



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112016015974-8 B1



(22) Data do Depósito: 14/01/2015

(45) Data de Concessão: 25/01/2022

(54) Título: PIG E DISCO DE PIG PARA UM PIG

(51) Int.Cl.: F16L 55/40; G01B 7/16.

(30) Prioridade Unionista: 29/01/2014 DE 10 2014 001 001.5.

(73) Titular(es): ROSEN SWISS AG.

(72) Inventor(es): DIRK LARINK; TILMANN MÖNSTER; HOLGER ROSENBLECK-SCHMIDT.

(86) Pedido PCT: PCT EP2015000051 de 14/01/2015

(87) Publicação PCT: WO 2015/113734 de 06/08/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 08/07/2016

(57) Resumo: PIG E DISCO DE PIG PARA UM PIG A presente invenção refere-se a um PIG para a inspeção e/ou para a limpeza de dutos, particularmente de transporte de óleo, de gás ou de água, em que o PIG apresenta pelo menos um elemento de material sintético (26) flexível, que está disposto em um elemento de PIG preferencialmente realizado como corpo de PIG (13), em que o elemento de material sintético (26), observado a partir do elemento de PIG, apresenta pelo menos um conversor eletromecânico que se estende na direção longitudinal do elemento de material sintético para a detecção e/ou para a aplicação de uma alteração de forma do elemento de material sintético (26). Além disso a presente invenção se refere a um disco de PIG, em cuja região lateral elástica existe pelo menos um conversor eletromecânico como sensor para a detecção de alterações da seção transversal interna livre de um duto.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PIG E DISCO DE PIG PARA UM PIG**".

[0001] A presente invenção se refere a um *PIG* para a inspeção e/ou para a limpeza de dutos, particularmente de transporte de óleo, de gás ou de água, em que o *PIG* apresenta pelo menos um elemento de material sintético flexível, que está disposto em um elemento de *PIG* preferencialmente realizado como corpo de *PIG*. Além disso, a presente invenção se refere a um disco de *PIG* para um *PIG* usável em um duto, compreendendo um corpo de disco com uma região de fixação interna para a fixação do disco de *PIG* em um corpo de *PIG* assim como com uma região externa adjacente à região de fixação interna para fora em relação a um eixo central, que pode entrar pelo menos parcialmente em contato com um lado interno do duto.

[0002] Para a proteção de *PIGs* de inspeção ou de limpeza na prática é comum percorrer previamente os dutos com um *PIG* relativamente econômico, que apresenta um disco de *PIG* de alumínio. Este disco de *PIG* é fixado no corpo do *PIG*. O diâmetro externo deste disco de *PIG* igualmente designado por "placa de medição" corresponde aproximadamente ao diâmetro de uma coroa de sensores de um *PIG* de inspeção a ser usado. Devido à danificação ou à destruição da placa de medição são geradas irregularidades estruturais no duto. Estas irregularidades podem ser, por exemplo, deposições ou deformações no duto, conexões que penetram no duto por exemplo, de pontos de extração inadmissíveis ou conexões de soldagem ferrugentas e com rupturas.

[0003] Um problema na detecção destas irregularidades estruturais é a solução local deficiente. Assim, por meio do uso da placa de medição não é conhecido exatamente em que ponto do duto tanto na direção da respectiva direção longitudinal (Z) e em que momento (plano xy) se encontram os potenciais perigos para o *PIG* de

inspeção. Além disso, o perigo reside no fato de devido a um dano precedente ou a uma destruição parcial da placa de medição os obstáculos cronologicamente subsequentes não poderem ser assinalados corretamente.

[0004] Uma possibilidade adicional para identificar as irregularidades estruturais existentes em um duto é o uso de *PIGs* de inspeção, que por via mecânica, quer dizer particularmente por meio da deflexão de uma pluralidade de braços móveis, podem medir o "free span" ou a geometria interna de dutos. Estes *PIGs* enquanto *PIGs* de inspeção são construídos de uma forma mecânica relativamente complexa e devido ao respectivo preço devem ser protegidos antes do contato com irregularidades demasiado grandes, que podem danificar o *PIG*. Por conseguinte, em uma inspeção desta natureza, são usados previamente *PIGs* com placas de medição.

[0005] Consequentemente existe a necessidade de divulgar um *PIG* econômico para a inspeção de dutos particularmente com as irregularidades estruturais acima referidas.

[0006] Este objetivo é alcançado por meio de um *PIG* de acordo com a reivindicação 1, assim como por meio de um disco de *PIG* de acordo com a reivindicação 15, assim como finalmente com um *PIG* de acordo com a reivindicação 29. As formas de realização vantajosas da presente invenção são enunciadas nas reivindicações dependentes e na descrição.

[0007] De acordo com a presente invenção um *PIG* com pelo menos um elemento de material sintético flexível, que está disposto em um elemento de *PIG* é caracterizado por o elemento de material sintético, observado a partir do elemento de *PIG*, apresentar pelo menos um conversor eletromecânico que se estende na direção longitudinal do elemento de material sintético para a detecção e para a aplicação de uma alteração de forma do elemento de material

sintético. Alternativamente ou adicionalmente o conversor eletromecânico pode igualmente ser usado como gerador para a produção de energia no duto. Devido à supressão de mecanismos de alavanca complexos é aproveitada a rigidez e a flexibilidade inerente ao elemento de material sintético, quer dizer a respectiva flexibilidade em uma direção transversal em relação à direção longitudinal do elemento de material sintético, para, por meio do conversor eletromecânico, detectar ou aplicar alterações de forma do elemento de material sintético. Neste caso o conversor eletromecânico experiencia ou está sujeito a uma alteração de forma, que corresponde à alteração de forma do elemento de material sintético ou é coincidente com esta. No caso extremo o conversor eletromecânico pode realizar o elemento de material sintético em partes significativas.

[0008] Um *PIG* de acordo com a presente invenção desta natureza apresenta uma produção econômica, considerando que a produção do elemento de material sintético geralmente é mais econômica que a produção de componentes metálicos. Além disso, é possível a integração de um conversor eletromecânico sob a forma de um sensor ou de um atuador, quer no interior ou pelo menos parcialmente no exterior do elemento de material sintético. O conversor é tão flexível como o elemento de material sintético, particularmente na direção transversal em relação à respectiva extensão longitudinal. A alimentação de energia do conversor eletromecânico, tal como nos casos dos sensores convencionais, pode ser realizada de forma localmente próxima do sensor e estar integrada por exemplo, no elemento de material sintético, podendo igualmente estar localizada e conectada por cabos em um elemento de *PIG* ou em um componente adicional do *PIG*.

[0009] Tipicamente, o elemento de material sintético é realizado de forma elástica, quer dizer que depois de alterações de forma, que

ocorrem devido a forças internas (do conversor) ou devido à alteração da geometria do duto, pode voltar à sua forma inicial.

[0010] Por uma extensão do conversor na direção longitudinal se deve entender uma extensão a partir da fixação de pelo menos 30% ao longo da extensão do elemento de material sintético. Preferencialmente uma alteração de forma mais acentuada é mais facilmente detectável ou aplicável, quando pelo menos 50% do elemento de material sintético estão providos de um conversor na direção longitudinal. Podem igualmente estar previstos vários conversores no elemento de material sintético, quer uns a seguir aos outros na direção longitudinal quer paralelos uns em relação aos outros.

[0011] Vantajosamente, o elemento de material sintético conecta o elemento de *PIG* com um componente de *PIG* adicional, por exemplo uma cabeça de medição ou um segmento de *PIG* adicional, quer dizer um segundo componente de *PIG* distanciado de um primeiro componente de *PIG* na direção longitudinal do *PIG* e particularmente disposto de forma articulada. Preferencialmente, no caso do componente de *PIG* adicional, se trata de um componente radialmente deslocado para fora a partir de um eixo central longitudinal do *PIG*, que pode ser posicionado por exemplo, próximo de uma parede interna do duto.

[0012] O elemento de material sintético, alternativamente ou adicionalmente, pode ser usado igualmente para a conexão de vários segmentos de *PIG*, o que apresenta a vantagem de se poder detectar as posições relativas correspondentes dos segmentos por meio do conversor ou de se poder possibilitar uma orientação do *PIG* por exemplo para a retração em ramificações de duto.

[0013] Mais particularmente, o conversor é realizado para a produção de uma força transversal em relação à respectiva extensão

longitudinal, para alterar uma posição relativa do elemento de *PIG* em relação ao componente de *PIG*. O conversor é realizado de forma plana e oblonga, em forma de haste ou em forma de placa. Preferencialmente o *PIG* apresenta uma pluralidade de conversores em e/ou no elemento de material sintético. Pode igualmente apresentar uma pluralidade de elementos de material sintético com um e/ou vários conversores. Assim, na direção circunferencial em volta do *PIG* as alterações de forma podem ser acompanhadas por meio de sensores realizados como conversores. É igualmente possível realizar alterações de forma na direção circunferencial em volta do *PIG* e na direção da parede interna do duto. São igualmente possíveis alterações de forma e medições de alterações de forma entre dois segmentos de *PIG*.

[0014] Para melhorar o assentamento de uma cabeça de sensor ou uma medição da geometria interna do duto, preferencialmente o conversor é realizado para o reforço de uma força aplicável sobre a parede interna do duto pelo *PIG*. Alternativamente pode produzir uma força desta natureza.

[0015] Preferencialmente, é possível usar um conversor operado como atuador como sensor nos momentos em que não é necessária a operação do conversor como atuador. Para este efeito apenas é necessário adaptar o sistema eletrônico de acionamento. O mesmo se aplica a um conversor operado como gerador, que no que se refere à construção por ex. relativamente aos eletrodos e ao dielétrico, pode ser operado de forma idêntica aos conversores operados como sensores ou atuadores. O *PIG* pode igualmente apresentar conversores realizados de forma diferente em um ou em vários elementos de material sintético, quer dizer pelo menos um conversor, que é realizado como atuador para a aplicação de força e pelo menos um conversor adicional, que é realizado como sensor.

[0016] As vantagens acima referidas são particularmente evidentes quando o elemento de material sintético e o conversor apresentam valores de elasticidade que não se desviam em mais de 25% um do outro.

[0017] Mais particularmente, o conversor pode apresentar um dielétrico circundado por eletrodos, o que permite uma produção simples do conversor. Simultaneamente, o dielétrico pode ser realizado à base de material sintético e, por conseguinte, ser adaptado de forma convencional aos materiais sintéticos usados no domínio da inspeção de dutos.

[0018] Preferencialmente, o dielétrico é produzido à base de um elastômero, no caso do qual se trata particularmente de um poliuretano. Particularmente, os poliuretanos que apresentam durezas de Shore A compreendidas entre 50 e 100 apresentam propriedades de alongamento e de elasticidade particularmente boas, custos de material reduzidos e, em comparação com diversas formas de realização de dielétricos, um consumo de potência energeticamente eficaz e um comportamento de reação rápida assim como uma fiabilidade elevada. Pode igualmente ser alcançada uma operação de peso neutro.

[0019] Os eletrodos podem igualmente ser produzidos à base de material sintético, particularmente um poliuretano. Os materiais adequados para os eletrodos podem ser produzidos à base de compostos elastoméricos contendo negro de fumo, grafite, nanotubos ou nanotubinhos de carbono ou partículas metálicas.

[0020] Estas vantagens são particularmente evidentes no caso de um conversor que é circundado por um corpo de poliuretano e/ou de um *PIG*, em que o elemento de material sintético é realizado pelo menos sobretudo a partir de ou à base de um poliuretano.

[0021] Preferencialmente, uma camada do conversor é realizada

pelo menos parcialmente à base de um elastômero contendo negro de fumo ou titanato de bário. O índice dielétrico do dielétrico pode ser aumentado adicionalmente por meio do uso de materiais adequados. Os materiais adequados são particularmente materiais de enchimento (particularmente titanato de bário) orgânicos ou inorgânicos com condutibilidade (por ex. contendo negro de fumo ou grafite) ou altamente polarizantes. No presente caso, os materiais são altamente polarizantes e o seu índice dielétrico é superior a 50. Os conversores realizados correspondentemente, particularmente como sensores, podem ser produzidos com uma complexidade reduzida.

[0022] Preferencialmente, um eletrodo do conversor pode ser realizado pelo menos parcialmente à base de um material contendo nanotubos de carbono, grafite, negro de fumo ou pó metálico, sendo que os materiais correspondentes podem ser facilmente integrados em material sintético de poliuretano.

[0023] Um sensor ou um atuador com um dielétrico à base de um poliuretano compreendendo os materiais de enchimento acima referidos, em comparação com outros elastômeros não modificados (por ex. silicone), apresenta um índice dielétrico elevado, de forma que nas mesmas condições a superfície sensora necessária para uma capacidade de por exemplo 1 nF pode ser reduzida para 10 cm² e, por conseguinte, para uma região praticável. Alternativamente a espessura de camada deve ser aumentada correspondentemente. Correspondentemente as camadas do sensor são manuseáveis mais simplesmente e podem ser sujeitas a cargas mais elevadas.

[0024] Preferencialmente o conversor de acordo com uma forma de realização adicional da presente invenção pode ser torcido, de forma que é flexível na direção axial e na direção circunferencial. Neste caso, por direção circunferencial se deve entender em volta da direção longitudinal do elemento de material sintético. Isto pode ser

alcançado por exemplo, por meio de dois conversores que se estendem paralelamente, que aplicam forças sobre o elemento de material sintético e, por conseguinte, sobre si mesmos em direções diferentes.

[0025] Geralmente, um *PIG* com um elemento de material sintético, que apresenta um conversor eletromecânico, é realizado vantajosamente devido aos recursos materiais reduzidos, à construção simples assim como à flexibilidade elevada e boa. Mais particularmente, a flexibilidade elevada dos materiais sintéticos possíveis assim como a integração do dispositivo de medição nestes elementos de material sintético permitem formas de realização reduzidas do *PIG*.

[0026] Podem ser usados tanto sensores flexíveis, como sensores produzidos à base de elastômeros, sendo igualmente possíveis outros materiais sintéticos com condutibilidade, por ex. negro de fumo com condutibilidade ou elastômeros com enchimento similar. Correspondentemente, por um lado podem ser detectadas alterações de capacidade, de resistência ou de tensão (particularmente no caso de materiais piezelétricos) e ser armazenadas ou diretamente analisadas por um sistema eletrônico de medição associado. Além do dielétrico, o sensor, à semelhança de outros atuadores, apresenta pelo menos duas camadas de eletrodos. No caso de três ou mais camadas o conversor pode apresentar duas ou mais camadas de dielétrico.

[0027] O uso de vários sensores pode ser aproveitado para medições diferenciais, em que é realizada uma subtração dos sinais de sensor e, por conseguinte, podem ser compensados vários efeitos de temperatura ou de pressão ou outros sobre os sensores.

[0028] De acordo com a presente invenção, no caso de uma solução adicional do objetivo inicialmente referido está previsto que no caso de um disco de *PIG* para um *PIG* usável em um duto e para a

detecção de alterações na seção transversal interna livre do duto, compreendendo um corpo de disco com uma região de fixação interna para a fixação do disco de *PIG* em um corpo de *PIG* assim como com uma região externa adjacente à região de fixação para fora em relação a um eixo central, que pode entrar pelo menos parcialmente em contato com um lado interno do duto, a região externa elástica apresenta pelo menos um sensor eletromecânico para a detecção das alterações (da seção transversal livre do duto). As alterações de forma da região externa elástica podem ser registradas pelo sensor eletromecânico. Para este efeito, podem ser registradas alterações da resistência do sensor ou preferencialmente alterações da capacidade do sensor por um sistema de medição ou um sistema eletrônico de medição associado. Devido à elasticidade da região externa, o disco de *PIG* pode voltar a assumir a forma precedente depois de passar pelas irregularidades estruturais, de forma que subsequentemente no mesmo momento possa ser detectada uma alteração da seção transversal interna livre a jusante no duto. Devido às irregularidades estruturais no interior do duto são geradas alterações de forma reversíveis do disco de *PIG*, que são detectadas por meio do sensor eletromecânico. Quando o disco de *PIG* é introduzido no duto sob pré-tensão ou pré-alongamento, não podem apenas ser registrados estreitamentos, mas igualmente alargamentos da seção transversal interna livre do duto pelo sensor. O disco de *PIG* pode expandir-se no caso de alargamentos da seção transversal e, por conseguinte, diferentemente das placas de medição existentes até ao momento, detectar abrasões de revestimentos ou flexões para fora. A relaxação do segmento de disco ou do corpo de disco originada por isto pode ser registrada pelo sensor eletromecânico e conduzir por exemplo, a uma alteração da capacidade, da resistência ou da tensão, que pode ser registrada pelo sistema eletrônico de medição.

[0029] No caso do disco de *PIG* se poder tratar de um elemento de material sintético flexível de acordo com a reivindicação 1, o elemento de *PIG*, correspondentemente, pode ser realizado como corpo de *PIG* para a fixação do disco de *PIG*.

[0030] Para a proteção do disco de *PIG* este pode apresentar um elemento de proteção de arestas ao longo da respectiva periferia nas extremidades, por meio do qual o disco de *PIG* alcança um assentamento definido na parede interna do duto. Este elemento de proteção de arestas é constituído preferencialmente por um metal duro ou um material cerâmico, por ex. dióxido de zircônio. A forma do elemento de proteção de arestas, com o objetivo de uma inspeção melhorada da parede interna do duto, pode apresentar uma forma pelo menos parcialmente arredondada ou pontiaguda.

[0031] É evidente que os valores de sensor detectáveis preferencialmente como alterações de capacidade ou de resistência do sensor podem ser detectados, armazenados e eventualmente analisados por meio de um sistema de medição ou de detecção elétrico ou eletrônico. Este sistema de medição e/ou de detecção pode ser parte do disco de *PIG*, sendo que, para evitar custos demasiado elevados relativos à substituição de um disco de *PIG* desgastado, pode ser vantajoso atribuir partes essenciais do sistema de detecção a um *PIG* associado e por exemplo, incorporá-las no corpo do *PIG*. Ao disco de *PIG* é associado um sistema de medição e/ou de detecção, que apresenta meios para a detecção de várias alterações da resistência ou da capacidade do sensor eletromagnético. Também, no caso de haver uma operação do conversor como atuador, existe um sistema eletrônico de acionamento correspondente no *PIG*. Este compreende meios para a alimentação de tensão assim como meios de controle e de armazenamento associados. Do mesmo modo, no caso do uso do conversor como gerador, o sistema eletrônico

associado apresenta meios para a absorção da tensão gerada pelas forças mecânicas que atuam sobre o conversor. A energia extraída do conversor pode ser consumida ou armazenada por meio de meios de armazenamento.

[0032] Mais particularmente, o sensor é realizado de forma flexível, de forma a poder acompanhar alterações de forma do disco de *PIG* geradas por alterações da seção transversal do duto. Para este efeito o sensor pode estar disposto no lado externo do disco de *PIG*, estar integrado neste ou fazer parte pelo menos parcialmente do disco de *PIG*. Depois de ultrapassar o obstáculo ou a irregularidade no duto o disco de *PIG* fixado no *PIG* conjuntamente com o sensor pode voltar à forma, que corresponde ao estado inicial da irregularidade estrutural.

[0033] No caso do eixo central se trata de um eixo, que atravessa o centro do disco de *PIG* tipicamente circular e que está disposto perpendicularmente sobre o plano do disco de *PIG* distendido de forma plana. Quando o disco de *PIG* em um estado não carregado não é realizado como disco plano, mas por exemplo, apresenta regiões curvadas para trás na direção contrária de uma direção de avanço presumida, o eixo longitudinal do disco de *PIG* corresponde ao eixo longitudinal do *PIG* no estado montado do disco de *PIG*.

[0034] Para a eliminação de efeitos de temperatura de acordo com uma forma de realização adicional de acordo com a presente invenção está previsto que o corpo de disco, observado na direção axial, apresenta pelo menos dois sensores dispostos um a seguir ao outro e preferencialmente distanciados um do outro, que mais particularmente estão inseridos no corpo de disco ou dispostos no disco de *PIG*. Para a determinação exata da deflexão ou da alteração de forma do disco de *PIG* os dois sensores são comutados no dispositivo de detecção, de forma que é possível haver uma medição diferencial dos sinais de sensor ou uma subtração dos sinais de sensor. Devido a isto são

compensados vários efeitos de temperatura ou igualmente outras influências externas por ex. devido à pressão sobre os sensores. Caso contrário, deve ser realizada uma calibração de temperatura para um sensor. No caso de uma deformação do disco de *PIG* devido a uma irregularidade estrutural, por exemplo, devido a uma amolgadela e a uma redução da seção transversal interna do duto no caso de sensores dispostos uns a seguir aos outros na direção axial, preferencialmente, por um lado, é gerado um alongamento (do sensor dianteiro na direção de avanço) assim como uma compressão do sensor que se encontra atrás deste na direção de avanço. Quando se trata de sensores capacitivos, isto por um lado conduz a um aumento da capacidade e, por outro, a uma redução da capacidade (sensor traseiro). A diferença das duas capacidades é superior a zero. As deformações acentuadas da seção transversal interna livre conduzem a alterações de capacidade elevadas e as deformações reduzidas conduzem a alterações de capacidade reduzidas.

[0035] Em função dos materiais de sensor usados podem ser geradas curvas de calibração, que podem ser armazenadas em um banco de dados e posteriormente usadas para a análise de procedimentos em curso em um duto, para se poder quantificar as alterações de seção transversal. Alternativamente a alteração de forma do disco de *PIG* pode assim ser determinada diretamente a partir dos dados de sensor, quer de forma analítica quer de forma simplificada aproximada.

[0036] Preferencialmente, o corpo de disco, na direção circunferencial, apresenta uma pluralidade de segmentos separados uns dos outros, por meio dos quais é possível uma quantificação melhorada das irregularidades. O disco de *PIG* pode, por exemplo, ser dividido em segmentos de disco semelhantes a fatias de bolo, em que preferencialmente cada segmento de disco apresenta pelo menos um

sensor particularmente inserido no corpo de *PIG*. Por conseguinte, pode ser mais facilmente determinada a posição de um obstáculo no duto na direção circunferencial. Mais particularmente, mediante o uso adicional de um sensor de posição para a determinação da orientação do *PIG* é bem possível uma determinação no plano xy em função da resolução fina dos segmentos.

[0037] Em combinação com um sensor de percurso ou de tempo podem ser localizados obstáculos subsequentes. No caso do uso adicional de um sensor, que determina a orientação do *PIG* no plano xy, as irregularidades estruturais podem ser localizadas nas três dimensões em função da resolução dos segmentos de disco.

[0038] As informações qualitativas adicionais relativas a irregularidades estruturais podem ser detectadas quando o corpo de disco, na direção radial, apresenta uma pluralidade de sensores pelo menos parcialmente dispostos uns a seguir aos outros.

[0039] Preferencialmente, no caso dos sensores se trata de sensores, que apresentam um dielétrico circundado por eletrodos e, por conseguinte, medem no plano capacitivo. Mais particularmente, no caso do uso de um elastômero com dielétrico, particularmente de um poliuretano, o disco de *PIG* de acordo com a presente invenção se caracteriza por propriedades de alongamento e de elasticidade boas, custos materiais reduzidos, uma potência energeticamente eficiente e, além disso, um comportamento de reação rápido, fiabilidade elevada e uma operação aproximadamente sem ruído e de peso neutro. Alternativamente ou adicionalmente, o sensor pode apresentar um material do grupo da grafite, do negro de fumo, dos nanotubos de carbono, do pó metálico para o eletrodo assim como do silicone, do poliacrilato, da borracha, da borracha fluorocarbonada ou de outros elastômeros para o dielétrico, igualmente com as vantagens acima referidas. Para o elemento de material sintético, no caso do qual se

pode tratar igualmente do disco de *PIG* ou de um segmento de disco de *PIG* e/ou de componentes do conversor além do poliuretano podem igualmente ser usados outros elastômeros, por ex. uma borracha de acrilonitrilbutadieno hidratada específica ou um fluoroelastômero.

[0040] O sensor como dielétrico preferencialmente apresenta até 80% de poliuretano, preferencialmente pelo menos 95% e particularmente pelo menos 99%. Diferentemente de por exemplo, elastômeros de silicone, um dielétrico à base de um poliuretano apresenta um índice dielétrico elevado, de forma que nas mesmas condições a superfície sensora necessária para uma capacidade de por exemplo 1 nF pode ser reduzida para 10 cm² ou a espessura de camada pode ser aumentada para 300 µm. Esta vantagem é evidente no caso da minimização do sistema sensor e de um processamento simples, considerando que as películas relativamente finas para o dielétrico são mais dificilmente manuseáveis.

[0041] O índice dielétrico e, por conseguinte, a resolução do sensor podem ser adicionalmente aumentados pela introdução de aditivos, particularmente de titanato de bário.

[0042] Para realizar igualmente o eletrodo do sensor de forma alongável, para o eletrodo é usada pelo menos parcialmente uma camada de um elastômero contendo negro de fumo. Alternativamente ou adicionalmente o eletrodo do sensor pode ser constituído pelo menos parcialmente por pelo menos uma camada de um material contendo nanotubos de carbono, grafite ou pó metálico. Mais particularmente, em combinação com um material de suporte à base de poliuretano um sistema sensor desta natureza pode ser impecavelmente integrado em discos de *PIG* igualmente realizados de poliuretano. No caso extremo, um disco de *PIG* desta natureza pode ser totalmente constituído por um sensor. Contudo, preferencialmente em um disco de *PIG* estão circundadas uma ou duas camadas de

eletrodos, de forma que estes estão menos suscetíveis a influências ambientes existentes no duto.

[0043] Os métodos que assentam na medição da capacidade elétrica conforme acima descrito apresentam uma eficiência energética elevada e apenas ocorrem perdas elétricas reduzidas em comparação com sistemas sensores à base de resistência. Estes são preferidos em detrimento de métodos de medição à base de resistência para a operação em dutos.

[0044] Preferencialmente, o sensor não é comprimível apenas na direção longitudinal, mas deve ser realizado de forma elástica, de forma que seja flexível na direção axial e na direção circunferencial e preferencialmente flexível reversivelmente e, por conseguinte, torcível.

[0045] O objetivo inicialmente referido é ainda alcançado por meio de um *PIG* para a detecção de alterações da seção transversal interna livre de um duto, em que o *PIG* apresenta um disco de *PIG* conforme acima e abaixo descrito. As vantagens descritas se aplicam igualmente ao *PIG*.

[0046] As demais vantagens e particularidades da presente invenção são enunciadas na descrição de exemplos de realização que se segue. Nas representações esquemáticas a:

a Fig. 1 apresenta um objeto de acordo com a presente invenção em uma vista de cima;

a Fig. 2 apresenta uma vista detalhada de um objeto de acordo com a presente invenção de acordo com a Fig. 1;

a Fig. 3 apresenta um objeto de acordo com a presente invenção adicional;

a Fig. 4 apresenta o objeto de acordo com a Fig. 3 em uma vista parcial em um duto;

a Fig. 5 apresenta um objeto de acordo com a presente invenção adicional em uma vista frontal;

a Fig. 6 apresenta o objeto de acordo com a Fig. 5 em uma vista lateral parcial.

[0047] As características técnicas individuais dos exemplos de realização descritos abaixo podem igualmente ser combinadas em combinação com os exemplos de realização descritos acima assim como com as características das reivindicações dependentes e de forma a gerar reivindicações adicionais relativas aos objetos de acordo com a presente invenção. Quando é conveniente, os elementos funcionalmente idênticos são providos de números de referência idênticos.

[0048] Um disco de *PIG* de acordo com a presente invenção de acordo com a Fig. 1 está provido de um corpo de disco 1 que apresenta uma região de fixação interna 2 com um recorte central 3. A partir de um eixo central 4 que se projeta perpendicularmente a partir do plano de desenho de acordo com a Fig. 1, e por exemplo visível na Fig. 4, se conecta mais para fora uma pluralidade de segmentos 6 que circundam a região externa 5 (comparar Fig. 4).

[0049] No exemplo de realização de acordo com a Fig. 1, na direção circunferencial 16, estão previstos segmentos 6 semelhantes a fatias de bolo. Cada segmento 6 apresenta dois sensores 7 e 8 dispostos um a seguir ao outro na direção axial, que estão circundados pelo poliuretano 9 da região externa 7. Tanto o sensor 7 como igualmente o sensor 8 compreendem eletrodos 11 torcíveis ou flexíveis, que circundam um dielétrico 12 à base de um poliuretano. No caso de uma irregularidade estrutural o disco de *PIG* é deformado conforme é evidente na parte superior direita da Fig. 2. Por conseguinte, o sensor 7 dianteiro na direção de avanço F (comparar Fig. 4) é sujeito a um alongamento, que conduz a um aumento da respectiva capacidade, enquanto o sensor de trás na direção de avanço F é submetido a uma compressão e a uma redução da

respectiva capacidade inerente. Correspondentemente a capacidade $C_7' > C_7$, é a capacidade $C_8' > C_8$. A direção axial corresponde ou é oposta à direção de avanço F.

[0050] Por meio da medição diferencial das capacidades dos dois sensores 7 e 8 pode ser alcançado um valor de alteração influenciado pela temperatura, que é proporcional à alteração de forma. Este pode ser calculado analiticamente para uma alteração de forma dos eletrodos e correspondentemente emitir uma informação relativa à deformação do disco de *PIG*. Alternativamente, pode igualmente ser aproximado por meio de uma comparação de dados e de valores empíricos armazenados no banco de dados de uma deformação do disco de *PIG* e, por conseguinte, realizar um comentário relativo à respectiva deformação.

[0051] Um *PIG* 20 de acordo com a presente invenção, provido de dois discos de *PIG* realizados como placas de sondagem é apresentado na Fig. 3. Neste caso em um corpo de *PIG* 13 são fixados discos de *PIG* 14, que correspondem aos discos de *PIG* descritos acima. A detecção das alterações de capacidade é realizada no interior do corpo de *PIG* pelo menos parcialmente oco. Alternativamente ou adicionalmente, podem igualmente ser dispostos componentes do sistema eletrônico pelo menos parcialmente no disco de *PIG*. No interior do corpo de *PIG* se encontram igualmente unidades para a detecção das alterações de capacidade dos sensores assim como unidades de armazenamento associadas. Correspondentemente os sensores estão conectados com a unidade de medição ou de detecção por meio de cabos 10. Os valores armazenados podem ser introduzidos por meio de interfaces correspondentes de uma unidade de análise ou parcialmente ou totalmente analisados preliminarmente ou de forma conclusiva em uma unidade de análise correspondente no interior do corpo de *PIG*.

Por meio de sensores adicionais associados, que detectam a posição do *PIG* no plano *xy* assim como na direção *z*, quer dizer na direção axial ao longo do eixo longitudinal 4, podem ser localizadas irregularidades estruturais 16 em um lado interno 17 de um duto 15 (comparar Fig. 4). As etapas de limpeza e de inspeção subsequentes de *PIGs* podem ser realizadas de forma mais direcionada.

[0052] Um outro objeto da presente invenção de acordo com a Fig. 5 e 6 apresenta uma pluralidade de elementos de material sintético 26 elásticos, que estabelecem uma conexão entre um corpo de *PIG* 13 e componentes de *PIG* adicionais 27 sob a forma de capas de detecção. Cada elemento de material sintético 26, no respectivo lado interno, apresenta dois conversores eletromecânicos 7 e 8, que fornecem uma informação relativa à curvatura do elemento de material sintético 26, que pode ser analisada por um sistema eletrônico de análise associado.

REIVINDICAÇÕES

1. *PIG* para a inspeção e/ou para a limpeza de dutos, particularmente de transporte de óleo, de gás ou de água, **caracterizado pelo fato de que** o *PIG* apresenta pelo menos um elemento de material sintético (26) flexível, que está disposto em um elemento de *PIG* preferencialmente realizado como corpo de *PIG* (13), sendo que o elemento de material sintético (26), observado a partir do elemento de *PIG*, apresenta pelo menos um conversor eletromecânico que se estende na direção longitudinal do elemento de material sintético para a detecção e/ou para a aplicação de uma alteração de forma do elemento de material sintético (26), sendo que o conversor apresentar um dielétrico (12) circundado por eletrodos (11), sendo que o elemento de material sintético (26) é realizado predominantemente de poliuretano e que o dielétrico (12) compreende um poliuretano.

2. *PIG* de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por o elemento de material sintético (26) conectar o elemento de *PIG* com um componente de *PIG* adicional.

3. *PIG* de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** por estar disposta uma pluralidade de conversores em e/ou no elemento de material sintético (26).

4. *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** por o conversor ser realizado para a produção de uma força transversal em relação à respectiva extensão longitudinal, particularmente para alterar uma posição relativa do elemento de *PIG* (26) em relação ao componente de *PIG*.

5. *PIG* de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** por o conversor ser realizado para o reforço de uma força aplicável sobre uma parede interna do duto pelo *PIG*.

6. *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** por o conversor ser realizado como

sensor (7, 8).

7. *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** por o elemento de material sintético (26) ser elástico e o conversor ser realizado de forma flexível, de forma que pode acompanhar alterações de forma do elemento de material sintético.

8. *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** por o conversor estar circundado por um corpo de poliuretano (9).

9. *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** por uma camada do conversor ser realizada pelo menos parcialmente à base de um elastômero contendo negro de fumo e/ou titanato de bário.

10. *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** por um eletrodo (11) do conversor ser realizado pelo menos parcialmente à base de um material contendo nanotubos de carbono, grafite, negro de fumo ou pó metálico.

11. *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** por o conversor poder ser torcido, de forma que é flexível na direção axial e na direção circunferencial.

12. Disco de *PIG* para um *PIG* (20) usável em um duto (15) e para a detecção de alterações da seção transversal interna livre do duto (15), **caracterizado pelo fato de que** compreende um corpo de disco (1) com uma região de fixação interna (2) para a fixação do disco de *PIG* (14) em um corpo de *PIG* (13) assim como com uma região externa (5) adjacente à região de fixação (2) mais para fora em relação a um eixo central (4), que pode entrar em contato pelo menos parcialmente com um lado interno (17) do duto (15), sendo que pelo menos a região externa elástica (7) apresenta pelo menos um conversor eletromecânico como sensor (7, 8) para a detecção das

alterações, sendo que o sensor (7, 8) apresenta um dielétrico (12) circundado por eletrodos (11), sendo que o dielétrico (12) compreende um poliuretano e o sensor é circundado por um corpo de disco (1) de poliuretano (9).

13. Disco de *PIG* de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** por o sensor (7, 8) ser realizado de forma flexível, de forma que pode acompanhar as alterações de forma do disco de *PIG* (14) originadas pelas alterações.

14. Disco de *PIG* de acordo com a reivindicação 12 ou 13, **caracterizado** por o corpo de disco (1), observado na direção axial, apresentar pelo menos dois sensores (7, 8) distanciados um do outro.

15. Disco de *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 14, **caracterizado** por o corpo de disco (1), na direção circunferencial, apresentar uma pluralidade de segmentos (6) separados uns dos outros.

16. Disco de *PIG* de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** por o corpo de disco (1) apresentar pelo menos um sensor por segmento (6).

17. Disco de *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 16, **caracterizado** por o corpo de disco (1), na direção radial, apresentar uma pluralidade de sensores (7, 8) pelo menos parcialmente dispostos uns a seguir aos outros.

18. Disco de *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 17, **caracterizado** por o dielétrico do sensor (7, 8) apresentar materiais de enchimento orgânicos ou inorgânicos com condutibilidade ou altamente polarizantes, particularmente titanato de bário.

19. Disco de *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 18, **caracterizado** por um eletrodo (11) do sensor (7, 8) ser realizado pelo menos parcialmente de pelo menos uma

camada de um elastômero contendo negro de fumo.

20. Disco de *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 19, **caracterizado** por um eletrodo (11) do sensor (7, 8) ser realizado pelo menos parcialmente de pelo menos uma camada de um material contendo nanotubos de carbono, grafite ou pó metálico.

21. Disco de *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 20, **caracterizado** por o sensor (7, 8) poder ser torcido, tal que é flexível na direção axial e na direção circunferencial.

22. Disco de *PIG* de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 21, **caracterizado** por apresentar um elemento de proteção de arestas.

23. *PIG* para a detecção de alterações da seção transversal interna livre de um duto (15), **caracterizado** por um disco de *PIG* (14) como definido em qualquer uma das reivindicações 12 a 22.

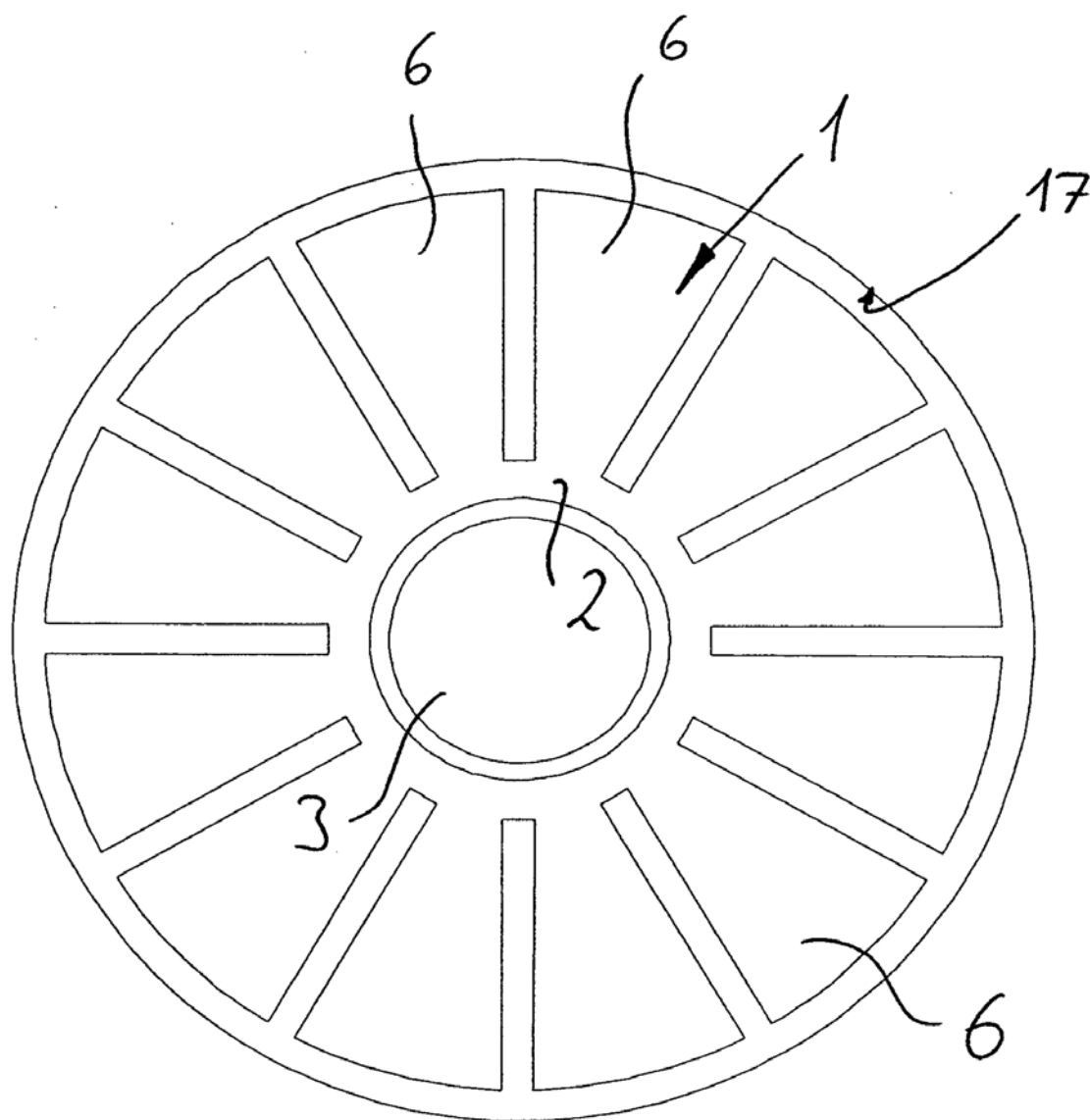


Fig. 1

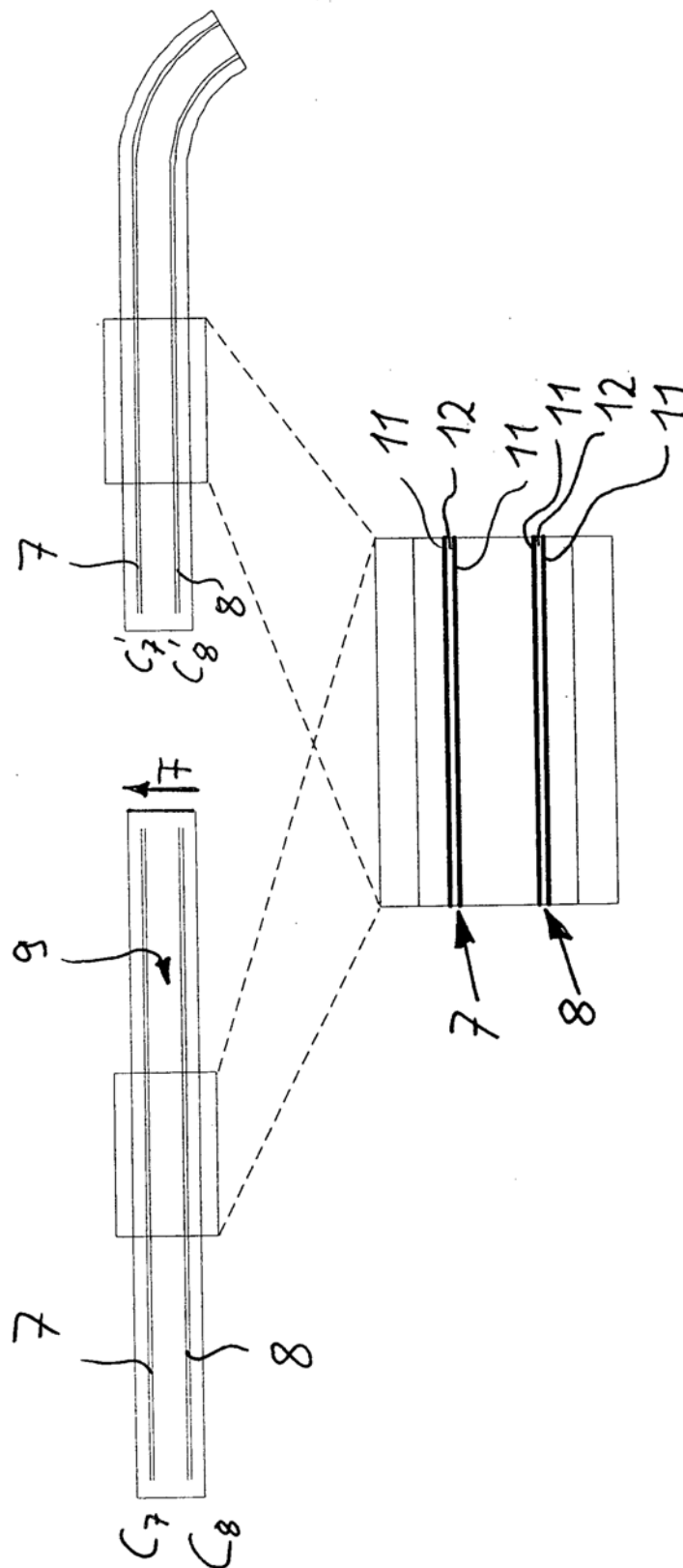


Fig. 2

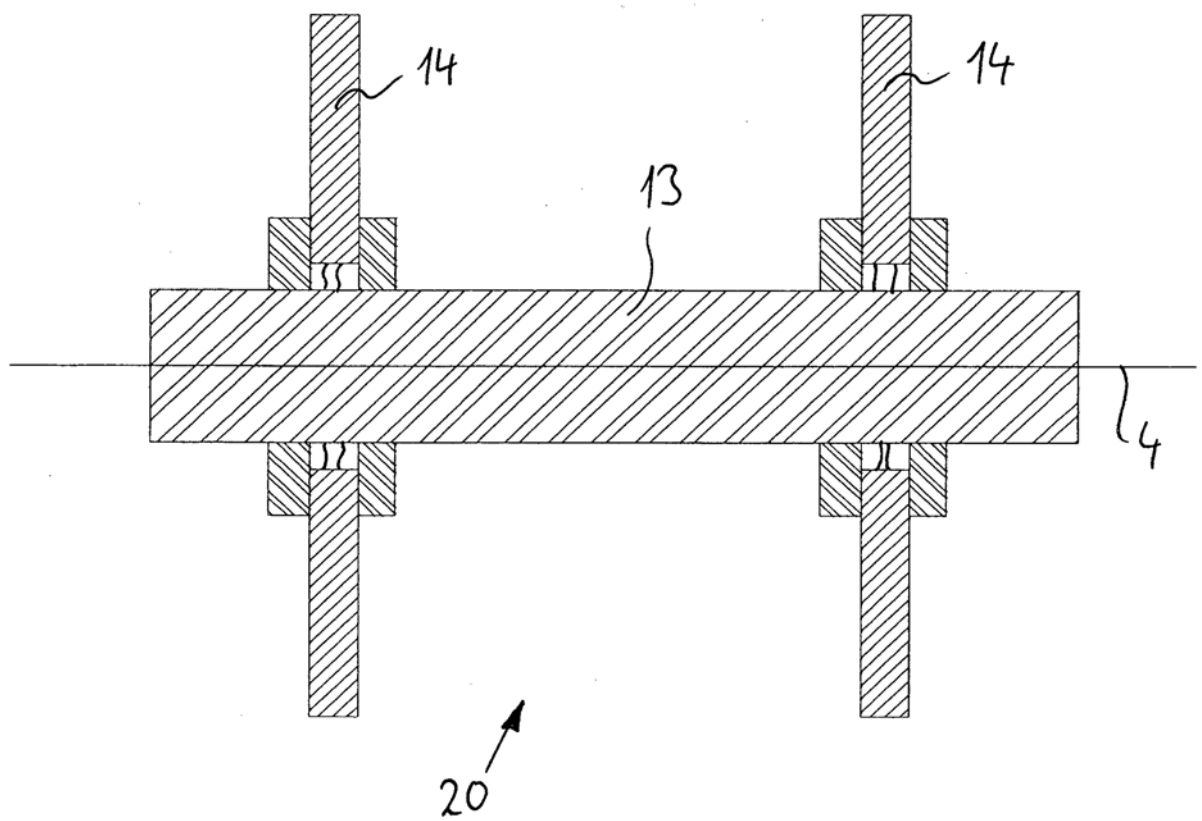


Fig. 3

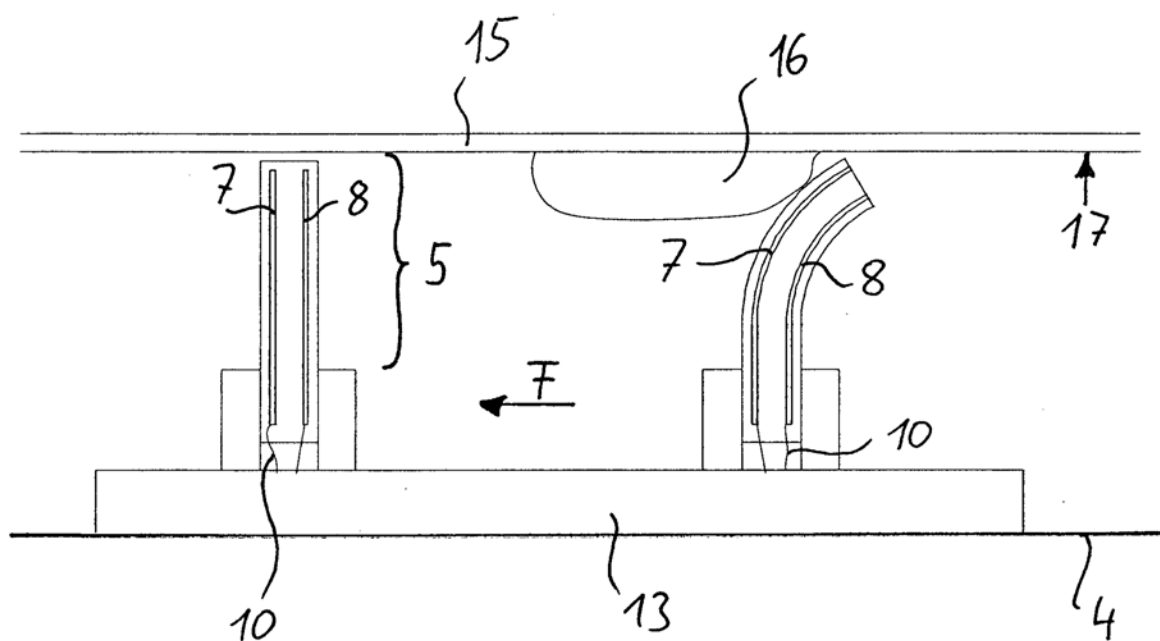


Fig. 4

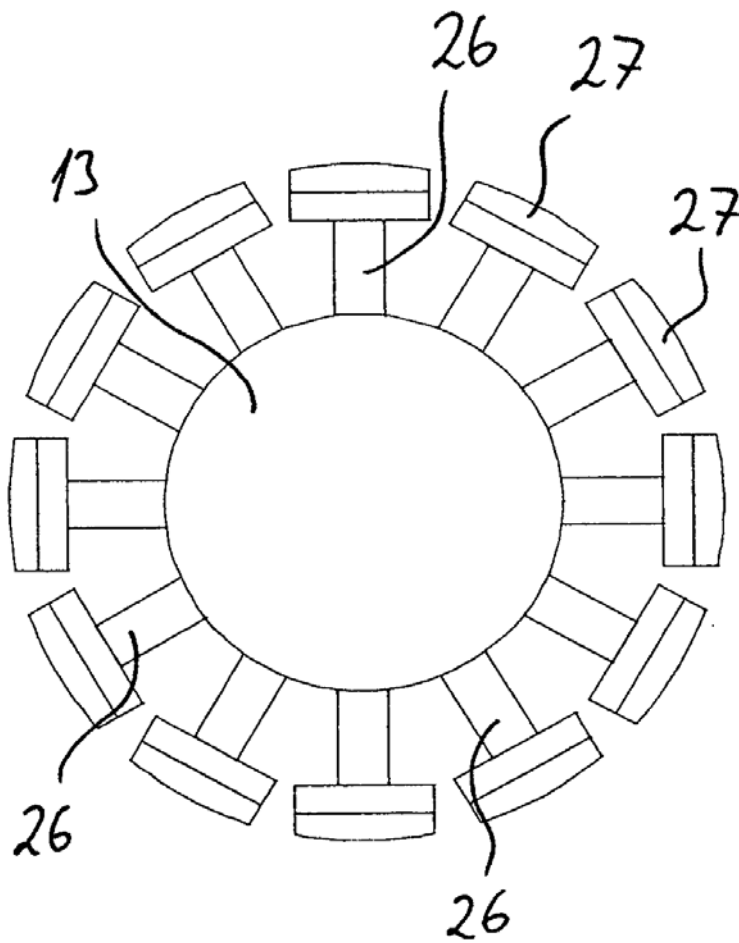


Fig. 5

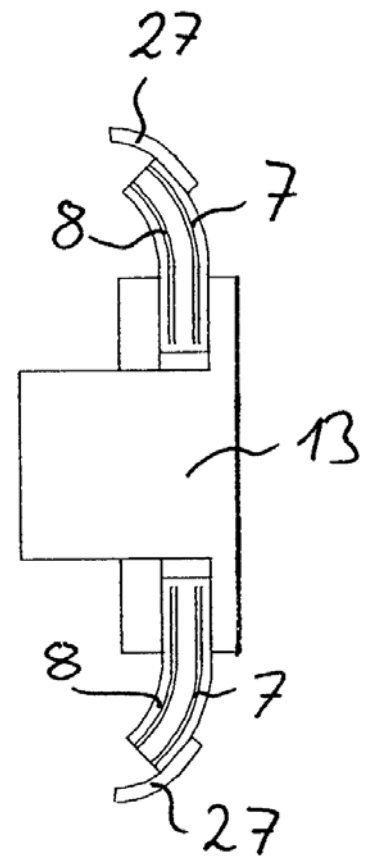


Fig. 6