aço doce uma densidade de fluxo de 2 Tesla, o fator de compressão é aproximadamente 1,6). O máximo prático será menor por causa do comprimento de trajeto magnético total e perdas de intervalo fluxo/roda.

Voltando então para características adicionais vantajosas que podem ser incorporadas em diferentes formas de concretização dos conceitos amplos acima descritos.

Na utilização de um convencional ímã não comutável ou preferivelmente um arranjo de ímã permanente comutável como a fonte de fluxo magnético, será apreciado que o material magneticamente ativo pode ser alojado ou de resto disposto para cooperar com outras peças de pólo estacionárias adicionais aos elementos de extensão de pólo rotativos (isto é, rodas), em cujo caso o fluxo se originará no material ativo e será tornado 'disponível' através das outras peças de pólo estacionárias que serão dispostas em estreita proximidade confrontante às rodas de pólo rotativas. A forma específica das peças de pólo estacionárias também influenciará as capacidades de transferência de fluxo e tem um efeito sobre a força de magnetização máxima disponível, pois os pólos representam uma 'carga' para o campo magnético gerado pelo material magnético ativo (isto é, a fonte de fluxo)

Nas formas de realização preferidas das acima descritas unidades de roda magnética 10, uso é feito de um dispositivo de ímã permanente comutável revelado na referida Patente US 7.012.495, tipos diferentes dos quais podem ser obtidos de Magswitch Technology Worldwide Pty Ltd (Austrália) ou suas subsidiárias. Nestas unidades de fonte de fluxo, o material magnético ativo é constituído de dois cilindros de ímã permanente de

dipolo, polarizados diametralmente opostamente, empilhados dentro de uma câmara cilíndrica de uma carcaça de peça de dois pólos, tal como para permitir rotação dos discos de ímã um em relação ao outro, possibilitando assim que as respectivas seções de pólo N e S semicirculares dos discos de ímã sejam colocados em e fora de alinhamento axial um com o outro. As duas peças de pólo ferromagnéticas (passivas) da carcaça são magneticamente separadas ou isoladas ao longo de duas bordas de contato que se estendem axialmente, em que, quando os respectivos pólos N e S dos discos de ímã empilhados são girados para alinhamento total, o diâmetro que separa os pólos N e S dos discos de ímã irão se estender entre as bordas de contato da carcaça, causando assim com que uma das peças de pólo seja polarizada e provendo uma extensão de pólo do pólo N e a outra extensão de pólo do pólo S.

Tal unidade de ímã de dipolo comutável pode então constituir a fonte de fluxo magnético na figura 1a, em que a transferência de fluxo para dentro dos discos de pólo rotativos 12, 14 terá lugar a partir dos discos de ímã através das peças de pólo de carcaça e através do intervalo de ar entre peças de pólo de carcaça e as rodas de pólo posicionadas em proximidade confrontante com relação às duas peças de pólo da carcaça, respectivamente. A espessura de parede e formato exterior da carcaça de peça de pólo podem ser escolhidos para prover uma unidade de fonte de fluxo tendo um campo magnético constante ou aproximadamente constante em torno da periferia da carcaça, e a orientação espacial da carcaça da unidade com respeito às rodas de pólo rotativas pode ser determinada, quando requerido. A escolha específica de unidade de ímã permanente comutável pode ser feita por meio da referência à informação disponível de Magswitch Technology Worldwide, na dependência de exigências de suporte de carga.

Como notado acima, é concebível ter as superfícies confrontantes das rodas de pólo e unidade de fonte de fluxo magnético

revestidas com um material de baixa fricção e prover a presença de mancais de rolo de aço macio nas interfaces unidade-rodas de pólo. Em implementações práticas é, todavia, tecnicamente prático manter tolerâncias de intervalo de ar muito pequenas entre os componentes móveis e os estacionários, enquanto não significativamente não afetando significativamente a transferência de fluxo magnético através do intervalo de ar.

Igualmente, aplicações são concebíveis onde as rodas de pólo são montadas para permitir a livre rotação em torno de um eixo enquanto permite o deslocamento em direção e em afastamento às faces de extremidade axial do ímã, de modo que elas podem ser seletivamente colocadas em e fora de engate friccional com as mesmas, pelo que uma integral embreagem e/ou freio podem ser implementados na unidade de roda magnética propriamente dito.

Como já notado, implementações veiculares e estacionárias da invenção podem incorporar rodas ou rolos de pólo acionados ou loucos. A superfície circunferencial das rodas e rolos pode ter um revestimento que melhora ou reduz o coeficiente de fricção, quando requerido, para melhorar a tração ou reduzir a fricção na interface de roda – substrato, dependendo de se as rodas são rodas de tração ou rodas loucas.

Os materiais de revestimento podem incluir borrachas em filme fino, preferivelmente que incorporam partículas ferromagnéticas, matizes, pós, etc., para aumentar o valor de permeabilidade magnética relativa de tal revestimento para reduzir as perdas de transferência de fluxo enquanto é mantido o melhor coeficiente de fricção que tal revestimento emborrachado provê. A superfície de contato de roda pode ter diferentes 'texturas', por exemplo, lisa para baixa tração ou perfilada para a elevada "mordedura" para maior tração. O revestimento pode também incluir processos e o uso de substâncias visadas para aumentar a dureza total da superfície de roda ou rolo,

por exemplo, nitreto de titânio, para atingir mais capacidade de deslizamento (superfície lisa) ou maior fricção (superfície texturizada). Revestimentos que reduzem ruídos são igualmente concebíveis, enquanto que filmes de revestimento visados para prevenir que matéria estranha adira sobre a superfície periférica de roda / rolo são particularmente vantajosos em campos de aplicação 'sujos' tais como em operações de manuseio de placas de aço, o uso de unidades de roda magnética em veículos empregados como aplicações remotas de pintura controlada, brasagem, soldagem e outras aplicações.

Um dispositivo que incorpora uma ou mais unidades de roda magnética do tipo geralmente discutido acima, pode vantajosamente incorporar dispositivos de acionamento, tais como um motor, dispostos para transferir torque para pelo menos um dos membros de roda ou rolo (peça de pólo). O torque disponível nos membros de roda ou rolo pode então ser usado para comunicar propulsão para um objeto em contato com as rodas (por exemplo, transportando placa de metal), auto-propelindo um veículo que incorpora a(s) unidade(s) de roda magnética, ou onde o torque transferido é um torque 'negativo' destinado a reduzir a velocidade de rotação das rodas onde tais são feitas com que girem por meio de uma força externa, desacelerando ou freando um objeto que está em contato friccional com as rodas.

Os membros de roda de extensão de pólo podem ser feitos vantajosamente de aço macio ou doce ou de outros materiais passivos ferromagnéticos. Um projeto de roda vantajoso pode consistir de um material compósito consistindo de um material plástico ou matriz de borracha, no qual é disperso uma quantidade considerável de pó de material ferromagnético para finalidades de transporte de fluxo. A deformabilidade da roda de extensão de pólo em sua interface com o substrato sobre o qual ela se apóia sob carga magnética irá ampliar a zona de contato onde a transferência de fluxo tem lugar diretamente entre o membro de roda e substrato, também

provendo aumentado engate friccional com ela.

Será apreciado, que a superfície periférica externa das rodas ou rolos de peça de pólo pode ser lisa, texturizada, corrugada ou provida com outros tipos de projeções, por exemplo, dentes de roda dentada. A escolha das propriedades de superfície de roda pode ser de maneira a cooperar com uma superfície complementarmente preparada do substrato, com a qual a unidade de roda magnética irá interagir. Por exemplo, em uma caixa de engrenagens de roda de fricção e variável arranjo de acionamento de relação incorporando uma ou mais de unidades de roda magnética tendo rodas de pólo ou rolos lisas, não corrugadas, a funcionalidade de deslizamento inerente que tais provêm quando o rolamento sobre outro objeto de superfície lisa pode ser usado para minimizar condições de sobrecarga quando a transferência de torque é reduzida devido ao deslizamento. Evidentemente, onde deslizamento na transferência de torque entre rodas ou rolos de pólo e substrato não é desejável, o travamento devido à forma complementar à roda ou rolo de pólo ou outras superfícies de substrato pode ser empregado, por exemplo, superfícies que têm dentes de engrenagem.

Uma forma de realização particularmente útil da invenção será em uma aplicação veicular, que inclui dispositivos para auto-propelir o veículo sobre a superfície de substrato, independentemente de ou dispositivos para auto-propelir incluem um arranjo para transferir torque que coopera com as rodas ou rolos de pólo para o último para efetuar a transferência de torque para uma superfície de solo ou de parede, ou se a unidade de propulsão é independente da(s) unidade(s) de roda magnética presentes) em um tal veículo, por exemplo, um acionamento de roda de tração separado.

O arranjo de transferência de torque pode ser planejado para se adequar ao dado campo de aplicação, e pode incluir um ou mais de um acionamento por correia, um acionamento por roda dentada, um acionamento por corrente ou um acionamento de engrenagem sem fim ou combinações dos

mesmos.

Uma opção preferida para um arranjo de transferência de torque inclui um ou mais rolos de fricção dispostos para transmitir torque por engate com uma circunferência externa de pelo menos um dos membros de roda ou rolo de pólo. Os rolos de fricção podem ser seletivamente colocados em e fora de engate com e novamente solicitados os membros de roda usando um mecanismo separado, mas, vantajosamente, os rolos de fricção poderiam incorporar materiais ferromagnéticos arranjados operativamente para solicitar os rolos para, e manter contato com, o(s) membro(s) de roda através de força magnética.

Em ainda uma outra implementação de dispositivo veicular, auto-propelido, da presente invenção, dispositivos podem ser providos para restringir movimento rotacional dos membros de roda ou rolo de pólo em somente uma direção, por exemplo, de modo que as rodas podem girar ou no sentido horário ou no sentido anti-horário, mas não em ambos. Esta medida aumenta a eficiência de tração em situações de deslizamento por meio da remoção das características de giro livre bidirecional de resto presentes em eixos de roda normais.

Também, é vantajoso prover mecanismos ou implementos visados para prevenir a rolagem em retrocesso de um veículo que emprega uma ou mais unidades de roda que têm membros de roda de propulsão (isto é, transmitindo torque) que sobem ao longo de superfícies escalonadamente inclinadas ou superfícies verticais, enquanto permanece magneticamente fixados às mesmas. Uma implementação vê a provisão de patim ou blocos de freio que são seletivamente móveis para um local entre o(s) membro(s) e roda e superfície de substrato imediatamente atrás da roda(s) de área de contato – superfície de substrato, para prover deste modo uma ação de calço prevenindo o rolamento para trás da(s) roda(s).

Um outro mecanismo de prevenção contra rolagem para trás

pode ser constituído por uma armação de paralisação do tipo de gangorra, em que um membro de armação substancialmente em forma de u ou de suporte é montado para rotação em torno, mas de resto seguro em um eixo comum para ambas as rodas de pólo, de modo que os dois braços de alavanca paralelos da armação podem ser girados para entrar com suas extremidades terminais respectivas em engate ou contato forçado com a superfície de substrato sobre a qual as rodas são magneticamente fixadas. Os braços de alavanca podem, eles próprios, ser constituídos por seções de barra dobrada, por exemplo, braços de dobra em L, pivotados na interseção das porções de braço angulado no eixo, provendo deste modo um arranjo de alavanca de tração em que a força de frenagem é um fator com efeito de força de alavanca da força de atração magnética provida pelo conjunto de roda propriamente dito.

Em uma forma de realização veicular que incorpora quatro ou mais rodas de pólo, em que um dispositivo de ímã permanente comutável é associado com um par de rodas, a provisão de um mecanismo apropriado que permite a ligação e desligamento seletivo (ou variação da saída de intensidade de campo magnético) dos ímãs comutáveis individuais provê um número de vantagens. Tais 'ativação e desativação magnética' seletivas de pares de rodas individuais não somente facilitarão o desengate operacional do veículo a partir do substrato, como também irão facilitar que o veículo seja capaz de subir sobre obstáculos do tipo de degrau ou transições entre uma superfície horizontal e uma superfície escalonadamente inclinada ou vertical, na medida em que o par de rodas dianteiro atingindo um tal local de troca de percurso pode ser 'desmagnetizado', desta maneira para torná-las magneticamente inoperantes, pelo que elas podem então subir a partir da superfície inicial e engatar a superfície inclinada, depois do que elas podem ser 're-magnetizáveis' e permitir que o veículo atravesse a transição para a superfície inclinada. O par de rodas posicionado na traseira será comutado correspondentemente quando ele também atinge a descontinuidade.

Os campos de aplicação veicular da invenção incluem robôs movimentáveis, os quais podem ser magneticamente fixados em substratos ferromagnéticos (isto é, estruturas e objetos), como cascos de navio, cascos de submarino, tubulações (internas e externas). Tais robôs podem portar uma variedade de componentes, tais como câmeras, todos tipos de sensores empregados na detecção de falhas em uma estrutura ou realizar outras tarefas, por exemplo, transportar um cabo através de uma tubulação, limpar uma tubulação, etc. etc. Por exemplo, a inspeção submarina óptica e estrutural do casco de um casco de submarino em movimento e submerso pode ser realizada usando um robô controlado remotamente tendo um corpo aerodinâmico no qual é recebido um número apropriado de magnitude de rodas do tipo geral discutido acima, que permite com que o robô permaneça fixado seguramente ao casco enquanto está sendo propulsionado ao longo de um trajeto de inspeção desejado.

A pessoa especializada irá ainda apreciar que sistemas de sensores, equipamento de controle de movimento, ou para operação controlada remotamente ou para a operação controlada a bordo usando equipamento de processamento de sinal, eletrônicos de gestão de motor e fonte de energia, e outro tipo de equipamento de gestão de veículo, podem ser acomodados na estrutura de suporte de veículo de um veículo auto-propelido, quando requerido pelo ambiente de aplicação específico do veículo.

A pessoa especializada também estaria ciente de diferentes tipos de sistemas de eixo e chassis de veículo que poderiam ser empregados na criação de um veículo que incorpora a invenção.

Outras características e outros aspectos da invenção serão notados também a partir da seguinte descrição de um número de implementações e formas de concretização preferidas da invenção, com referência ao desenho acompanhante. Deve ser notado, todavia, que a invenção não é restrita aos campos de aplicação indicados acima e pode ser

implementada em diferentes formas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

5 As figuras 1a, 1b, e 1c são ilustrações esquemáticas grandemente simplificadas de conceitos básicos que são subjacentes à presente invenção;

as figuras 2a a 2c são ilustrações esquemáticas de configurações diferentes de arranjos de roda de pólo rotativos usados com configurações de ímã diferentes, em que a figura 2a também ilustra um rolo de fricção ferromagnético usado para comunicar (ou receber) torque a partir das rodas de pólo rotativas;

as figuras 3a a 3c são ilustrações esquemáticas de implementos e dispositivos nos quais a presente invenção pode ser incorporada.

15 a figura 4a, 4b e 4c são ilustrações esquemáticas, por meio das quais é ilustrado como otimizar geometrias de peça de pólo rotativa com respeito à escolhida fonte de fluxo magnético em uma unidade de roda magnética como a da figura 2a; e

a figura 5 é uma ilustração esquemática de um arranjo de frenagem de unidade de roda magnética que transforma alguma da força de atração magnética disponível em uma força de frenagem.

20 DESCRIÇÃO OF FORMAS DE REALIZAÇÃO PREFERIDAS

Uma unidade de roda magnética básica como ilustrada nas figuras 1a e 1 b já foi descrita acima. Tais unidades podem ser incorporadas em inúmeras e diferentes máquinas e componentes. Deve ser notado que o material magnético ativo (isto é, ímãs permanentes) ou outra fonte de fluxo magnético (por exemplo, eletroímã) pode ser recebido em uma carcaça dedicada; assim, a forma atual da unidade de fluxo magnético 16 nas figuras 1 e 2 é somente ilustrativa e não representativa da forma atual de tais unidades.

Como pode ser melhor entendido pela referência às figuras 2a a 2c, dependendo do número de, e tipos específicos de, ímãs de dipolo

empregado como fonte de fluxo magnético, unidades de roda magnética tendo diferentes números e arranjos de roda de pólo são possíveis.

A figura 2a ilustra uma unidade de configuração de roda dupla 10 que utiliza um único ímã 16 e duas rodas de pólo rotativas 14, 16, como
5 previamente descrito com referência à figura 1a.

A figura 2b ilustra um arranjo com dois pares de rodas de pólo 12', 14', um par no pólo N e um no pólo S do ímã bipolar 16', isto é, uma unidade de roda magnética com quatro rodas 10' com única fonte de fluxo magnético 16'.

10 A figura 2c, em contraste, ilustra uma unidade de roda magnética de quatro rodas 10" com duas fontes de fluxo magnético espaçadas 16" (que podem mas não precisam ser idênticas com respeito às qualidades de fornecimento de densidade de fluxo magnético), em que cada ímã 16" é associado com um par de rodas polares 12", 14". Pode ser notado que os eixos
15 de magnetização estendendo-se entre os pólos N e S dos dois ímãs 16" são orientados em direções opostas um ao outro, mas este não precisa ser o caso em formas de realização práticas de tal unidade 10".

As linhas 17, 17' e 17" nas figuras 2a a 2c, respectivamente, ilustram em uma maneira bruta, mas configurativamente correta a trajetos de
20 transferência de fluxo externos que estarão presentes no substrato 24 (sendo representado por meio de uma placa de aço) que respectivamente existe entre as rodas de pólo polarizadas das diferentes unidades 10, 10' e 10". Dado que a permeabilidade magnética do substrato ferromagnético é por magnitudes mais alta que aquela do ambiente circundante, seja ele ar ou outro fluido como
25 água, e assumindo que as propriedades de substrato são de forma que nenhuma saturação de fluxo tem lugar durante transferência de fluxo para dentro do substrato, não se poderia observar qualquer campo magnético fora da vizinhança imediata da área de contato entre rodas de pólo e substrato (faça referência acima com relação a áreas de extensão de pólo virtuais) e o

circuito magnético fechado composto das rodas de pólo, substrato e dispositivo de fonte de fluxo magnético.

5 As unidades de roda magnética 10 (ou 10' ou 10") podem ser embutidas e incorporadas em uma multiplicidade de aparelhos e dispositivos para uma variedade de aplicações.

10 Voltando primeiro novamente para a figura 2a, ela esquematicamente ilustra uma metodologia de efetuar transferência de torque ou para as ou a partir das rodas de pólo 12, 14 da unidade 10, por meio de dispositivos de uma barra de rolo ferromagnético 35 cujo eixo de rotação 36 ao longo do comprimento axial do rolo é posicionado para se estender
15 paralelo ao eixo de rotação 18 do par de rodas polares. A barra de rolo 35 tem uma superfície periférica externa lisa e é retida por meio de qualquer mecanismo apropriado (não ilustrado) de forma que ela está em, ou pode ser colocada com sua superfície externa em e fora de engate friccional sobre a
20 superfície periférica lisa 13a de ambas as rodas 12, 14. Esta arquitetura básica pode então ser empregada para efetuar transferência de torque, ou positiva para finalidades de propulsão ou negativa para finalidades de frenagem de objeto. Por exemplo, a rotação da barra de rolo 35, como indicada pela seta 37, por exemplo, por meio do acoplamento do rolo com o eixo de saída de um
25 motor elétrico, irá comunicar rotação orientada de forma contrária para as rodas 12, 14, como indicado pela seta 38, que, por sua vez, irá então ou permitir que toda a unidade 10 se mova em maneira translatória sobre um substrato mantido estacionário 24, como indicado pela setas 39, ou onde a unidade 10 é de resto segura contra movimento, comunica movimento para sobre um substrato de resto não seguro 24, como indicado pelas setas 40 em uma direção oposta a 39.

No uso de uma barra de rolo magnético 35, apropriadamente dimensionada, é possível 'utilizar' parte da energia magnética provida por meio da fonte de fluxo magnético 16 da unidade 10 para manter o rolo 35 em

contato friccional e magnético com os membros de roda 12, 14 enquanto a maior parte do fluxo magnético disponível é utilizada para segurar a unidade 10 sobre o substrato 24. Serão então também apreciados que onde a fonte de fluxo magnético 16 é um dispositivo de ímã permanente comutável ou um

5 eletroímã, transferência de torque variável pode ser efetuada, na dependência da quantidade de fluxo transferida para o rolo 35 (e substrato) através de membros de pólo de roda 12, 14, e do coeficiente de fricção que então irá estar presente entre as superfícies de contato das rodas 12, 14 e rolo 35. A arquitetura ilustrada na figura 2a provê uma funcionalidade inerente a torque

10 de deslizamento que pode reduzir a transferência de torque entre a unidade 10 e o substrato 24 em condições que podem de resto conduzir a uma sobrecarga.

Um campo de aplicação mais específico para unidades de roda magnética incluem sistemas de transportador por rolos em várias formas, como em transportadores de placa metálica em linhas suspensas, dos quais é

15 esquematicamente ilustrado na figura 3a. Uma pluralidade de unidades de rodas magnéticas de duas rodas 100a a 100g que incorporam o conceito descrito com referência à figura 2a (mas com uma diferente arquitetura de transmissão de torque) é suspensa em um trilho de teto 150 com distância predeterminada uma da outra ao longo da extensão ou percurso de

20 deslocamento definido pelo trilho 150. Cada unidade 100a a 100g inclui um par de rodas de pólo acomodado dentro de uma apropriada carcaça do tipo de gôndola na qual é recebido um ímã comutável que provê fluxo magnético para os respectivos de rodas. Um motor apropriado é usado para comunicar rotação seletiva para as rodas de pólo das unidades. Uma placa de aço 140

25 pode ser transportada ao longo do percurso de deslocamento A, mantida magneticamente fixada sucessivamente nas unidades 100a a 100g. Alternativamente, as unidades 100a a g poderiam ser unidades com 4 rodas, como ilustrado na figura 2b ou 2c, em cujo caso um par de rodas seria acionado e um par poderia ser rodas de pólo loucas magnéticas. Em ainda

uma alternativa, o trilho de guia 150 poderia ser substituído por uma cinta de corrente ou linha de transportador similar sobre a qual as unidades 100a a 100g podem ser seguras; as unidades 100a a 100g poderiam, então, todas, compreender rodas de pólo loucas, dado que a locomoção é provida por meio do acionamento por corrente propriamente dito.

A figura 3b ilustra uma aplicação na qual uma unidade de roda magnética de 4 rodas 200 que incorpora o conceito ilustrado na figura 2c serve como um torno magnético para segurar liberavelmente uma peça de trabalho ferromagnética tubular 224 cuja superfície externa deve ser revestida com pó por meio do aparelho atomizador 260. As rodas de pólo 212, 214, 212' (e a contra-parte não ilustrada do quarto membro de roda) são respectivamente seguras para rotação em torno dos parafusos de eixo 213 e 213' montados em e dentro de um corpo de suporte em forma de caixa 232. Os dois ímãs (não mostrados) respectivamente associados com os pares de rodas polares 212, 214 (212') são montados dentro do corpo de suporte 232 em uma tal maneira que o eixo de pólo N-S magnético de cada ímã comutável coincide axialmente com o eixo de rotação b e b' dos pares de rodas polares respectivamente associados. O número de referência 250 serve para denotar um membro de suporte por meio de dispositivos, dos quais a unidade de torno magnético 200 pode ser segura em uma estrutura de suporte, a qual propriamente poderia ser um braço articulado que permitiria que a unidade de torno 200 fosse orientada no espaço, quando desejado.

Embora seja praticável incorporar uma unidade de motor a fim de acionar uma ou mais das rodas de pólo da unidade 200, a forma de realização ilustrada simplesmente serve para reter magneticamente a peça a trabalhar 240 seguramente no espaço enquanto é permitida sua rotação, como indicado por meio da seta 252, em torno de seu eixo longitudinal.

Este mesmo dispositivo 200 poderia ser usado para magneticamente reter duas seções de tubo tubulares em relação de contato de

extremidade com extremidade, permitindo assim que outras operações sejam realizadas, tal como soldagem de topo das seções de tubo.

A figura 3c ilustra em vista em perspectiva esquemática um protótipo auto-propelido de um Carrinho Magnético (veículo) 300, o qual essencialmente consiste de duas unidades de ímã permanente 316 idênticas, que pode ser comutadas independentemente, geralmente do tipo básico descrito na Patente US 7.012.495, dois pares de rodas polares configuradas em forma de taça 312, 314 respectivamente associados com as fontes de fluxo magnético 316, um motor primário na forma de um motor elétrico 320, um fornecimento de energia, não ilustrado, para o motor, por exemplo, pacote de bateria, um arranjo de trem de acionamento 318 para transferir torque do motor 320 para todas as quatro das rodas de pólo 312, 314, um sistema de controle de veículo a bordo 322, como seria empregado em quaisquer veículos controlados sem fio remotamente ou veículos controlados por computador a bordo, e um corpo de veículo do tipo de caixa de sapato 324 sobre o qual todos dos componentes acima mencionados são montados. As rodas de pólo individuais 312, 314, as quais são cilíndricamente em forma de taça como detalhado nas figuras 4a e 4b, são apoiadas em respectivos elementos de eixo 326 fixados nas paredes laterais do corpo de veículo 324. O arranjo de trem de acionamento 318 inclui um sistema de correia e polia que acopla cineticamente todas as quatro rodas 312, 314 com um eixo de engrenagem acionado suportado no corpo 324 cuja roda dentada engrena com um eixo de parafuso helicoidal acoplado com um eixo de saída do motor elétrico 320. Os números de referência 328 e 329 servem para denotar braços de alavanca utilizados para comutação dos ímãs 316 entre seus respectivos estados ativados, nos quais um forte campo magnético externo é emitido e presente, e um estado desativado, no qual os ímãs 316 são "desligados" e nenhum campo magnético externo está presente.

Como pode ser melhor apreciado com referência às figuras 4a

to 4c, que mostram uma representação isométrica simplificada de uma unidade de fonte magnética individual 316 com seus associados pares de rodas polares 312, 314, e vistas superior e frontal ao longo das setas IVb e IVc na figura 4a, as unidades de fonte de fluxo magnético 316, que são respectivamente seguras dentro do corpo de veículo 324 em um local fixo entre cada associado dos pares de rodas polares 312, 314, são posicionadas de forma que o eixo magnético N-S de cada unidade de ímã 316 (no estado ativado) se estende coaxialmente com os eixos de roda 318. Cada unidade 316 se estende com suas duas respectivas extremidades axiais para dentro do espaço vazio cilíndrico 328 definido dentro do flange de rebordo anular 330 das rodas 312, 314 ou para estar em relação de confrontação com a seção contínua de disco terminal 332 das rodas 312, 314. Um intervalo de ar muito pequeno 334 é mantido entre as duas peças de extensão de pólo estacionárias 336, 338 que formam a carcaça das unidade 316 na qual são recebido os dois cilindros de ímã permanente polarizados diametralmente 340, 342 que provêm a fonte de fluxo magnético permanente ativa, mas comutável, das unidade 316 (compare acima a Patente US 7.012.495).

Um veículo de protótipo de acordo com a figura 3c (usando a unidade da figura 4a) foi construído, usando quatro rodas de pólo em forma de taça tendo um diâmetro externo de 90 mm, uma espessura de parede de rebordo de 25 mm, uma espessura de seção contínua de disco de 25 mm (definindo assim uma área de seção transversal de transferência de fluxo de 1375 mm^2 , ver a figura 4a, em 344) e feito de um aço macio tendo um limite de saturação magnético de fluxo de aproximadamente 2 Tesla. A superfície periférica das taças não era revestida e usinada para um acabamento liso quando observado por olho desarmado.

As unidades de fonte de fluxo magnético compreendem, cada, uma unidade de ímã permanente comutável do tipo M5040 comercializado por Magswitch Technology Worldwide e capaz de fornecer (em condições de

circuito descarregado) 1,2 Tesla na superfície de pólo estacionário relevante empregada na transferência de fluxo, em que a área de fluxo magnético do material magnético ativo (isto é, os dois ímãs cilíndricos empilhados) totaliza 2000 mm² (ver a figura 4a em 346).

5 A escolha da fonte de fluxo magnético (disponível), isto é, ímãs M5040, que fornece o formato do campo magnético gerado no estado “ligado” é similar aos ímãs de pólo largo com distribuição de campo magnético não uniforme, influencia também seu arranjo espacial com respeito às rodas em forma de taça bem como a dimensão (na direção axial dos
10 membros de roda) que a parede de rebordo da roda deve ter para atingir uma transferência de fluxo otimizada e força de atração gerada por força de campo magnético. Porque os membros de pólo de roda constituem uma carga com respeito à força magnética disponível, a profundidade da porção de rebordo é escolhida de modo que ela cobre (envolve) o ímã M540 até um local onde a
15 intensidade de campo magnético, medida ao longo de uma linha que corre perpendicular à linha de separação de diâmetro de pólos N-S é aproximadamente 0,7 do valor de campo máximo, ver a figura 4c, que é aproximadamente 12,5 mm na configuração escolhida.

20 O peso total do veículo incluindo todos componentes do trem de acionamento e componentes de controle, corpo de veículo e um componente de soldagem montado sobre o mesmo foi registrado como sendo em torno de 12 kg (uma única unidade de roda magnética consistindo de fonte de fluxo magnético 316 e pólos de roda em forma de taça 312, 314 pesa aproximadamente 3 kg).

25 Experimentos de suporte de carga conduzidos com o veículo 300 demonstraram que a força de estado inicial de arranque requerida para levantar verticalmente o veículo enquanto está em fixação magnética sobre uma placa de aço limpa horizontal é de aproximadamente 2400 N, e o veículo foi capaz de gerar uma força de tração de aproximadamente 400 N sobre um

substrato de placa de aço limpa.

A eficiência de transferência de fluxo entre o material magnético ativo das unidades de fluxo comutável 316 e o substrato foi determinada ser aproximadamente 50%.

5 Experimentos foram conduzidos, os quais sugerem que o carrinho auto-propelido de quatro rodas, como descrito, é capaz de transportar seguramente uma carga útil adicional que é igual a seu próprio peso ao longo de uma placa de aço inclinada verticalmente.

10 Será então apreciado que tais carrinhos podem ser usados para suportar todos os tipos de instrumentos e componentes que podem ser seguramente transportados ao longo de superfícies ferromagnéticas verticais e até mesmo em suspensão, ou podem ser incorporados em outras estruturas que requerem segura fixação em uma estrutura ferromagnética, de maneira deslocável.

15 Por exemplo, unidades de roda magnética comutáveis, como ilustradas, podem ser incorporadas em todos os tipos de plataformas de trabalho que são suspensas a partir de cima para executar manutenção ou outro trabalho sobre superfícies ferromagnéticas inclinadas verticalmente, por exemplo, um casco de navio, provendo assim um meio de fixar seguramente
20 magneticamente a plataforma no casco de navio sem inibir movimento para cima e para baixo da plataforma.

Voltando finalmente para figura 5, ela ilustra esquematicamente um dispositivo de elevação de roda magnética 500 que incorpora uma unidade de roda magnética 510 de tipo similar àquela ilustrada
25 e descrita com referência às figuras 4a to 4c, com dimensões similares como referidas acima, que adicionalmente incorpora uma armação de paralisação de movimento 520 que pode ser seletivamente pivotada para dentro e para fora de contato com o substrato sobre o qual a unidade 510 é fixada para deslocamento. A armação 520 é um suporte substancialmente em forma de U

tendo dois braços paralelos 522 e 524 que incorporam uma dobra 525 ao longo de seu comprimento e um braço de manuseio transversal 526 em uma extremidade oposta às extremidades terminais livres 521 e 523 dos braços 522, 524.

5 A armação 520 é montada para rotação em torno do, mas de resto segura, no eixo comum 528 de ambas as rodas de pólo 512, 514 de forma que os dois braços de alavanca paralelos da armação podem ser girados para entrar com suas respectivas extremidades terminais 512 e 523 em contato forçado com a superfície de substrato 530 sobre a qual as rodas de extensão
10 de pólo 512, 514 são magneticamente fixadas.

As geometrias de braço de alavanca, em particular a relação de comprimento L2 entre as extremidades livres dos braços 522 e 524 e o ponto de pivotamento em 528 e o comprimento L1 entre o ponto de pivotamento em 528 e a seção de barra transversal 529, onde força 532 pode ser exercida a fim
15 de girar a armação 520, determinarão o efeito de força de alavanca entre a força 533 que pode ser aplicada no ponto de contato das extremidades livres dos braços 522, 524 com o substrato e a força de reação 534 que é provida pela força de atração magnética exercida entre as rodas 512, 514 e substrato.

O princípio do dispositivo 500 pode ser empregado em
20 dispositivos destinados a subir uma parede ferromagnética vertical, onde deslizamento para trás devido a coeficientes de fricção entre rodas e substrato é insuficiente para segurar forças de tração positiva. Será apreciado que o dispositivo de paralisação pode também ser usado contra o deslizamento para frente, pois o padrão de movimento relevante da unidade e o local de contato
25 com o solo do dispositivo de paralisação à frente ou atrás das rodas de pólo irão ditar a funcionalidade do dispositivo de paralisação.

REIVINDICAÇÕES

1. Circuito magnético tendo (a) uma fonte de fluxo magnético que inclui um eletroímã ou um ou mais ímãs permanentes, (b) pelo menos dois corpos de extensão de pólo polarizáveis opostamente associados com a fonte de fluxo magnético, os corpos sendo disco, roda, rolo ou conformado de maneira similar com uma superfície circunferencial externa e mantidos rotativos em torno de respectivos eixos de rotação, e (c) um corpo contador que tem propriedades ferromagnéticas que é disposto para cooperar com os corpos de extensão de pólo rotativos de modo a prover um trajeto de fluxo externo para o fluxo magnético quando em contato ou proximidade magnética com a superfície circunferencial dos corpos de extensão de pólo, que é caracterizado pelo fato de que a fonte de fluxo magnético é mantida estacionária em relação aos corpos de extensão de pólo rotativos.

2. Veículo capaz de se fixar magneticamente a um substrato magneticamente atrativo, caracterizado pelo fato de que inclui um corpo de veículo no qual são suportados pelo menos dois membros de roda e pelo menos um ímã que exhibe um pólo N e um S, em que os membros de roda incluem material magneticamente passivo mas polarizável, em que os membros de roda e o(s) ímã(s) são espacialmente localizados sobre o corpo de veículo de uma maneira em que os membros de roda provêm elementos de extensão de pólo rotativos, polarizáveis opostamente dos pólos N e S do(s) ímã(s) de resto estacionário(s), pelo que o apoio dos membros de roda sobre a superfície de um substrato magneticamente atrativo cria um circuito magnético fechado englobando o ímã, os membros de roda de extensão de pólo e o substrato.

3. Componente de suporte, caracterizado pelo fato de ser capaz de reter magneticamente fixo a ele, de uma maneira de resto deslocável, um corpo magneticamente atrativo, incluindo uma estrutura de suporte na qual são montados pelo menos dois membros de roda ou rolo dispostos para

rotação em torno de eixos respectivos, e pelo menos um ímã que exibe um pólo N e S montado no corpo de suporte separado dos membros de roda ou rolo, em que os membros de roda incluem material magneticamente passivo mas polarizável, e em que os membros de roda ou rolo são espacialmente localizados sobre a estrutura de suporte de uma maneira em que os membros de roda provêm elementos de extensão de pólo rotativos, polarizáveis opostamente dos pólos N e S do ímã de dipolo de resto estacionário, pelo que colocar um substrato magneticamente atrativo em contato de superfície com a superfície periférica dos membros de roda cria um circuito magnético fechado englobando o ímã, os membros de roda de pólo ou rolo e o substrato.

4. Veículo ou componente de suporte de acordo com a reivindicação 2 ou 3, respectivamente, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um ímã é suportado de modo a manter um intervalo de ar para os membros de extensão de pólo de roda ou rolo.

5. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 2 ou 3, respectivamente, caracterizado pelo fato de que inclui ainda dispositivos de acionamento disposto para transferir torque para pelo menos um dos membros de roda ou rolo.

6. Veículo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que inclui ainda dispositivos para auto-propelir o veículo sobre a superfície de substrato.

7. Veículo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que os dispositivos para auto-propelir incluem um arranjo para transferir torque para pelo menos um dos membros de roda a partir de um motor a bordo.

8. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que os dispositivos de acionamento incluem um de um acionamento por correia, um acionamento por roda dentada, um acionamento por corrente ou um acionamento de engrenagem sem fim ou

combinações dos mesmos.

5 9. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que os dispositivos de acionamento incluem que um ou mais rolos de fricção dispostos para transmitir ou receber torque por engate com uma circunferência externa de pelo menos um dos membros de roda.

10 10. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que os rolos de fricção incorporam materiais ferromagnéticos dispostos operativamente para solicitar os rolos para, e manter contato com, o(s) membro(s) de roda através de força magnética.

11. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que os dispositivos de acionamento incluem uma disposição ou caixa de engrenagem.

15 12. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 2 ou 3, respectivamente, caracterizado pelo fato de que um ímã de dipolo é previsto por par de membros de roda ou rolo.

20 13. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o ímã de dipolo é um dispositivo de ímã permanente comutável disposto para gerar um campo magnético externo que pode ser variado entre uma saída de densidade de fluxo máxima em um estado completamente ligado ou ativo e uma saída de densidade de fluxo mínima praticamente desprezível produziu em um estado completamente desligado ou desativado.

25 14. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de ímã permanente comutável inclui um de um comutador de balancim para variar e selecionar entre estados completamente ligado e completamente desligado e um comutador de incremento para ajustar e fixar uma saída de fluxo magnético entre completamente ligada e completamente desligada.

15. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que os membros de roda ou rolo são em forma de taça em seção transversal, e em que o ímã de dipolo estende-se com um de seus pólos para dentro da roda ou rolo em forma de taça.

5 16. Veículo ou componente de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que tem pelo menos quatro de ditas rodas ou rolos dispostos em pares, em que um de dito dispositivo de ímã permanente comutável está presente por cada um de dito par de membros de roda ou rolo, e incluindo ainda um dispositivo para comutar discretamente os dois
. 10 dispositivos de ímã permanente independentemente ou conjuntamente

17. Circuito magnético de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os corpos de extensão de pólo rotativos têm forma de roda e têm uma forma de seção transversal e dimensões para (a) minimizar perdas de transferência de fluxo desde a fonte de fluxo magnético
15 para as rodas de pólo rotativas, (b) prover pólos virtuais de área relativamente maior para deste modo maximizar transferência de fluxo fora da zona de contato físico direto entre rodas de extensão de pólo e a superfície de substrato, e (c) manter um valor predeterminado de força de atração magnética em direção ao substrato.

20 18. Circuito magnético de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que as rodas de extensão de pólo são corpos cilíndricamente em forma de taça tendo uma porção de flange anular tendo um comprimento axial que é uma função da intensidade de campo magnético da fonte de fluxo magnético

25 19. Circuito magnético de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que as rodas de extensão de pólo em forma de taça têm um comprimento axial suficiente para cobrir a fonte de fluxo magnético a uma extensão onde a fonte de fluxo exhibe aproximadamente 70% de sua intensidade de campo máxima.

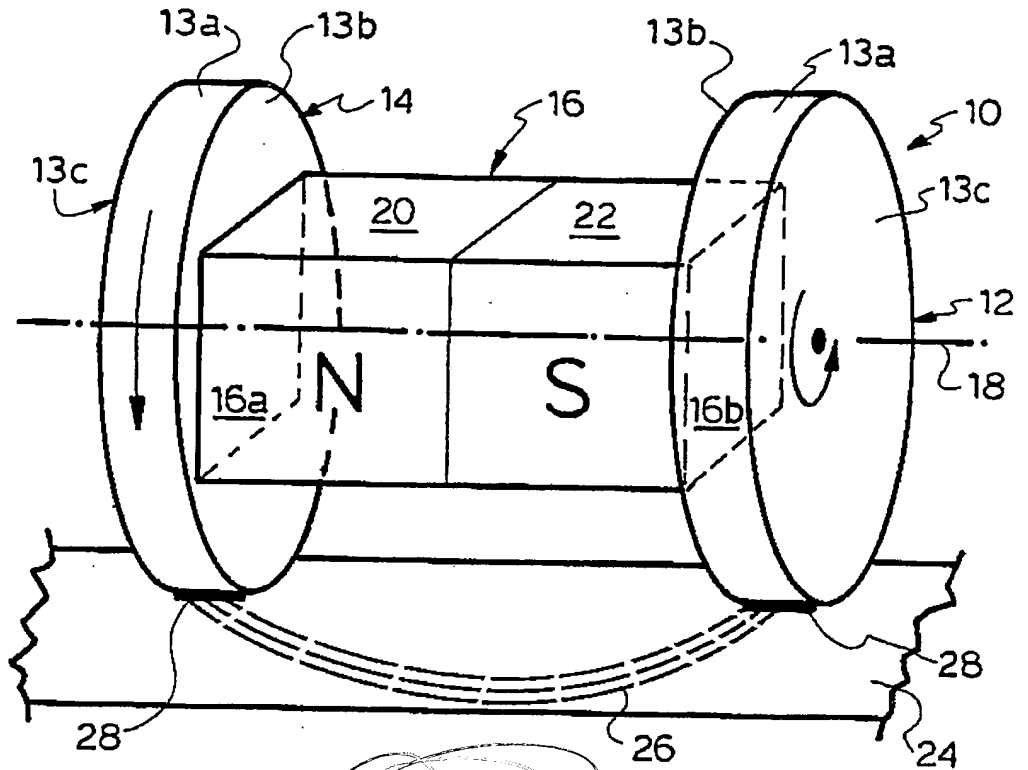


Fig. 1a.

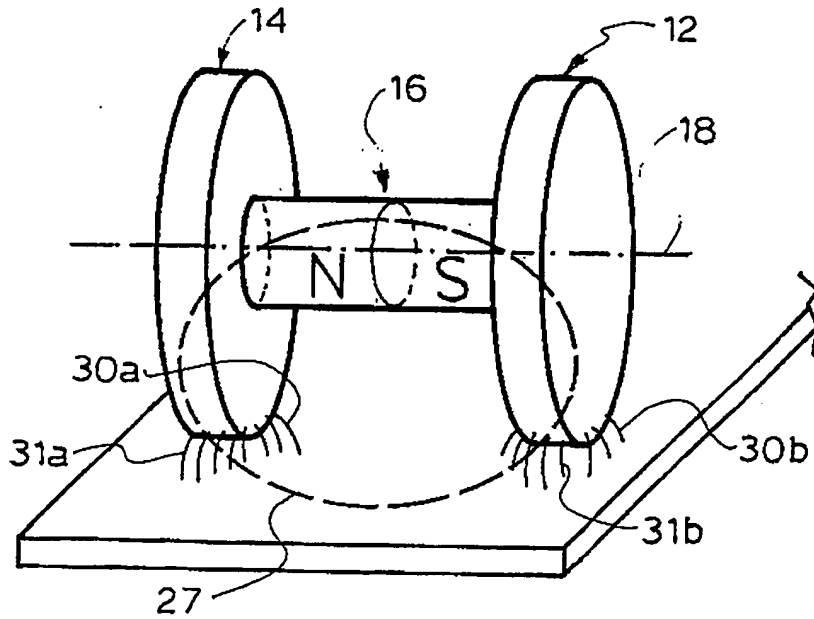


Fig. 1b.

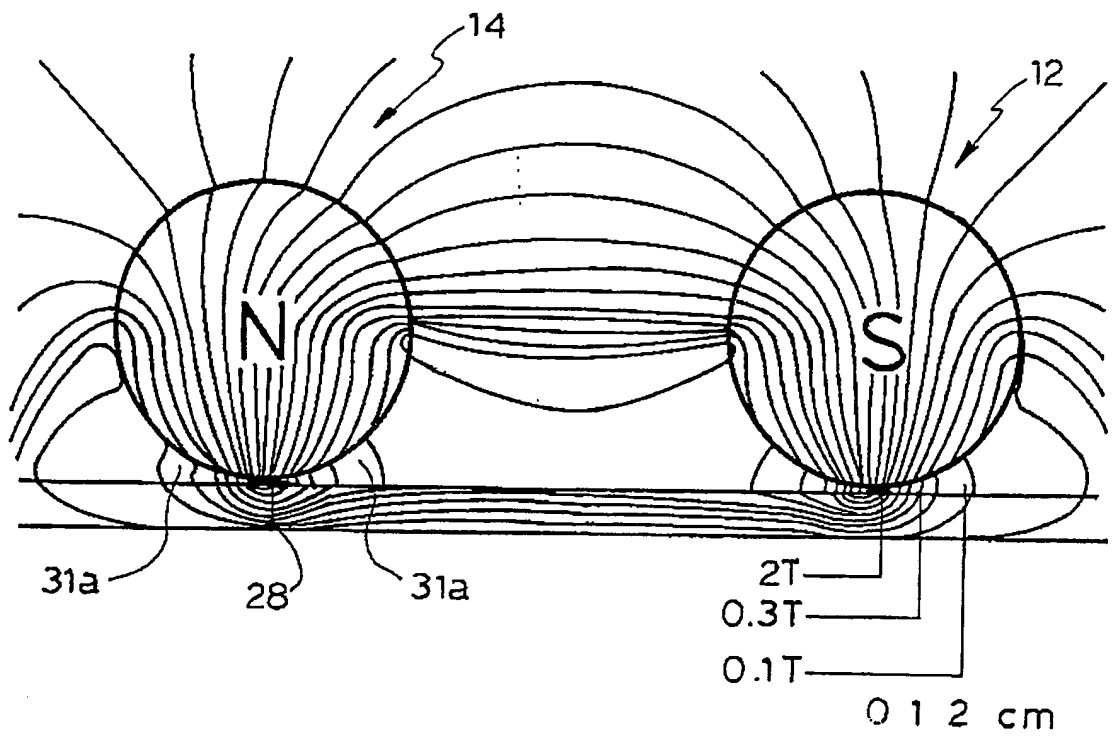


Fig. 1c.

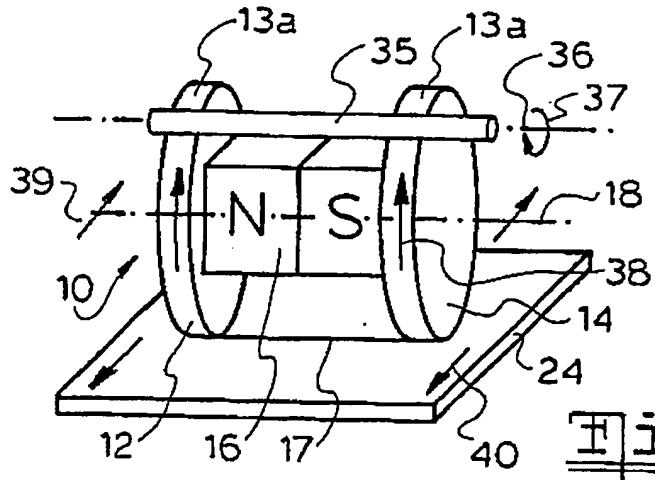


Fig. 2a.

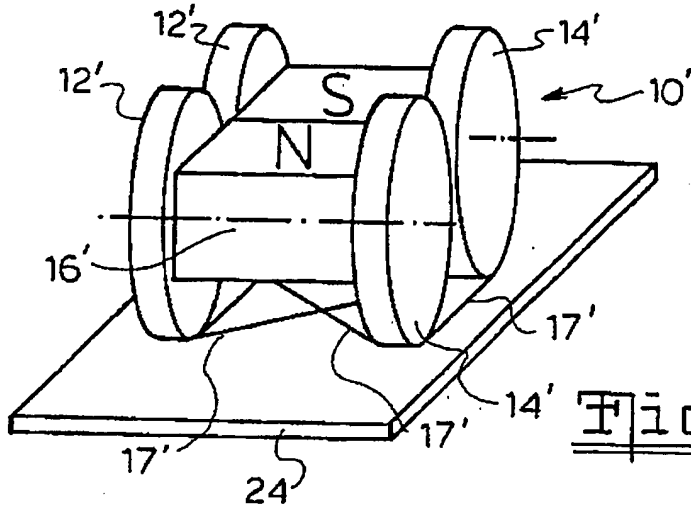


Fig. 2b.

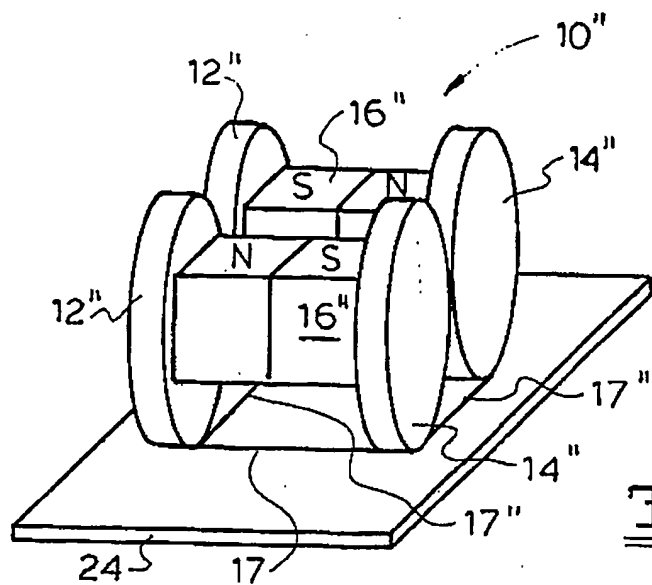


Fig. 2c.

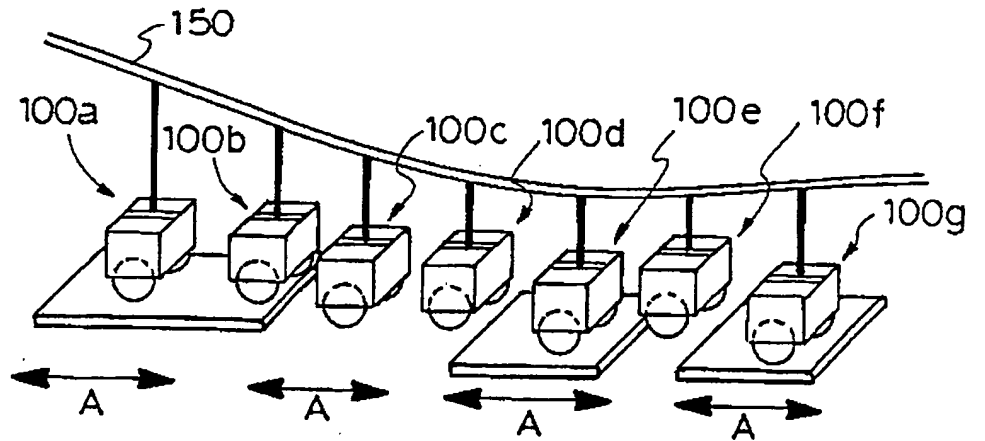


Fig. 3a.

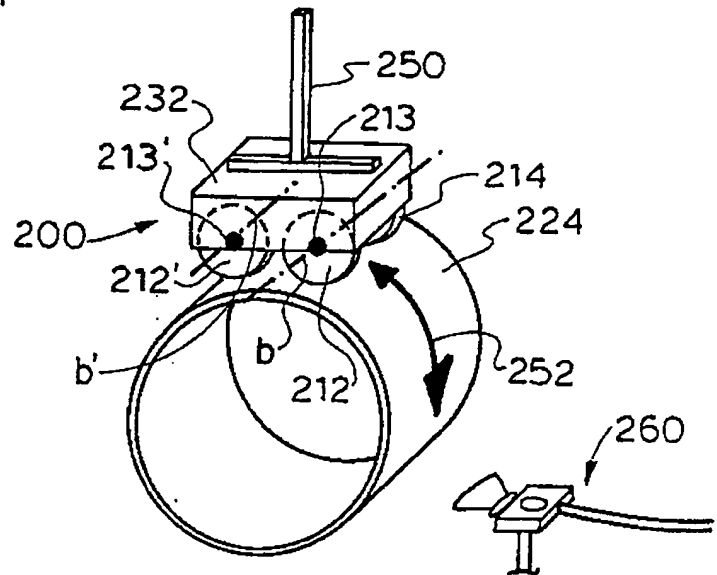


Fig. 3b.

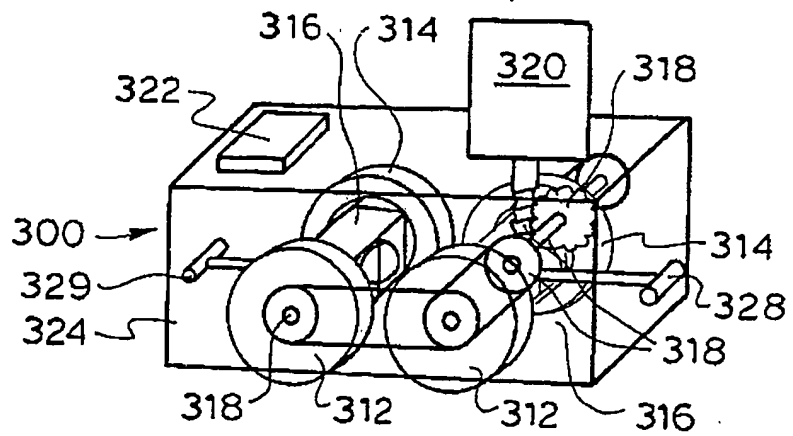


Fig. 3c.

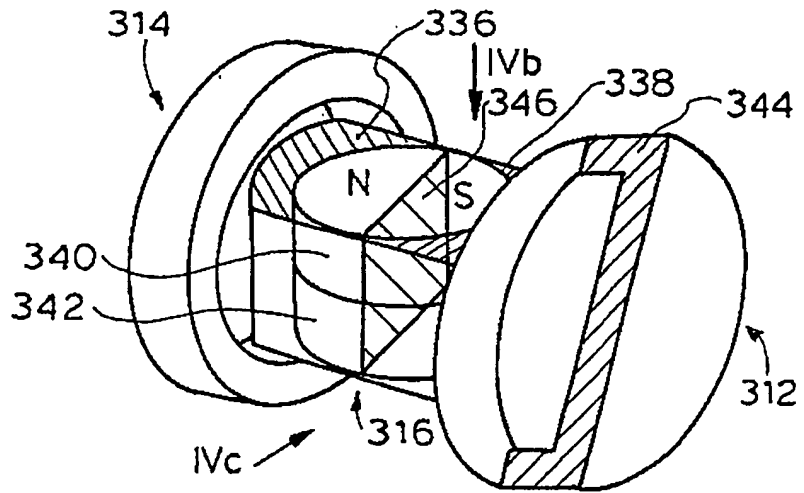


Fig. 4a.

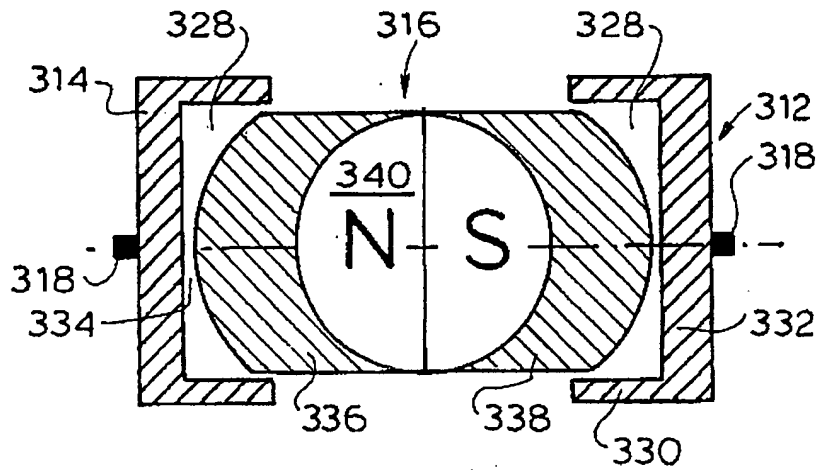


Fig. 4b.

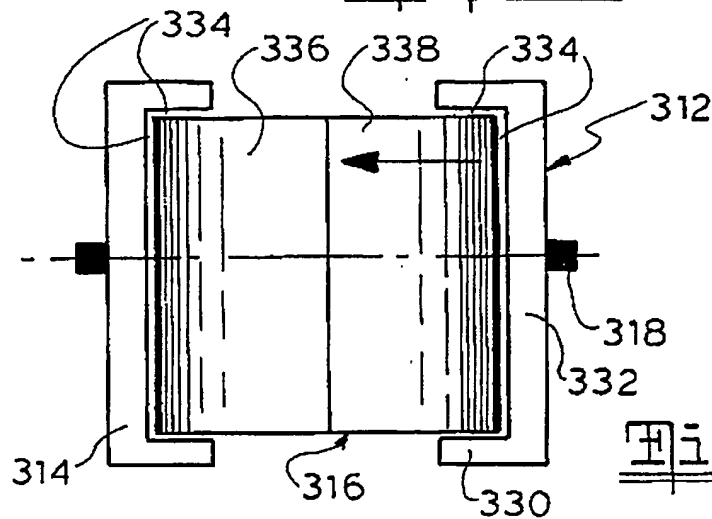


Fig. 4c.

RESUMO

“CIRCUITO MAGNÉTICO, VEÍCULO CAPAZ DE SE FIXAR MAGNETICAMENTE A UM SUBSTRATO MAGNETICAMENTE ATRATIVO E COMPONENTE DE SUPORTE”

5 Circuito magnético que tem (a) uma fonte de fluxo magnético que inclui um eletroímã ou um ou mais ímãs permanentes, (b) pelo menos dois corpos de extensão de pólo polarizáveis opostamente associados com a fonte de fluxo magnético, os corpos sendo disco, roda, rolo ou conformado de maneira similar com uma superfície circunferencial externa e mantidos
10 rotativos em torno de respectivos eixos de rotação, e (c) um corpo contador que tem propriedades ferromagnéticas que é disposto para cooperar com os corpos de extensão de pólo rotativos de modo a prover um trajeto de fluxo externo para o fluxo magnético quando em contato ou proximidade magnética com a superfície circunferencial dos corpos de extensão de pólo, que se
15 caracteriza pelo fato de que a fonte de fluxo magnético é mantida estacionária em relação aos corpos de extensão de pólo rotativos.