



INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

(11) Número de Publicação: **PT 1474579 E**

(51) Classificação Internacional:
E04H 12/12 (2006.01)

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

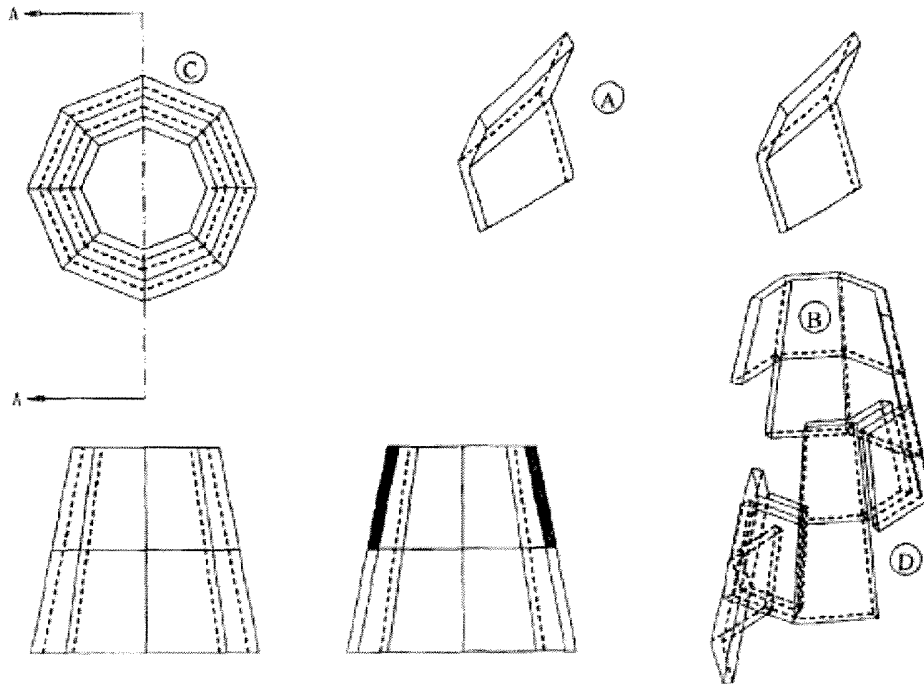
(22) Data de pedido: 2003.02.12	(73) Titular(es): MECAL APPLIED MECHANICS B.V. CAPITool 64 7521 PL ENSCHEDE NL
(30) Prioridade(s): 2002.02.12 NL 1019953	
(43) Data de publicação do pedido: 2004.11.10	(72) Inventor(es): ANTON HERRIUS DE ROEST NL
(45) Data e BPI da concessão: 2006.11.15 002/2007	(74) Mandatário: MARIA SILVINA VIEIRA PEREIRA FERREIRA RUA CASTILHO, N.º 50, 5º - ANDAR 1269-163 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **TURBINA EÓLICA**

(57) Resumo:

RESUMO
"TURBINA EÓLICA"

Uma turbina eólica que compreende um mastro vertical estacionário (ou torre) sobre o qual está disposta a parte móvel da turbina eólica, cujo mastro é pelo menos parcialmente composto por partes de parede pré-fabricada com várias partes de parede adjacentes que formam uma parte de mastro substancialmente anular. A invenção refere-se igualmente a um mastro para uma turbina eólica, a uma parte de parede pré-fabricada e a um método para construir uma turbina eólica.



DESCRIÇÃO
"TURBINA EÓLICA"

A invenção refere-se a uma turbina eólica que compreende um mastro vertical estacionário sobre o qual é colocada a parte móvel de uma turbina eólica, cuja torre é pelo menos parcialmente composta por partes pré-fabricadas.

A DE-A-198 32921 descreve uma torre ou um mastro que apresenta paredes internas e externas compostas por chapas de aço, entre as quais é inserido um corpo de betão único. Opcionalmente a torre pode ser composta por partes em chapas de aço pré-fabricadas.

A FR 1 145 789 descreve uma torre ou um mastro construído com elementos de betão idênticos pré-fabricados que são helicoidalmente empilhados.

O artigo "Danish wind turbines (1): portrait of Micon's 250 Kw turbine" publicado na revista Naturling Energi Maneds Magasin datada de Janeiro de 1992 divulga uma turbina eólica de acordo com o preâmbulo da reivindicação 1 que apresenta secções de mastro sobrepostas.

Presentemente existem quatro métodos convencionais para construir uma torre ou um mastro no qual as partes móveis de uma turbina eólica podem ser colocadas. Estes são:

- mastros/torres de aço cilíndricos;
- mastros/torres de aço em treliça;
- mastros/torres de betão pré-fabricados;
- torres de betão grandes, lançadas no local.

Os mastros de aço apresentam um conjunto de desvantagens:

- Menor resistência a influências climáticas, em particular no mar.
- No caso de turbinas eólicas mais pesadas os mastros de aço cilíndricos requerem paredes muito grossas e diâmetros grandes, como resultado dos quais estes virtualmente não podem ser utilizados por razões de técnica de produção.
- Mastros de aço cilíndricos necessitam frequentemente de ser construídos em estaleiros.
- O transporte de mastros de aço grandes envolve muitos problemas, devido ao tamanho das partes, quando estes tiverem sido feitos de uma ou mais peças.
- Custos de manutenção elevados.
- Muito trabalho para instalá-los (utilizando uma grande quantidade de parafusos).
- Necessidade de guindastes dispendiosos.
- Menor rigidez.
- Necessidade de dispositivos de absorção de vibração.
- Necessidade de revestimento contra influências climáticas.
- Mastros em treliça apresentam a desvantagem de serem considerados não atraentes visualmente.

As torres ou os mastros de betão pré-fabricados são adequados para suportar turbinas eólicas até 1,8 Kw. As torres são construídas com elementos cilíndricos completos, enquanto a extremidade inferior é constituída por duas metades de elementos. Os elementos são conectados por cabos de tensão completamente contínuos e argamassa. Ao construir a torre é utilizado um guindaste da torre para empilhar os elementos.

Desvantagens:

- diâmetro demasiado grande para transporte normal
- forma difícil, portanto, custos de produção elevados
- muitos cabos requeridos (40 peças, extensão plena)
- muita precisão requerida para os 40 ductos de cabo
- guindaste dispendioso requerido para construção
- difícil de demolir (por explosão ou por esmagamento)

O método mais convencional para construir torres capazes de suportar máquinas pesadas é o lançamento no local. Neste método, o trabalho de formas e de reforço são feitos no local e o betão é lançado. Isto apresenta as seguintes desvantagens:

- Pior qualidade do betão
- Construção dependente das condições climáticas
- Necessidade de guindaste e andaime grandes e dispendiosos
- Muito tempo gasto
- A demolição necessita de ser feita por esmagamento ou por explosão

É um objectivo da presente invenção evitar as desvantagens acima mencionadas e providenciar uma turbina eólica com uma torre ou um mastro que pode ser construída fácil e rapidamente, a partir de partes pré-fabricadas, sem necessidade de transporte rodoviário especial e/ou equipamento pesado para construir a torre ou o mastro. Uma vez que a torre serve para suportar as partes móveis da turbina eólica, esta precisa ser capaz de resistir a forças muito grandes na direcção horizontal e vertical.

Para esta finalidade, a invenção providencia uma turbina eólica que compreende um mastro vertical estacionário (ou torre) de acordo com a reivindicação 1 e um mastro de acordo com a reivindicação 19 no qual é colocada a parte móvel da turbina eólica. A reivindicação 20 define o método de construção da turbina eólica e do mastro.

A torre é construída com diversos segmentos pré-fabricados, preferencialmente de betão reforçado ou um outro material rochoso, que são colocados um sobre o outro e/ou em anéis ao lado um do outro. Os segmentos são colocados lado a lado num anel, por exemplo, com três ou mais segmentos formando um anel poligonal. Na direcção vertical, vários anéis podem ser colocados um sobre o outro. Os segmentos podem ser conectados utilizando uma argamassa e/ou cabos de pós-tensão. Os segmentos a um determinado nível de altura preferencialmente são idênticos. Dependendo da escolha da forma da secção transversal da torre, são necessários segmentos diferentemente formados. Preferencialmente a torre possui uma secção transversal que é um polígono ou um círculo, cujo diâmetro diminui na direcção do topo, de tal modo que uma forma cónica superior é realizada ou aproximada. Uma outra possibilidade é uma torre ou um mastro com uma secção transversal circular, sendo que um ou mais anéis da torre ou do mastro estão em degraus sobre o lado interno e/ou externo, de tal modo que o diâmetro externo e/ou a espessura da parede de um anel mais alto é menor que o respectivo anel inferior.

Existem três formas de realização básicas preferidas para os segmentos de uma torre ou de um mastro que apresenta uma secção transversal poligonal:

Secção transversal poligonal regular, número par de ângulos
(ver Figs. 1 e 2)

Os segmentos (A) a partir dos quais a torre ou o mastro é construído em todas as superfícies laterais possuem uma forma de trapézio (B), que diminui para cima e é simétrica. Um segmento consiste em duas superfícies laterais que são conectadas no lado oblíquo. Quando a secção transversal é um polígono regular que possui um número par de ângulos, os segmentos são então igualmente colocados com o ângulo no topo da junção, entre dois segmentos subjacentes, para evitar pontos fracos naquela junção (ver Fig. 1D). Neste caso, o próprio segmento preferencialmente é simétrico. Esta forma de realização tem a vantagem de que toda a torre pode ser feita, se desejado, com um molde único, com diferentes ajustes. Também, deste modo, os segmentos de molde podem ser feitos mais largos do que é possível com as outras formas de realização.

Secção transversal poligonal regular, segmentos assimétricos (ver Fig. 3)

Quando a secção transversal é um polígono regular nesta forma de realização, uma superfície lateral (E) da torre, no nível de um anel, consiste sempre em partes assimétricas de dois segmentos, que conjuntamente formam o trapézio simétrico cônico. Estes próprios segmentos são assimétricos, preferencialmente com um lado curto e um lado longo. Quando, por anel de segmentos, a forma da base é

espelhada, não são formadas junções nestas formas de realização (ver Fig. 3F). Uma vantagem desta forma é que o lado curto (G) pode ser um paralelograma que possui uma largura constante, enquanto o lado longo forma um trapézio cónico. Isto torna mais simples a forma do molde e, por conseguinte, a produção dos segmentos. Como o lado superior e inferior de um segmento pode ser posicionado contra a parede da forma, pode ser obtida uma superfície mais precisa do que quando este não é o caso.

Secção transversal poligonal irregular, número par de ângulos

As superfícies laterais da torre ou do mastro consistem alternativamente de trapézios rectangulares e cónicos simétricos. Os segmentos também consistem de um trapezóide cónico e uma superfície rectangular que são conectadas no lado oblíquo do trapezóide. O lado rectangular é preferencialmente parte alternativa do lado esquerdo e direito de um segmento, de tal modo que aqui, também são evitadas junções longas. Nesta forma de realização, a secção transversal da torre ou do mastro é um polígono irregular que possui um número par de ângulos. Esta forma de realização tem a vantagem de que há sempre um número de superfícies que mantém uma largura constante. Como resultado, é fácil ajustar cabos de pós-tensão que correm através de toda a torre. Além disso, formas rectangulares são relativamente fáceis de produzir.

O que a utilização de uma forma de trapézio acarreta é que um molde e, por conseguinte, os próprios segmentos são relativamente fáceis de produzir. Em adição, os trapézios possibilitam uma torre ou um mastro cónico.

Há também formas de realização básicas para os segmentos de uma torre ou de um mastro que possuem uma secção transversal circular.

Secção transversal circular

Ao utilizar uma secção transversal circular para uma torre pré-fabricada, são usados segmentos que unidos, em anéis, formam cilindros circulares ocos (ver Figs. 4 e 5). Para assegurar que a força requerida e massa de um anel não excedem o que é necessário, um ou mais anéis podem possuir uma espessura e/ou um diâmetro de parede menores que o anel subjacente (ver 4H e 5H). Isto resume-se a um ou mais anéis escalonados sobre o lado interno (Fig. 4) ou externo (Fig. 5). Ao usar cabos de pós-tensão, os anéis nesta forma em degrau precisam ser posicionados um sobre o outro de modo a permitir espaço suficiente para ajustar os cabos de pós-tensão (Fig. 6) através das paredes do todo. Em relação a uma forma cónica arredondada, uma forma cilíndrica tem a vantagem de ser mais fácil de realizar, de tal modo que os custos de produção são inferiores. Além disso, evitar uma forma cónica verdadeira, quando usada para turbinas eólicas, tem a vantagem de que o diâmetro máximo requerido a uma altura específica pode ser facilmente obtido.

Opcionalmente os segmentos podem ser providos de guias, por exemplo, rodas ou material de baixo atrito, tal como um material suave, de tal modo que os segmentos podem ser movidos contra a lateral da torre. Preferencialmente os segmentos são de tal tamanho e massa que podem ser transportados a qualquer instante no respectivo país, sem permissão especial e/ou escolta, preferencialmente em

estradas escolhidas livremente. No caso da Holanda isto significa que estes podem ser colocados sobre um camião, de tal modo que não ocupam mais do que uma largura de 3,5m e, incluindo a altura de um camião, uma altura de 4,2m.

Como os segmentos são pré-fabricados, sob condições mais bem controladas do que ao construir no local, pode ser obtida uma melhor qualidade de betão. Isto também contribui para a resistência da torre. Além disso, uma torre pré-fabricada pode então ser colocada mais rapidamente, porque não há necessidade de construir um molde no local, ou necessidade de aguardar condições climáticas apropriadas e o endurecimento do betão.

Preferencialmente deve ser possível que os segmentos sejam colocados de tal modo que as junções verticais de dois anéis sucessivos não estejam em linha uma com a outra. Isto pode ser alcançado colocando segmentos, por anel de segmento, para consistir alternadamente de um desenho esquerdo e direito.

Colocando quaisquer cabos de pós-tensão, possivelmente para serem colocados mais tarde para reforço interno, para não correr através da torre, e então pós-tensionando-os em alturas diferentes, estes podem ser utilizados mais eficientemente (ver Fig. 6). Opcionalmente, um reforço externo em relação à parede, pode ser colocado no lado interno e/ou lado externo da torre ou do mastro, o que providencia tensão na direcção do centro da torre (ver Fig. 7). Este reforço externo pode também ser tensionado a alturas diferentes, porém preferencialmente é fixado a um anel que é fixado no topo dos segmentos superiores. Como resultado, é necessário menos cabo nas paredes e os cabos

são mais fáceis de colocar. O anel pode também ser utilizado como ponto de conexão para uma máquina ser colocada na torre ou no mastro.

Durante a construção e a destruição da torre, podem ser utilizados meios de içamento, tal como um guindaste, que usa a parte já construída da própria torre como suporte e elevação. Preferencialmente tal guindaste é capaz de subir ele próprio dentro ou fora da torre. Quando o último segmento da torre tiver sido colocado, este guindaste pode ser removido por meio do guindaste necessário para colocar a máquina. O uso de tal guindaste tem a vantagem de ser muito menos dispendioso em uso do que guindastes convencionais usados para este tipo de operações. Quando o mesmo guindaste é também usado durante a destruição, a necessidade de ferramentas e métodos dispendiosos pode ser evitada. Após os respectivos cabos de pós-tensão terem sido removidos, os segmentos podem ser abaixados com o guindaste. Estes podem subsequentemente ser reutilizados ou jogados fora. Isto resulta em muito menos perda de material do que no caso de destruição das torres construídas no local.

As Figs. 1 e 2 anexas mostram exemplos nos quais a secção transversal da torre é respectivamente octogonal e decagonal e nos quais os segmentos da base utilizados são os da forma de realização 1. (A) mostra um segmento solto para a construção, respectivamente, quatro ou cinco dos quais estão colocados num anel. Para cada anel são utilizados segmentos de diferentes dimensões. (B) é um exemplo de uma superfície lateral trapezoidal. Em (C) é dada uma vista superior, mostrando o polígono. Em (D) na Fig. 1, é mostrado como os segmentos são empilhados, de tal

modo que não são formadas juntas. Na Fig. 3 são mostradas partes de uma variante decagonal, usando a forma de realização básica 2. Em (E) é visível que uma superfície lateral da torre consiste sempre de partes de dois segmentos. Os segmentos espelhados por anel que se destinam a evitar junções longas, cada um possuindo outras dimensões, são mostrados em (F). A parte curta (G) dos segmentos possui uma largura constante, enquanto a outra parte se torna mais curta a cada anel mais alto. As Figs. 4 e 5 mostram exemplos de uma forma de realização com uma secção transversal circular. Em (H), em ambas as figuras, tem lugar uma mudança do diâmetro interno e/ou externo, conforme descrito para a secção transversal circular. Na Fig. 4 isto é um aumento no diâmetro interno, de tal modo que a espessura da parede diminui, porém o diâmetro externo permanece constante. Na Fig. 5, em (H), ambos diâmetro interno e externo diminuem. A Fig. 6 mostra diagramaticamente como os cabos de pós-tensão (I), que não correm através da torre, podem ser usados. Estes cabos de pós-tensão são colocados através de eixos nos segmentos, formando as paredes da torre ou mastro. Um número de cabos e eixos corre do pé ao topo da torre, enquanto outros são tensionados a uma altura mais baixa. A Fig. 7 mostra um uso de reforço externo. Aqui, um número de feixes de cabos de pós-tensão (K) é fixado, por exemplo, a um anel de aço (J) no topo da torre, e então à fundação da torre. Estes cabos não correm através de eixos na parede (L), mas livremente através do lado interno da torre.

A invenção será mais detalhadamente explicada com base nas figuras:

Fig. 10 é uma vista lateral de um mastro para uma turbina eólica de acordo com a invenção;

Fig. 11 é uma secção transversal vertical do mastro da Fig. 10;

Fig. 12 é uma secção transversal horizontal do mastro da Fig. 10;

Figs. 13A, B e C, respectivamente, mostram exemplos de diferentes formas de realização de junções verticais em degrau entre segmentos;

Fig. 13D mostra uma peça de inserção entre junções verticais em cooperação;

Figs. 14A, B e C, respectivamente, mostram conexões de parafusos horizontais, diagonais e verticais entre segmentos;

Fig. 15 mostra uma secção transversal de um mastro híbrido adjacente a uma peça de conexão, entre uma parte inferior de betão segmentada e uma parte superior de aço pré-fabricada do mastro;

Fig. 16 mostra uma vista em perspectiva de partes em ponte em cooperação para transmitir a força de tensão dos cabos de ancoragem para os segmentos da torre;

Figs. 17A e 17B, respectivamente, mostram uma vista superior e uma vista inferior de uma parte de ponte da Fig. 16;

Figs. 18A e 18B, respectivamente, mostram uma vista superior e uma vista lateral de uma forma de realização alternativa de partes em ponte em cooperação.

As figuras são somente representações diagramáticas de formas de realização preferidas da invenção e são dadas por meio de forma de realização típica não limitativa. Nas

figuras, partes similares ou correspondentes são denotadas pelos mesmos numerais de referência.

Relativamente às Figs. 10-12, é mostrado um mastro vertical estacionário 10, sobre o qual pode ser colocada uma parte móvel, não mostrada, de uma turbina eólica. O mastro 10 é pelo menos parcialmente composto 5 de partes de parede ou segmentos pré-fabricados 11. Diversas partes de paredes justapostas formam uma parede em forma substancialmente cilíndrica, parte de mastro anular 12. Na direcção vertical do mastro 10, várias partes de mastros similares 12 construídas a partir de segmentos colocados de forma anular 11 são empilhados. Preferencialmente uma parte de mastro 12 é composta de três ou mais partes de parede 11. Nesta forma de realização típica, as partes de mastro são compostas de cinco partes de parede 11, para formar um anel que possui uma secção transversal decagonal. Por parte de mastro 12, as partes de parede 11 são iguais; quando as partes de mastro 12 são empilhadas, as partes de parede 11 são de forma similar. As partes de mastro substancialmente cilíndricas 12 afilam-se conicamente para cima. Partes de paredes justapostas 12 estão situadas dentro de uma parte de mastro 12 com bordas substancialmente verticais 13 uma contra a outra. A maior dimensão na direcção da altura h de uma parte de parede preferencialmente é maior que a maior dimensão daquela parte de parede na direcção da largura b , em particular a parte de parede 11 é mais de duas vezes mais alta que a maior dimensão da parte de parede na direcção da largura. Além disso, a altura h da parte de mastro cilíndrico 12 é maior, preferencialmente pelo menos aproximadamente duas vezes maior que o diâmetro d da parte de mastro 12. Além disso, preferencialmente, as partes de mastro 12 localizadas acima uma da outra, apoiam-se uma

contra a outra, enquanto as bordas verticais 13 com as quais as partes de parede 11 se apoiam uma contra a outra, se empilham numa parte de mastro 12 relativa àquelas da outra parte de mastro 12. As bordas 13, portanto, não se apoiam no mesmo plano axial. As bordas verticais 13 nas quais duas partes de parede justapostas 11 apoiam-se uma contra a outra, tocam a parte de parede subjacente 11, preferencialmente aproximadamente no meio.

A secção transversal do mastro 10 é substancialmente cilíndrica e afila-se conicamente para cima. A secção transversal desta forma substancialmente cilíndrica preferencialmente é um polígono regular ou irregular, porém pode também ser um círculo.

Duas partes de paredes justapostas 11 permanecem adjacentes à borda 13, onde se escoram uma a outra, em linha uma com a outra. Nesta forma de realização típica, as bordas verticais 13, portanto, não permanecem no ângulo do polígono. Vantajosamente, as bordas verticais 13 de uma parte de parede 11 permanecem a distâncias mutuamente diferentes de um ângulo do polígono. Uma borda substancialmente vertical 13 de uma parte de parede 11 preferencialmente corre paralela a uma linha de ângulo da parte de parede 11. Note-se que é realmente possível como tal, que as bordas verticais 13 estejam situadas num ângulo do polígono.

Nesta forma de realização típica, as partes de parede 11 compreendem uma parte de corpo substancialmente plana 14, flanqueada de ambos os lados por duas partes laterais 15A, 15B, cada uma abrangendo um ângulo do polígono relativo à parte de corpo 14. Na direcção da altura, estes ângulos 20

formam duas linhas de ângulo da parte de parede 11. Naturalmente é também possível, conforme descrito anteriormente, formar uma secção transversal poligonal angular com partes de parede 11 que possuem uma parte de corpo 14 flanqueada somente por uma parte lateral 15. Além disso, é também possível, usando partes de parede, formar uma secção transversal anular, não angular, suave. Por exemplo, com pelo menos três segmentos circulares em forma de arco, pode ser realizada uma secção transversal anular cilíndrica. Mais acresce que, a partir de tais segmentos, uma parte de mastro 12 que possui uma secção transversal oval ou tipo oval pode ser realizada.

Relativamente às Figs. 13A, B e C, é mostrado que as bordas verticais 13 das partes de parede 11 podem cooperar, enquanto abrangem uma junção com meandros ou degraus 20. Isto assegura que o deslocamento das bordas verticais 13 de partes de parede justapostas 11 juntamente com cada outra, comparadas a uma junção recta, possam ser obstruídas, de tal modo que o mastro 10, quando encurvado, será destorcido mais como um todo. Nestas formas de realização típicas, as bordas verticais 11 das partes de paredes 13 são portanto não rectas, porém em degraus ou ligeiramente onduladas. Como alternativa, entre bordas verticais 13 adjacentes, podem ser utilizados meios de um tipo diferente para inibir o deslocamento das bordas verticais 13 de partes de parede adjacentes 11 ao longo uma da outra. Um exemplo disto é a peça de inserção 16 mostrada na Fig. 13D, que é envolvida pelas bordas verticais das partes de paredes 11. Para este fim, as bordas verticais 13 adjacentes de partes de parede adjacentes 11 são escalonadas de volta, adjacentes à peça de inserção 16.

Relativamente às Figs. 14A, B e C, é mostrado que as partes de parede 11 são conectadas por meio, respectivamente, de uma conexão de parafusos de apoio, diagonal e vertical 21. Tal conexão de parafuso 21 pode ser usada para conectar as partes de parede 11 juntas, durante a construção do mastro 10, de tal modo que a estrutura pode suportar seu próprio peso e carga de vento, se houver. Após o mastro 10 estar pronto, as junções 20 e os espaços em torno da conexão de parafuso podem ser preenchidos com preenchimento de junta, tal como argamassa. Juntamente com cabos de tensão 22, se houver, o mastro 10 pode então suportar não só seu próprio peso, como também as partes móveis da turbina eólica, em particular a gôndola e o rotor do gerador. As conexões de parafuso 21 podem não só facilitar a montagem do mastro 10, como também, durante o uso, transmitir também forças entre as partes de parede 11. Em particular, as conexões de parafusos de apoio, diagonal e vertical 21 podem ser usadas como meios que podem inibir o deslocamento das bordas verticais 13 de partes de parede adjacentes 11, de tal modo que, também isto, resultará no mastro segmentado 10 ser destorcido mais como um todo. Preferencialmente, uma conexão de parafuso 21 em cada caso compreende uma extremidade rosqueada 23 provida na borda de uma parte de parede, cuja extremidade rosqueada coopera com uma placa fendida 24 colocada num local correspondente na borda 13 de uma parte de parede adjacente 11, através de cuja placa fendida o parafuso pode estender-se. Após o parafuso 13 ter sido recebido na placa fendida 24, o parafuso pode ser apertado na placa fendida por meio das porcas 25.

Relativamente à Fig. 15, é mostrado um mastro híbrido, que é composto de uma parte inferior de betão segmentada 10 e um mastro de topo de aço cilíndrico pré-fabricado 26. Este

mastro de topo de aço cilíndrico pré-fabricado 26 e o mastro de betão segmentado 10 são acoplados por meio de uma peça intermediária 27. A peça intermediária 27 compreende um cilindro oco de aço, preferencialmente cónico na direcção da altura, possuindo sobre o lado superior 28 e lado inferior 29 deste, flanges 30, 31, estendendo-se para dentro em relação à parede cilíndrica. O mastro de topo de aço cilíndrico pré-fabricado 26 pode ser fixado ao flange superior 30, por meio de uma conexão de parafuso. O flange inferior 3 pode ser apertado sobre a borda superior 32 do mastro de betão segmentado 10, via uma peça intermediária 33 na qual os cabos de pós-tensão são ancorados. Vantajosamente, tal peça intermediária é construída a partir das partes de ponte em cooperação 34 abaixo descritas; a peça intermediária, entretanto, pode também ser uma cobertura convencional de betão ou de aço. Naturalmente, o mastro de topo de aço cilíndrico pré-fabricado 26 pode também ser provido de um flange inferior com o qual pode ser colocado, sem peça intermediária, directamente sobre a borda superior do mastro de betão segmentado 10.

Relativamente à Fig. 16, é mostrado em vista perspectiva como a força de tensão dos cabos de pós-tensão ou cabos de reforço 22 pode ser transmitida à borda superior 32 da parte de mastro superior 12 do mastro 10, construído a partir de segmentos de betão 11. Em particular, com os cabos de reforço 22 que, externamente em relação à parede, correm através do espaço interno oco do mastro 10, existe o problema de que, devido à excentricidade relativa à parede, os cabos de reforço exercem um momento sobre a borda superior das partes de parede 11.

Para evitar esta desvantagem, de acordo com a invenção, o cabo de reforço 22 é suportado via uma parte de ponte em cooperação 34 na borda superior da parte de mastro, directa ou indirectamente, via um flange incluído entre estes. A parte de ponte preferencialmente é suportada livremente sobre a borda 32. Através do espaço interno do mastro, a parte de ponte 34 forma uma linha de conexão 35 entre dois pontos na borda, a linha de conexão interseccionando a linha de centro 36 do cabo. A linha de centro 36 preferencialmente é orientada verticalmente, enquanto a linha de conexão 35 preferencialmente é orientada horizontalmente, de tal modo que a linha de centro 36 e linha de conexão 35 estão localizadas em planos a ângulos rectos. A força de tensão no cabo 22 pode então ser transmitida à parede do mastro 10 como força de pressão, sem exercer simultaneamente um momento flector sobre a borda 32. Preferencialmente, diversos cabos são ancorados em cada parte de ponte 34.

Se as partes de ponte são de desenho em degrau ou empilhado, estas podem ser facilmente encaixadas de forma anular. Na forma de realização típica aqui apresentada, cada parte de ponte 34 possui, conforme mostrado nas Figs. 17A e 17B, duas superfícies de suporte 37A, 37B, para cooperação com a borda 22 da parte de mastro 10 ou um flange 31, e as superfícies de suporte 37A, 37B são conectadas por duas partes em forma de placa 38A, 38B, cooperando para formar um degrau, cujas partes se estendem em dois níveis, localizados um sobre o outro, e que são conectadas enquanto abrangem uma fenda de encaixe 39. Partes de ponte em cooperação 34 sucessivas podem então ser colocadas em cada caso com a respectiva fenda de encaixe 39 sobre a parte de placa inferior 38A da parte de ponte

precedente 34, de tal forma que um anel pode ser formado. Nesta forma de realização típica, as partes de placa inferior 38A em cada caso compreendem dois orifícios de passagem 40 para passar os cabos de tensão 22 para, respectivamente, um orifício correspondente 44 na parte de placa superior 38B da mesma ponte 34 e um orifício 41 numa parte de placa superior 38B de uma ponte em cooperação 34. Os cabos 22 são suportados sobre as partes de placa superior 38B das pontes 34. As partes de placa inferior 38A das pontes 34 permanecem livres a partir das partes de placa superjacentes 38B e são portanto não energizadas pela placa superior 38B de uma parte de ponte adjacente 34 ou pelos cabos 22 passados através da parte de placa inferior 38 A.

Relativamente às Figs. 18A e B, é mostrada uma variante das partes de ponte 34, na qual as partes de ponte 34 permanecem num plano.

À semelhança da variante acima descrita, as partes de ponte estendem-se via espaço interno entre dois pontos na borda 32 da parte de mastro. Nesta forma de realização típica, as partes de ponte 34 são em forma de feixe e foram agrupadas para formar um anel poligonal. Neste exemplo, as partes de ponte em cooperação 34 são suportadas sobre feixes de suporte 42, que foram também agrupados para formar um anel poligonal, de tal modo que as extremidades dos feixes de suporte são, em cada caso, suportadas sobre a borda 32 do flange 31, enquanto as extremidades das partes de ponte 34 são em cada caso suportadas sobre os feixes de suporte 42. As partes de ponte em cooperação 34 são providas com orifícios 44 para os cabos de tensão 22 serem passados

através. Os feixes de suporte 42 são também providos de recessos ou orifícios de passagem 40.

Note-se que as partes em ponte aqui descritas podem igualmente ser vantajosamente usadas para transferir cabos de tensão colocados externamente em relação à parede substancialmente para mastros anulares, cónicos ou cilíndricos.

Além disso, ao usar grupos de cabos de tensão que não se estendem através do comprimento do mastro, partes em ponte podem ser usadas em vários pontos ao longo da altura.

Evidentemente, a invenção não está limitada às formas de realização típicas aqui descritas. Muitas variações são possíveis dentro do escopo da invenção, conforme definido nas reivindicações seguintes.

Lisboa, 15 de Fevereiro de 2007

REIVINDICAÇÕES

1. Turbina eólica que compreende um mastro estacionário vertical (10) sobre o qual está colocada a parte móvel da turbina eólica, cujo mastro (10) é pelo menos parcialmente composto de partes de parede pré-fabricadas (11), sendo que o mastro compreende secções de mastro anulares (12) que são compostas por partes de parede pré-fabricadas (11), com várias partes de parede adjacentes (11) colocadas lado a lado que formam a secção de mastro, **caracterizada por** as partes de parede (11) serem pelo mais de duas vezes mais altas do que a maior dimensão das referidas partes de parede (11) na direcção da largura e **por** as bordas horizontais das secções de mastro anulares (12) serem colocadas no topo uma da outra.
2. Turbina eólica de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** a referida secção de mastro (12) ser composta por três ou mais partes de parede (11).
3. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada por** a secção de mastro (12) ser substancialmente cilíndrica e se afilar conicamente para cima.
4. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada por** as partes de parede adjacentes (11) se apoiarem uma contra a outra através de bordas substancialmente verticais (13).

5. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada por** a altura da secção de mastro cilíndrica (12) ser mais alta, preferencialmente pelo menos aproximadamente duas vezes mais alta, que o diâmetro da referida secção de mastro (12).
6. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada por** as duas secções de mastro (12) se apoiarem uma contra a outra, com as bordas verticais (13) pelas quais as partes de parede (11) se apoiam uma contra a outra, escalonando numa secção de mastro (12) relativa àquelas da outra secção de mastro (12).
7. Turbina eólica de acordo com a reivindicação 6, **caracterizada por** as bordas verticais (13) pelas quais duas partes de parede adjacentes (11) se apoiam uma contra cada outra, tocarem a referida parte de parede (11) aproximadamente no meio da parte de parede subjacente (11).
8. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada por** o mastro apresentar uma forma substancialmente cilíndrica e uma secção transversal circular.
9. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-7, **caracterizada por** o mastro apresentar uma forma substancialmente cilíndrica e uma secção transversal que é um polígono regular ou irregular.

10. Turbina eólica de acordo com a reivindicação 9, **caracterizada por** duas partes de parede adjacentes (11), na borda (13) onde estas se apoiam uma contra a outra, estarem em linha uma com a outra, isto é, não se apoiam uma contra a outra num ângulo do polígono.
11. Turbina eólica de acordo com a reivindicação 9 ou 10, **caracterizada por** as duas bordas substancialmente verticais (13) de uma parte de parede (11) se apoiarem a distâncias mutuamente diferentes a partir de um ângulo do polígono.
12. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações 9-11, **caracterizada por** uma borda substancialmente vertical (13) de uma parte de parede (11) correr paralelamente a uma linha de um ângulo da referida parte de parede (11).
13. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada por** as partes de parede (11) consistirem substancialmente de betão.
14. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que as bordas substancialmente verticais (13) das partes de parede (11) são em degraus.
15. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que as partes de parede (11) são conectadas em bordas (13) usando conexões de parafuso (21).

16. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que os cabos de tensão (22) são suportados via partes em ponte (24) sob uma borda superior (32) de uma secção de mastro (12).
17. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que os cabos de tensão (22) se estendem para cima, através do interior do mastro (10) a uma distância da parede.
18. Turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que pelo menos um determinado número de cabos de tensão (22) se estende ao longo somente de uma parte do número total de secções de mastro (12).
19. O mastro (10) da turbina eólica conforme definido em qualquer uma das reivindicações precedentes.
20. Método para construir uma turbina eólica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 18 ou mastro da turbina eólica de acordo com a reivindicação 19, em que as partes de parede pré-fabricadas (11) estão colocadas lado a lado de modo a formar secções de mastro anulares (12) e em que as bordas horizontais das secções de mastro anulares estão colocadas no topo umas das outras para formar o mastro.

Lisboa, 15 de Fevereiro de 2007

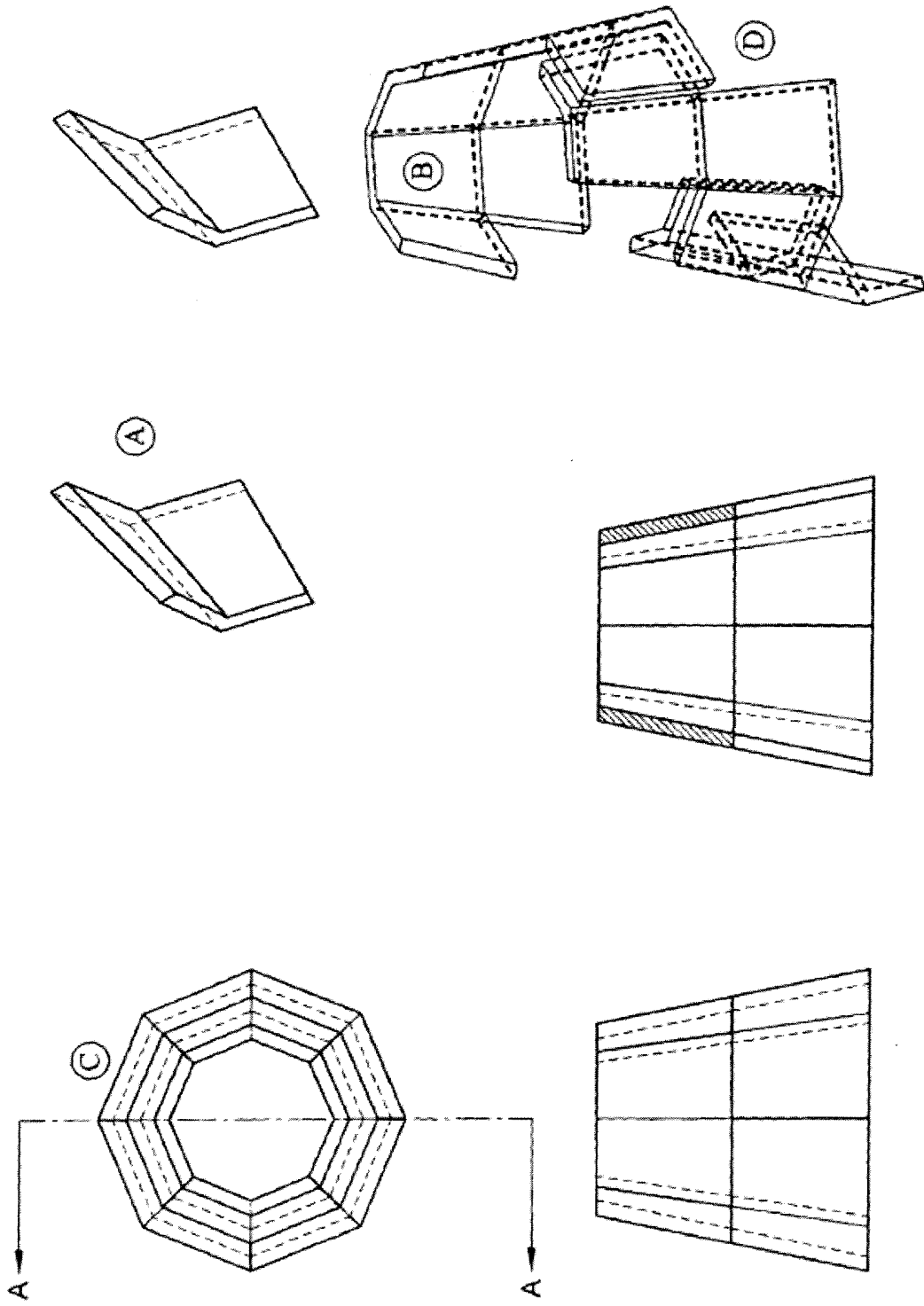


Fig. 1

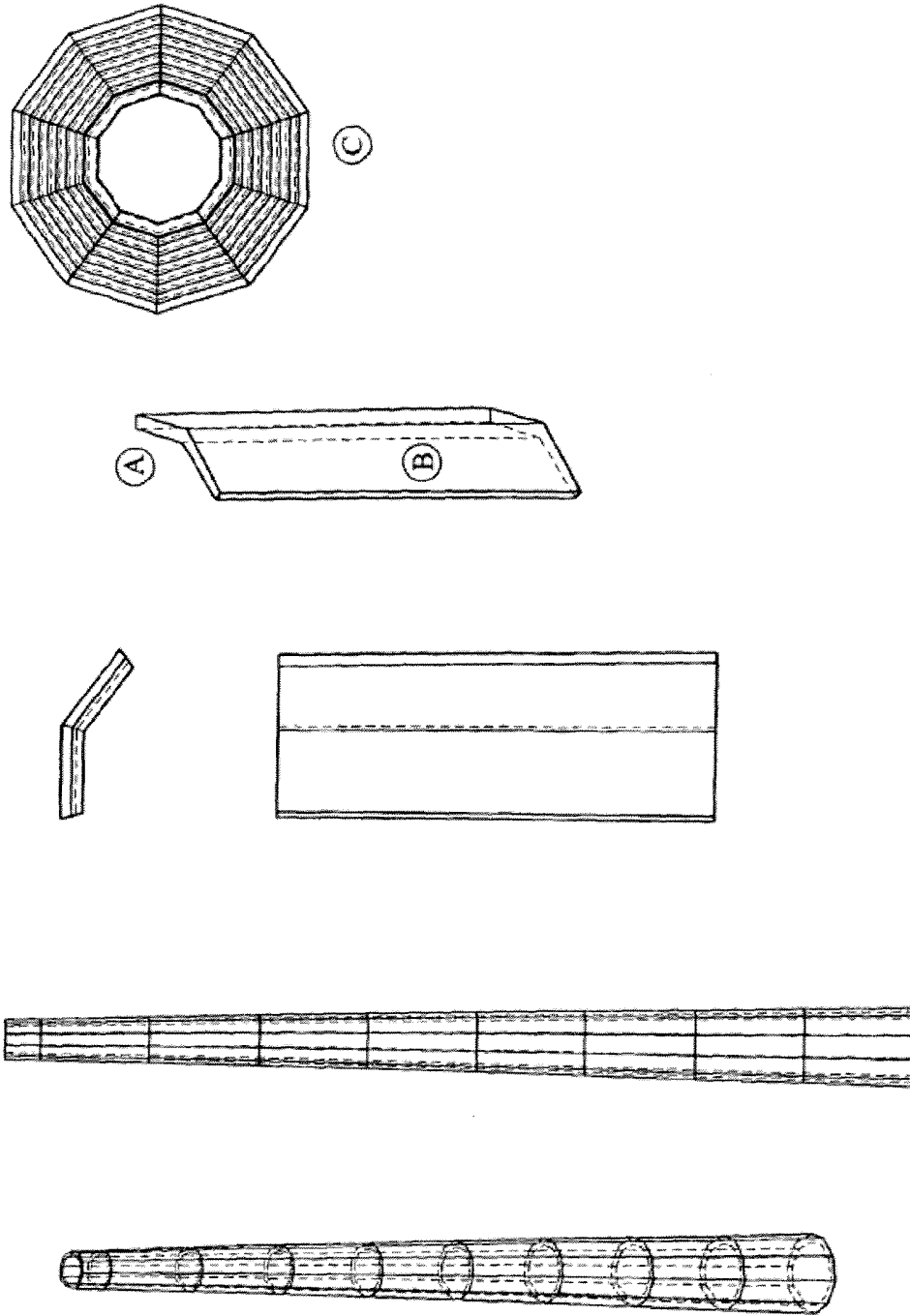


Fig. 2

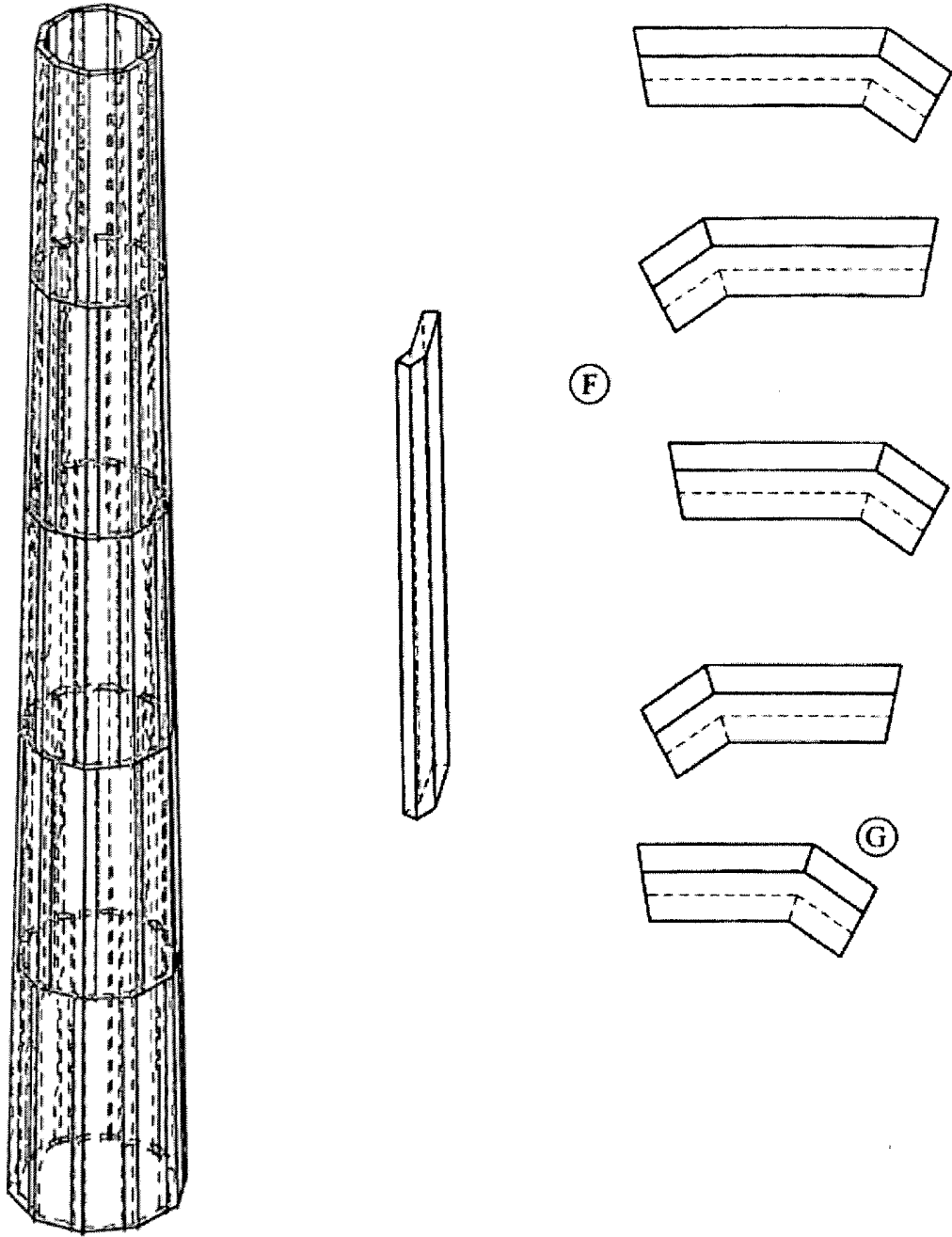
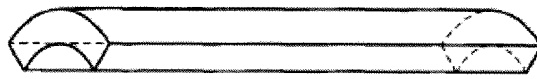
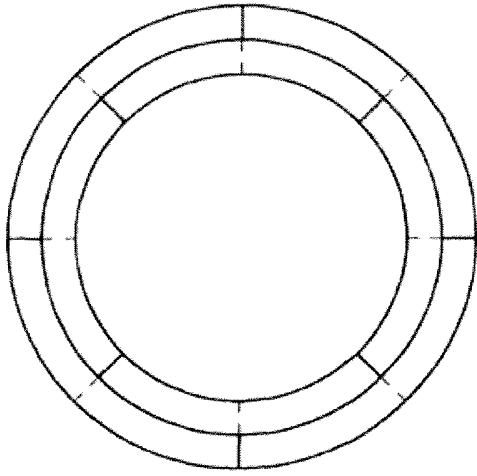


Fig. 3



Ⓜ

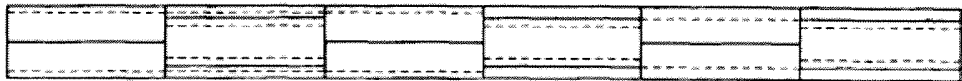


Fig. 4

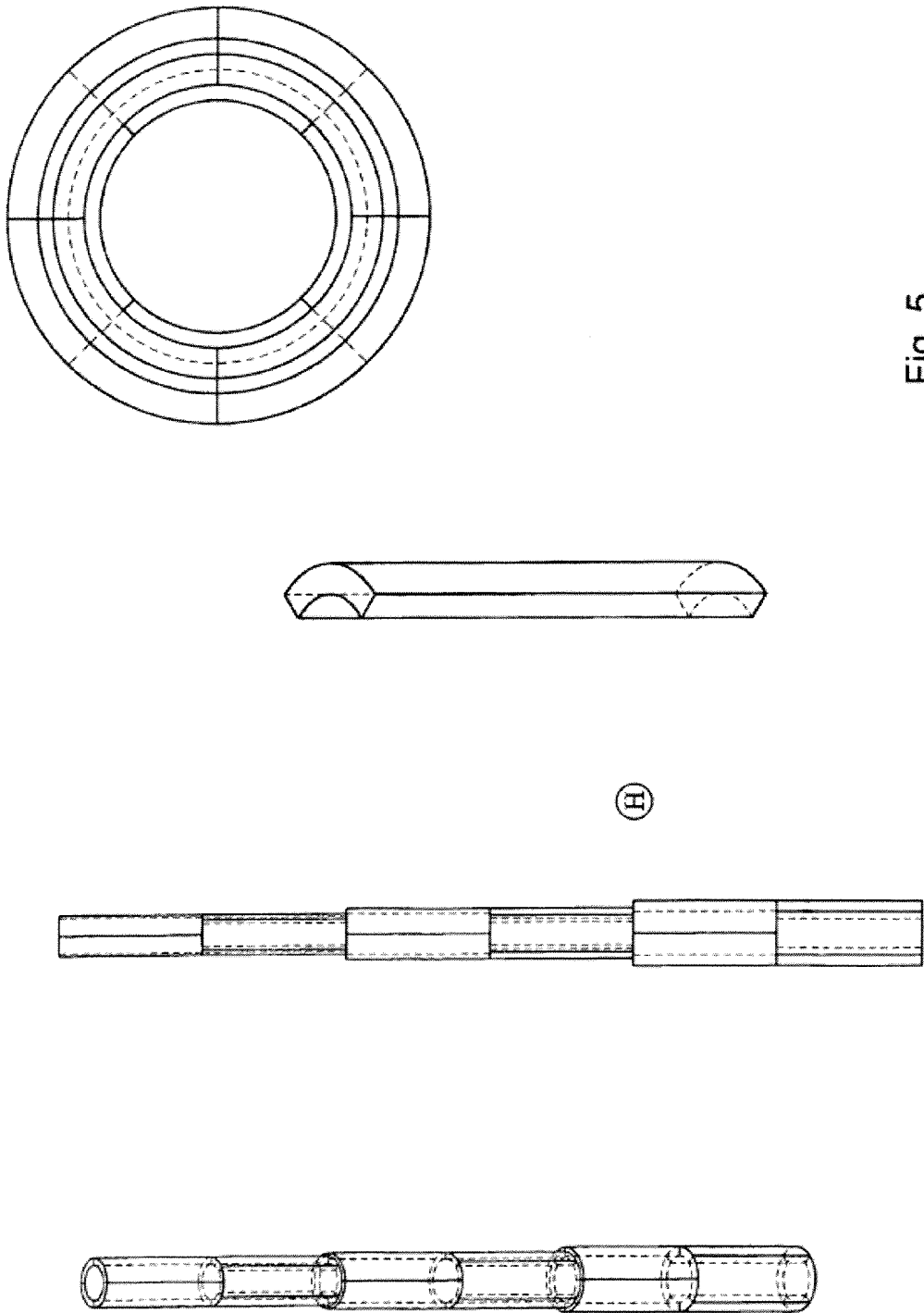


Fig. 5

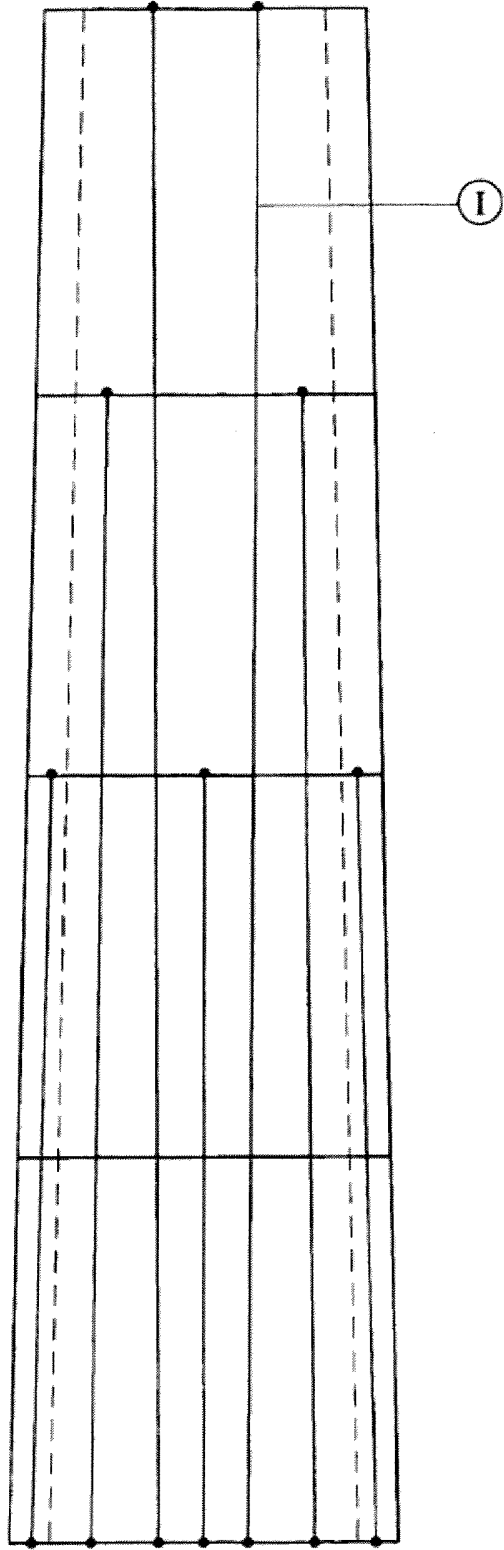


Fig. 6

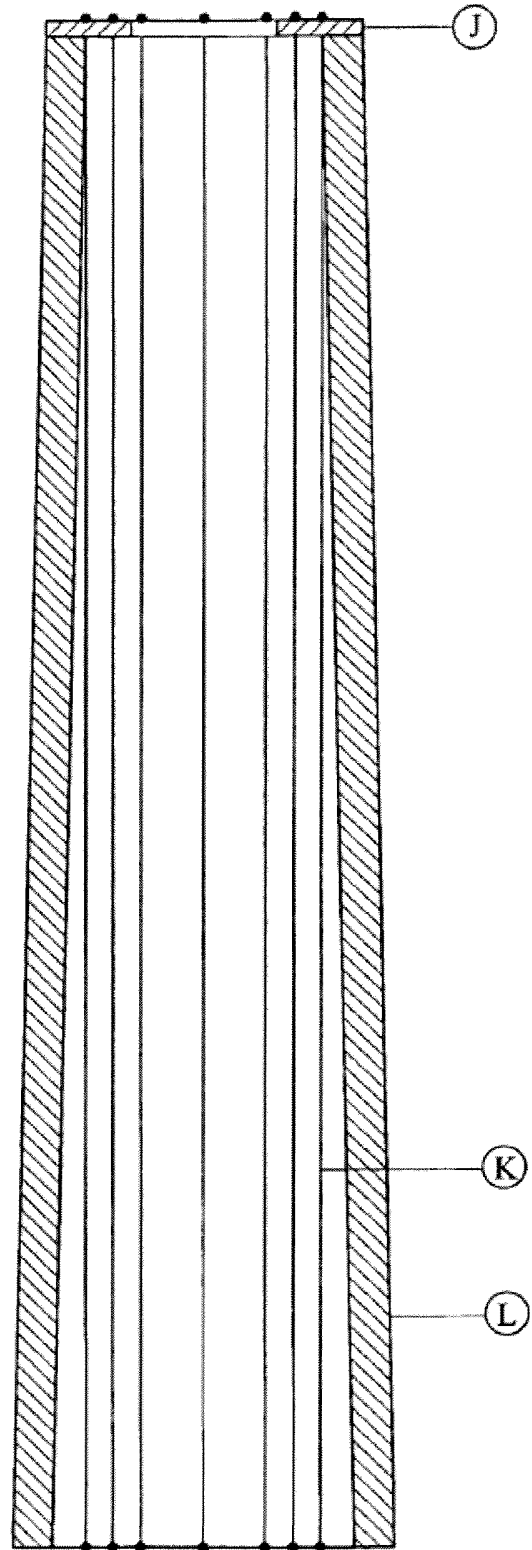


Fig. 7

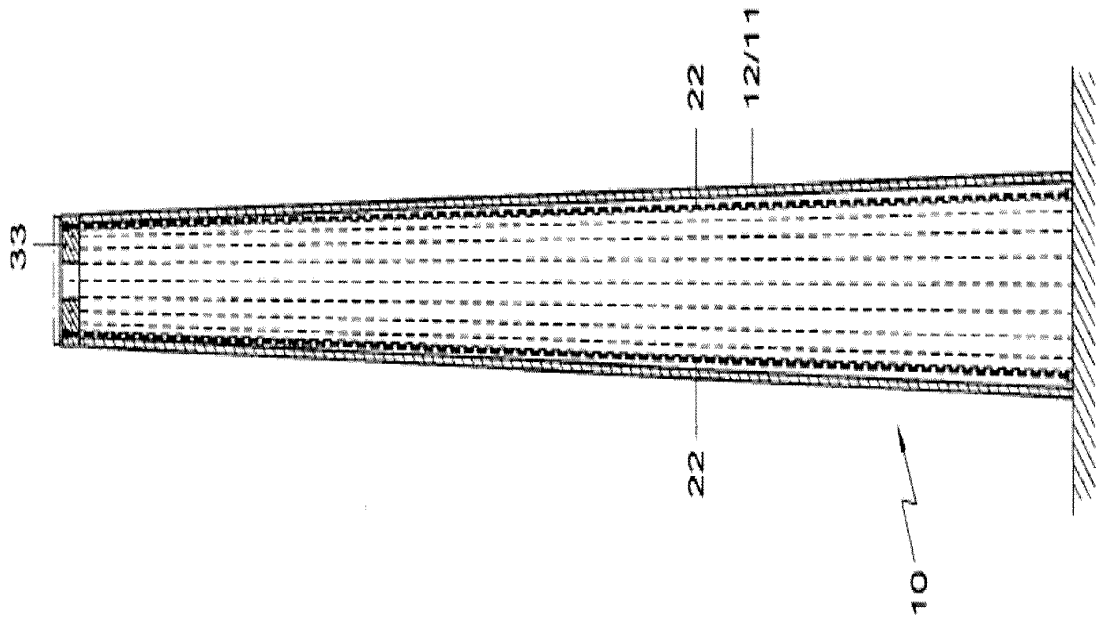


Fig. 10

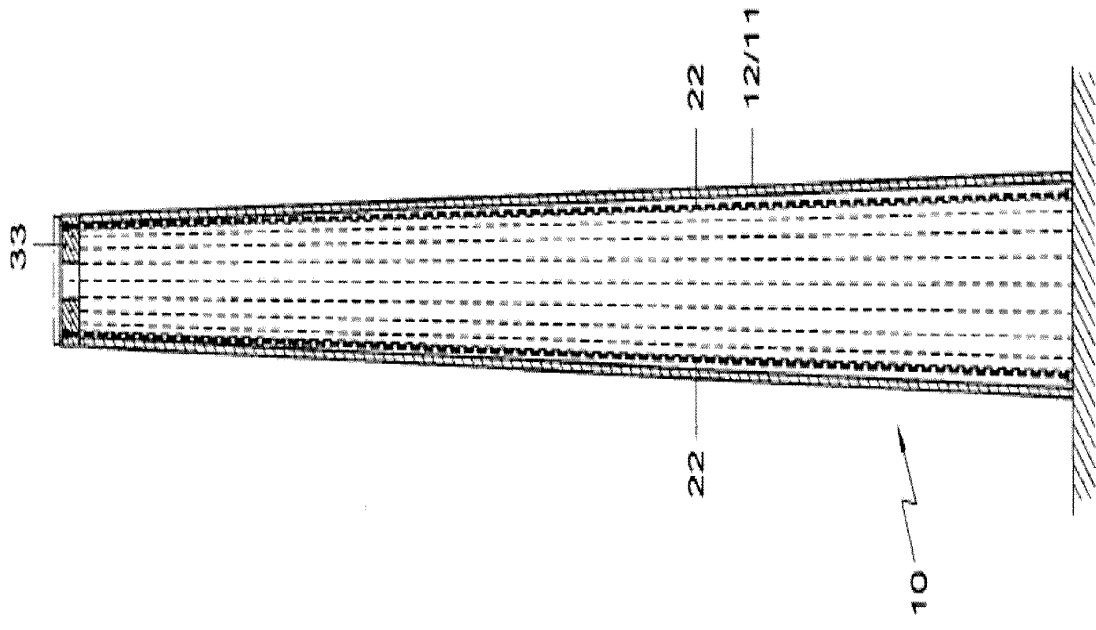


Fig. 11

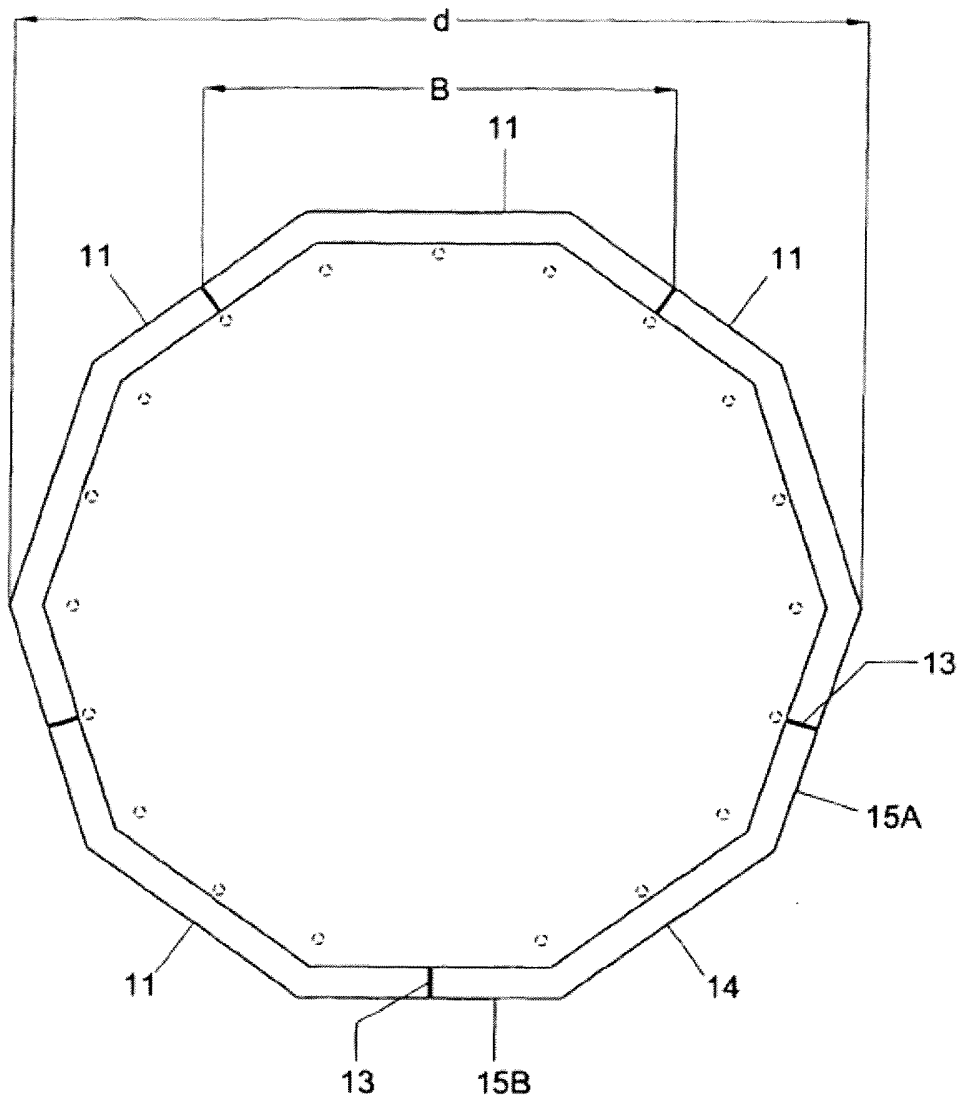


Fig. 12

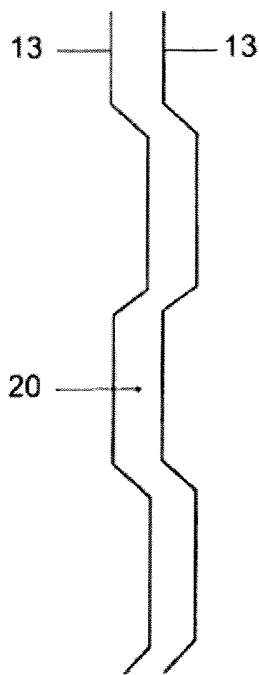


Fig. 13A

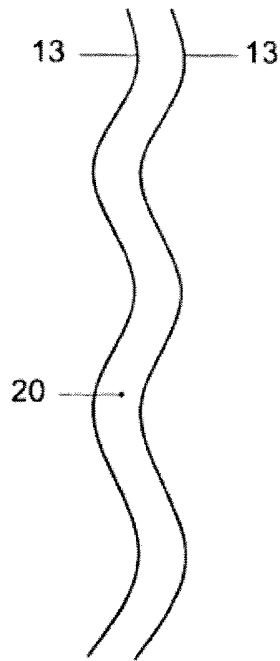


Fig. 13B

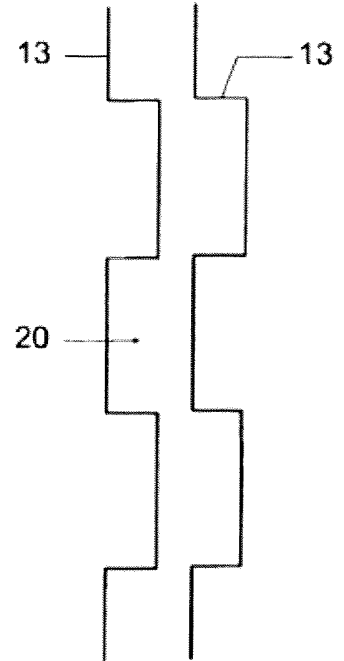


Fig. 13C

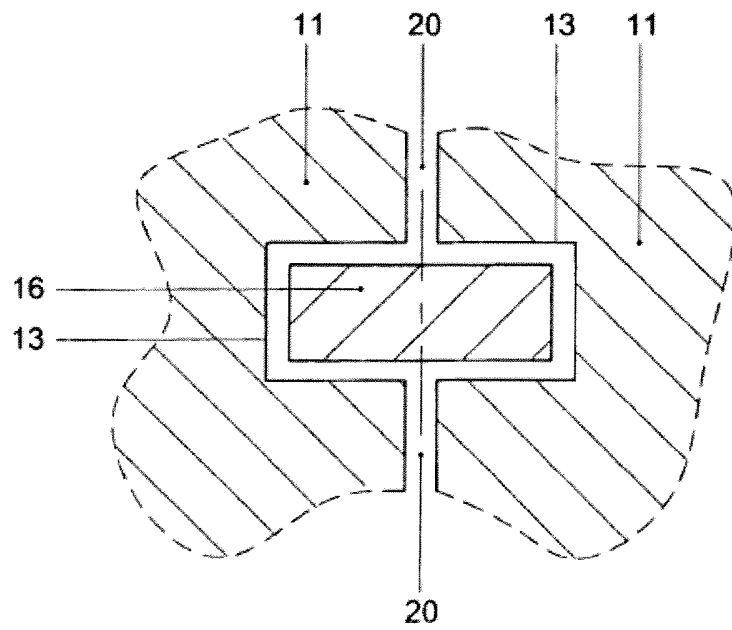


Fig. 13D

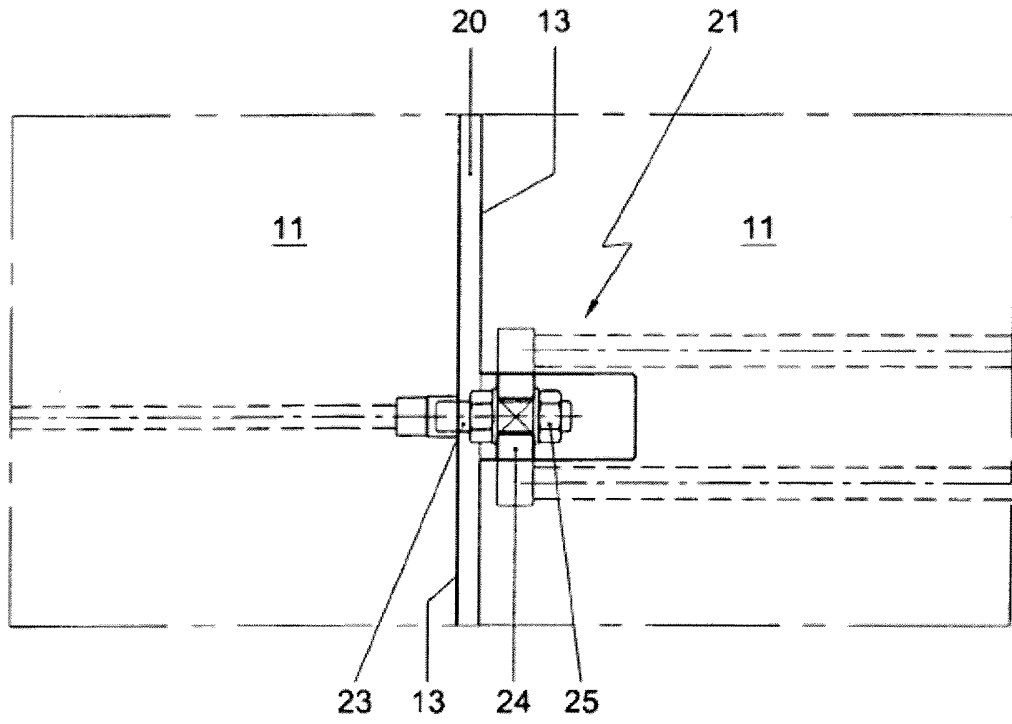


Fig. 14A

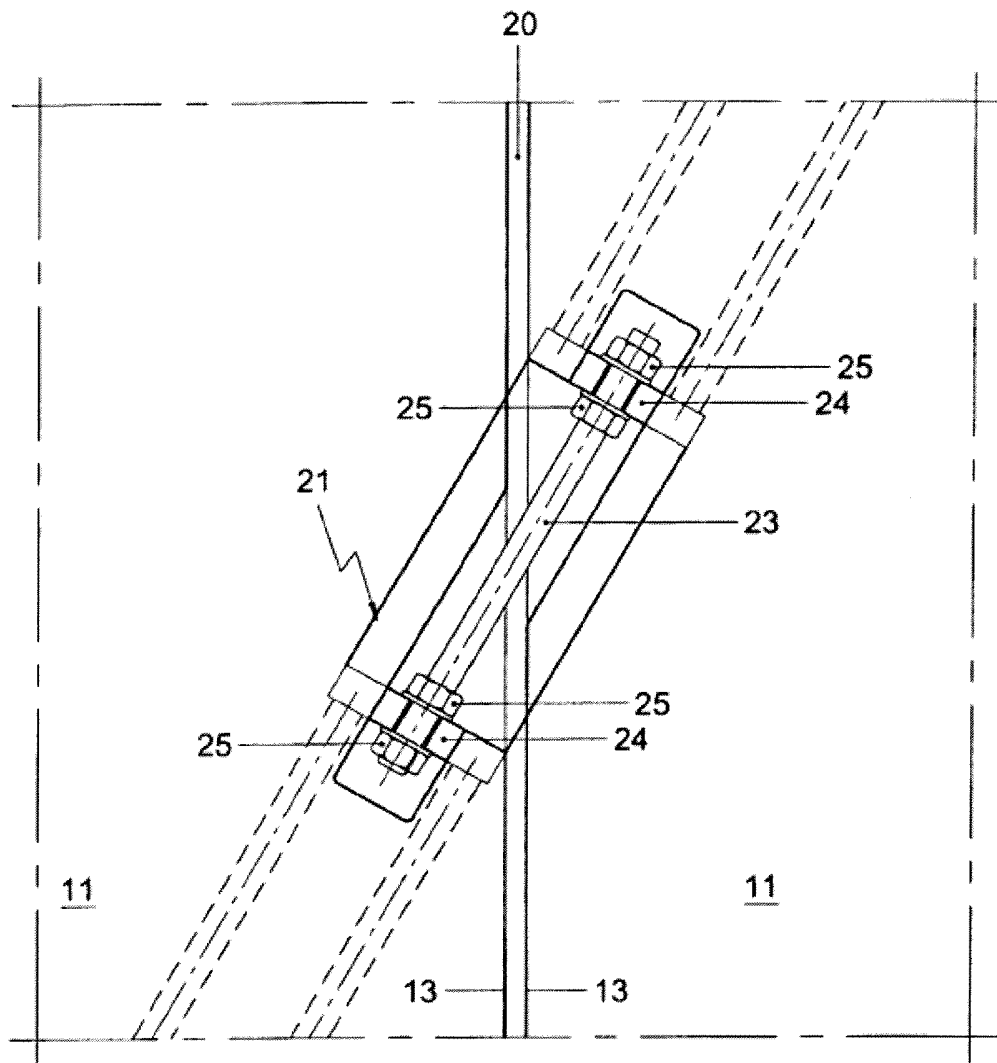


Fig. 14B

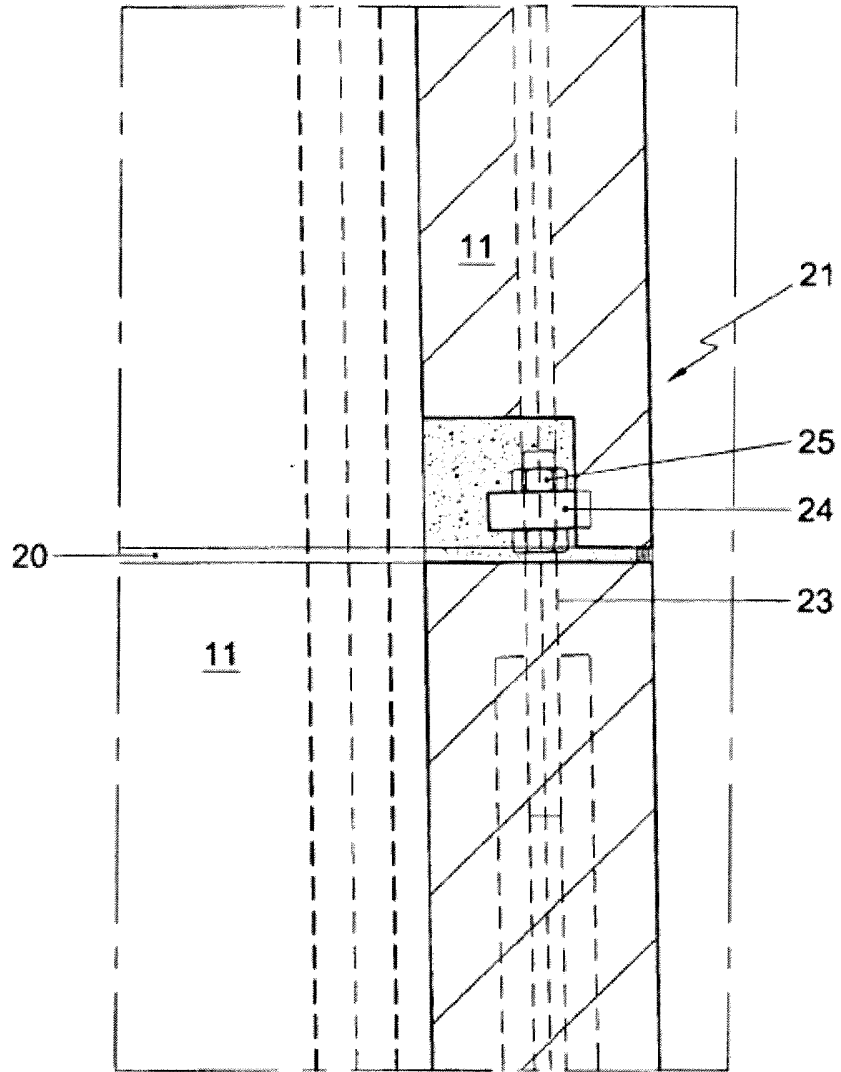


Fig. 14C

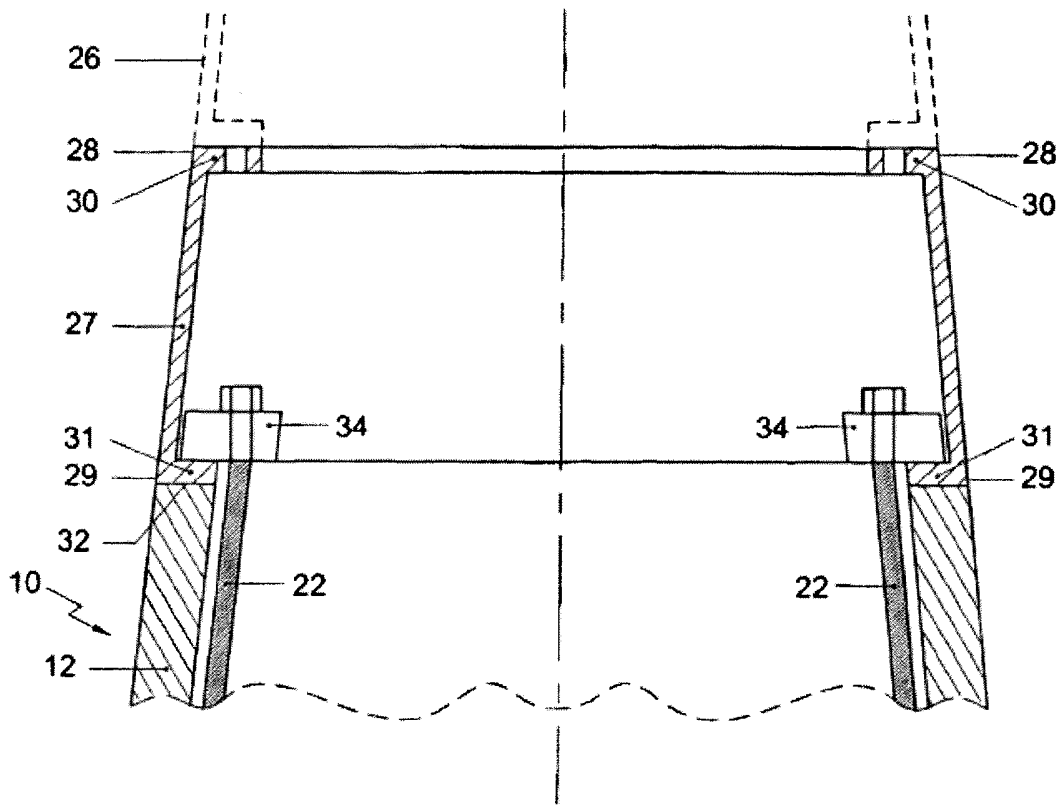


Fig. 15

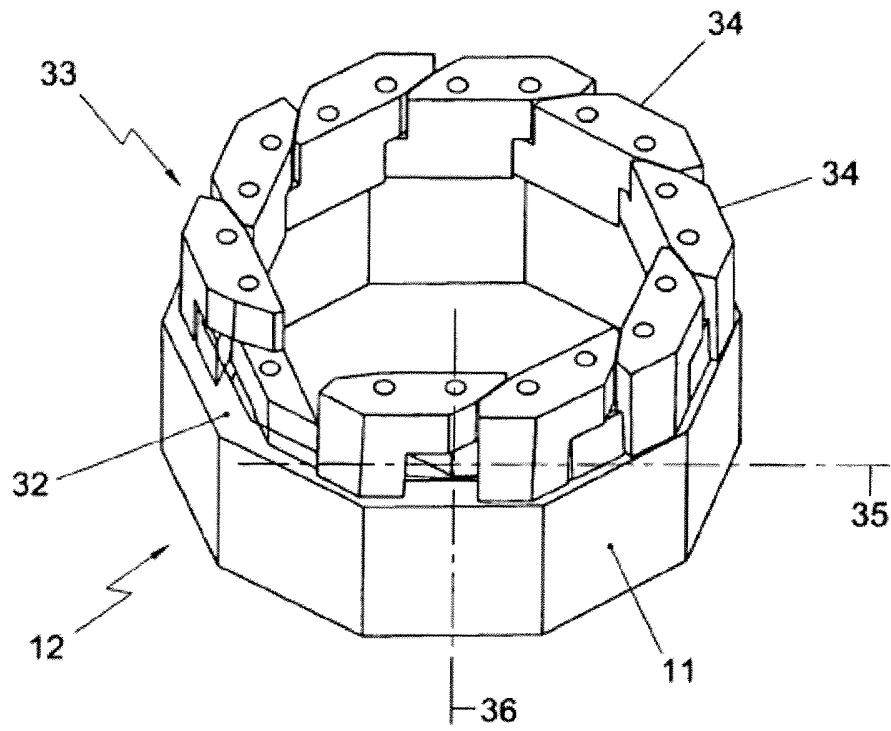


Fig. 16

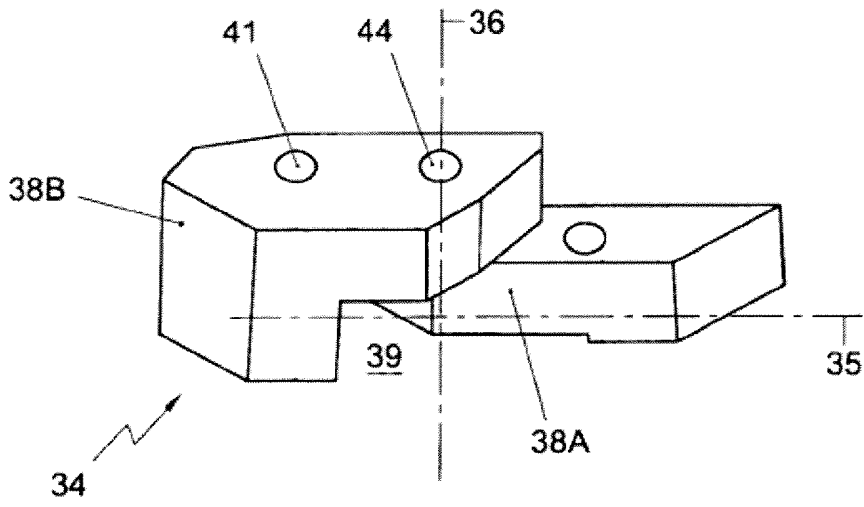


Fig. 17A

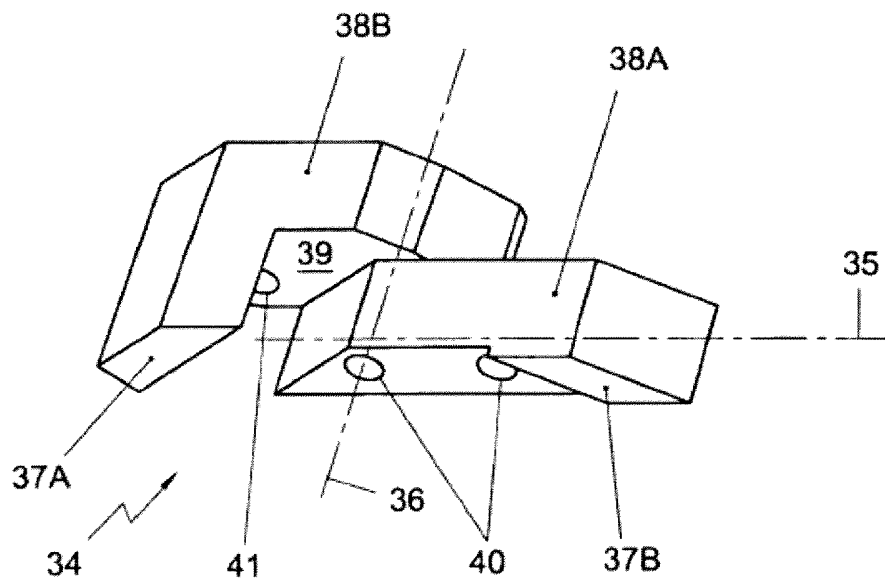


Fig. 17B

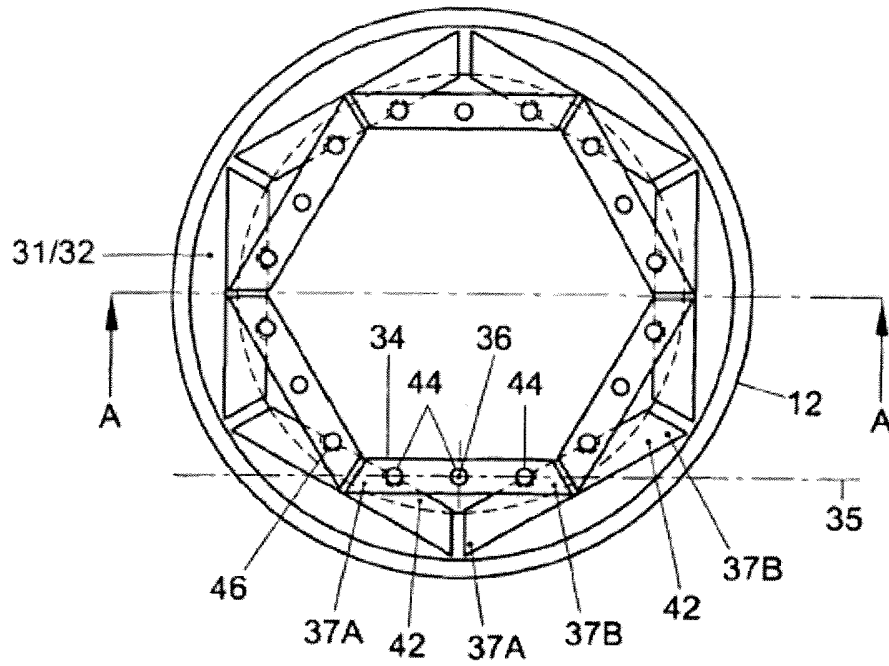


Fig. 18A

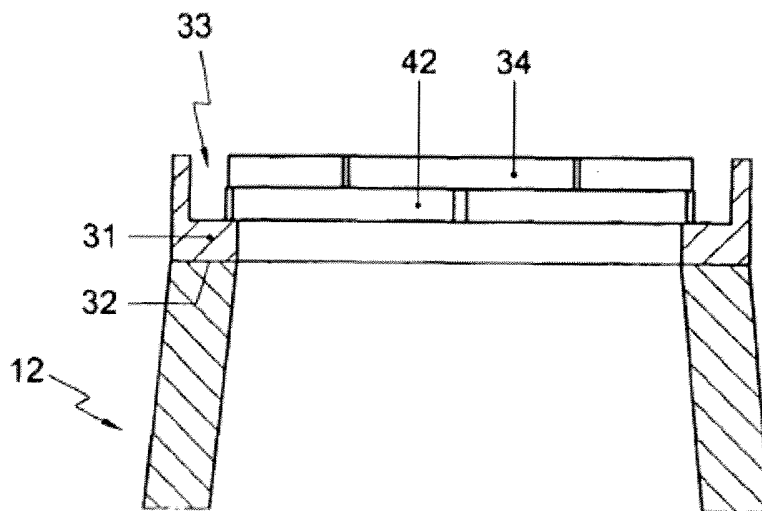


Fig. 18B