



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

(11) PI 1009054-1 B1



(22) Data do Depósito: 19/05/2010

(45) Data de Concessão: 05/01/2021

(54) Título: ESTRUTURA DE SUPORTE PARA TURBINAS EÓLICAS

(51) Int.Cl.: E04H 12/12; E04H 12/16; F03D 11/04.

(30) Prioridade Unionista: 19/05/2009 EP 09380102.5.

(73) Titular(es): PACADAR S.A..

(72) Inventor(es): FRANCISCO JAVIER MARTÍNEZ DE CASTAÑEDA; MANUEL CIDONCHA ESCOBAR.

(86) Pedido PCT: PCT IB2010052222 de 19/05/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/134029 de 25/11/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 18/11/2011

(57) Resumo: Estrutura de suporte para turbinas eólicas e processo para erguer a estrutura de suporte. A invenção compreende uma série de vãos do eixo de coluna (1) com uma forma tronco cônica, cada vão integra duas ou mais peças (2) e (3) com uma seção circular ou poligonal formada com as peças pré-tensionadas em um leito na fábrica, com protensão (4) centrado ou ligeiramente desviada e reforço não pré-tensionado (5) no perímetro da seção ou fibras, fixado por meio de juntas longitudinal secas ou por sobreposição (6), giradas em uma vista plana ou não, e as juntas transversais (7) que podem ser em diferentes níveis e fornecem ou não a continuidade da protensão geral, para uma união através de barras de aço (12), e no caso da fixação na fundação, com o posicionamento direto das barras de partida no momento em que a dita fundação é construída ou por meio de tubos de moldagem que, posteriormente recebem as barras (16) mencionadas.

ESTRUTURA DE SUPORTE PARA TURBINAS EÓLICAS

[001] A presente invenção se refere a uma estrutura de suporte vertical ou torre para turbinas eólicas de geração de energia elétrica ou outros usos, feita de concreto protendido, dotada de um eixo de coluna tronco cônico ou cilíndrico de concreto protendido com altura variável construído por meio de setores anulares, cada um dos quais compreendendo diversas peças de parede com uma seção semicircular ou poligonal ou setores semicirculares ou poligonais, longitudinalmente conectadas umas as outras, e no caso de haverem diversas sobrepostas em altura, são conectadas longitudinalmente através de um sistema o qual permite a continuidade estrutural da torre. Tanto a turbina eólica diretamente ou outro eixo de coluna metálica, na qual a turbina irá finalmente ser fixada, será localizado na sua extremidade superior.

[002] Esta invenção também tem a sua aplicação no campo da construção civil em geral e especialmente na indústria de construção e instalação de estruturas de suporte de turbinas eólicas de geração de energia elétrica.

[003] Um segundo aspecto da invenção se refere a um processo para erguer a estrutura de suporte ou torre baseada na sucessiva incorporação ou construção das citadas peças da parede.

[004] Ao longo da presente descrição, uma peça de parede será compreendida como uma peça formando a parede da estrutura de suporte ou torre, sendo a dita parede fina, de 5 a 30 cm, feita de concreto protendido, com uma protensão centrada e um reforço não protendido no perímetro da seção ou concreto reforçado com fibra, adequado para formar, próximo de uma ou mais peças, um setor anular da estrutura de suporte ou torre.

Fundamento da invenção

[005] Em relação ao estado da arte, deve ser mencionado que o setor eólico, o qual estão amplamente expandindo no desenvolvimento das energias renováveis, tem progredido gradualmente na busca de uma maior relação custo benefício, o que resultou no projeto de turbinas eólicas cada vez mais poderosas, de 3 ou mesmo

de 5 MW, para cobrir a demanda criada.

[006] Estes novos projetos obrigam a reconsiderar as estruturas de suporte ou torres que sustentam a turbina eólica, as quais devem suportar tensões que são muito maiores do que as atuais suportam e alcançar novas alturas de até 120 m, a fim de ser capaz de alojar máquinas com pás de hélice de mais de 50 m de comprimento.

[007] Uma extrapolação das torres atuais (até 70 m de altura), construídas por meio de placas curvas e eletrosoldadas, transversalmente conectadas por meio de flanges, não permite lidar, de uma forma eficiente com relação ao custo, com as novas características necessárias dos ditos elementos, especialmente devido à enorme flexibilidade destes tipos de estruturas de aço e à incompatibilidade desta característica com as exigências obtidas a partir do cálculo dinâmico destas novas torres.

[008] Portanto, é necessário utilizar outros materiais e entre eles, o concreto apresenta as características necessárias para lidar com os problemas acima mencionados.

[009] Neste sentido, tem havido diversas iniciativas que já foram realizadas: algumas realizam a construção destas torres em concreto reforçado ou realizam uma pós-protensão destes elementos "*in situ*", ou seja, na fazenda de vento em si e na sua posição final, como resultado de uma construção de modo por concretagem ou sobreposição. No caso da pós-protensão "*in situ*", os cabos são passados através e pós-tensionados, no interior da fina parede de concreto, em tubos de moldagem deixados para essa finalidade tanto no interior ou exterior da torre. Além de serem dispendiosas, essas soluções apresentam o problema da necessidade de longos períodos para realizá-las, o que compromete diretamente a eficiência do custo do projeto.

[010] Em outros casos, foram feitas tentativas para solucionar o problema por meio de pequenas peças feitas de concreto pré-fabricado, tais como aduelas circulares, ou pequenas placas (as quais são conectadas umas às outras formando a torre).

Estas peças reforçadas em geral exigem espessuras consideráveis , a fim de assegurar a adequada operação dinâmica da torre, uma vez que elas são submetidas a cargas operacionais e de acordo com uma seção fragmentada. Por esta razão, estes projetos são, ocasionalmente, reforçados por meio de operações de pós tensionamento internas ou externas, realizadas *in situ*, as quais comprimem todas as seções ao longo da torre para evitar rachaduras.

[011] Nesta solução, a presença de um grande número de conexões entre as peças, das operações de pós-tensionamento *in situ*, etc, complica muito e faz com que a montagem destas torres fique extremamente cara e comprometa a operação real da montagem.

[012] Uma série de documentos de referência são conhecidos, os quais descrevem diversas formas de realização de torres utilizando concreto reforçado, entre os quais devem ser mencionados: JP-A-9-235912, DE-A-29809541, DE-A-19832921, EP-A-960986, US 2006/0254168, WO 02/01025, US 7.114.295, JP-OR-3074144, EP-A-1474579 (MECAL APPLIED MECHANICS), EP-A-1645761 (INNEO21), EP-A-1876316 (MONTANER), WO 2007/033991 (SIKA), WO 2008/031912 8 (GAMESA).

[013] As soluções técnicas explicadas nas patentes mencionadas podem ser classificadas nos seguintes grupos:

- torre construída *in situ*.
- torre de concreto reforçado com setores anulares superpostos e pós-tensionamento em campo.
- torres de concreto formadas pela superposição de setores estruturais anulares integrados em dois ou mais componentes montados os quais exigem o pós-tensionamento em campo.
- torres entrelaçadas feitas tanto de concreto quanto de aço.
- torre formada por concreto derramado entre chapas de aço.
- torres nas quais são previstas as peças com diferentes formatos, as quais são adequadas para ajudar tanto na produção quanto na melhora da eficácia estrutural;
- torres incluindo peças que apresentam elementos de reforço específicos

incorporados nelas.

[014] A Patente FR 1145789 se refere a um processo para a construção de uma torre ou empilhamento sem andaimes com elementos pré-fabricados. Apesar do fato de que o documento indique que os ditos elementos pré-fabricados podem ser feitos de concreto protendido, quando as figuras 8 a 10 são descritas, é indicado que as conexões verticais incluem tirantes pré-tensionados, que podem ser vistos nas ditas figuras.

[015] A patente US 5809711 descreve um dispositivo e um método para fixar dois elementos de concreto protendido que pode formar estruturas, tais como mastros, torres ou, por exemplo, pontes. A patente descreve os elementos de concreto protendido na forma de peças de parede, conectadas a diversos cabos pré-tensionados os quais são prolongados e estendidos para fora da peça de parede e inseridos através de dutos configurados em uma peça de parede adjacente sobreposta, sendo que os dutos integram virtualmente todas as ditas peças adjacentes, para a conexão entre si por um subsequente tensionamento dos ditos cabos de extensão para a obtenção de juntas universais. Esta solução construtiva apresenta a desvantagem de estar limitada ao desenvolvimento de peças de parede de pouca altura, tais como as estruturas *voussoir*, uma vez que de outra forma a dita montagem das peças de parede no local, as quais devem ter os cabos inseridos nelas para o pós-tensionamento de todas as peças de parede e a fixação entre as peças de parede sobrepostas envolveria uma operação muito difícil e complicada.

[016] A presente invenção propõe uma estrutura de suporte vertical ou torre, do tipo que compreende diversas seções estruturais anulares superpostas, cada uma das quais integra duas ou mais peças de parede unidas em suas extremidades longitudinais, e são diferentes das propostas anteriores, que em geral são baseadas no pós-tensionamento dos cabos no ponto real de instalação da torre ou fazenda de vento, para dotar a torre e as juntas anexas com força, pela particularidade da construção das peças de parede de protensão na fábrica, calculadas de acordo com a posição relativa que a peça irá ocupar na torre ou estrutura, portanto, as peças

que formam a torre, através da incorporação da protensão, já são por si só estruturalmente resistentes, exigindo apenas realizar as fixações entre as peças de parede adjacentes e sobrepostas para formar a torre. Além disso, os custos são reduzidos por meio da proposta desta invenção, uma vez que a protensão na fábrica é um processo industrial e uma vez que não é necessário colocar os cabos pós-tensionados em campo. Por outro lado, a tecnologia aplicada elimina a necessidade de elementos auxiliares para o transporte, assegura um estado de compressão nas peças, o que maximiza a vida útil da torre, permite novos projetos e alternativas de montagem as quais simplifiquem a obtenção da torre.

[017] Outro aspecto distintivo da proposta sobre a qual a presente invenção é baseada reside em um sistema de conexão entre os elementos pré-fabricados com o reforço pré-tensionado, particularmente aplicável para a fixação dos setores anulares do eixo de coluna, os quais permitem a continuidade das ações de protensão sem a (completa ou parcial) necessidade de elementos adicionais, tais como as barras de ligação ou de outros sistemas de pós-tensionamento, e a compressão das áreas finais de difusão de cada peça nas fixações, usando seus próprios cabos de protensão os quais configuram o reforço pretendido das mencionadas peças de parede pré-tensionadas, mas as quais, ao contrário da solução explicada na YS 5809711, afetam apenas uma pequena extremidade de cada peça nas áreas de fixação das peças sobrepostas.

[018] Outros documentos do estado da arte que podem ser citados são as patentes DE 20 2005 020398, EP 1876316, EP 758034, DE 102 23 429 e JP 2004 011210.

[019] Os aspectos singulares da presente invenção são descritos abaixo.

Breve descrição da invenção

[020] Em comparação com as soluções mencionadas anteriormente, a presente invenção realiza a pré-fabricação da torre por meio de peças de parede grandes feitas de concreto protendido no leito de fabricação (aplicação controlada de tensão no concreto por meio do tensionamento de tendões ou cabos de aço), com um comprimento exclusivamente limitado pelas condições de transporte (com

comprimentos de tipicamente 20 a 40 m), com uma seção semicircular ou setor circular, ou seção poligonal ou setor poligonal, cada peça sendo projetada para ser capaz de trabalhar sob as tensões derivadas de seu próprio peso e para o transporte como se fosse um grande feixe em forma de U com uma força estrutural predeterminada. Além disso, a protensão de cada uma das peças na fábrica foi calculada para cada peça de parede de acordo com a posição relativa que a dita peça de parede irá ocupar na estrutura de suporte ou torre, ou seja, responder de forma adequada às demandas da carga estrutural em cada uma das seções da torre. Estas peças de parede, assim, permitem a formação da estrutura de suporte ou torre sem a necessidade de submeter a montagem de cada peça adicional às operações de pós-tensionamento finais no campo afetando toda a peça. Como será visto na explicação seguinte, as operações de pós-tensionamento deverão ser realizadas apenas em alguns casos que afetam exclusivamente um curto desenvolvimento de cada peça de parede (comprimento típico de 1 a 1,5 M), na parte final da mesma, o que permite comprimir as áreas finais de difusão de fixação sobrepostas e em frente às peças de parede.

[021] A estrutura de suporte ou torre a qual é proposta integra um eixo de coluna, geralmente tronco cônico, apesar de poder ser cilíndrico, parcialmente formado por duas ou mais seções ou setores estruturais anulares superpostos conectados entre si através de juntas transversais. De acordo com os princípios desta invenção, cada seção estrutural anular da torre integra duas ou mais peças de parede pré-fabricadas protendidas na fábrica, como mencionado, fixadas em seus lados, formando as juntas longitudinais da torre.

[022] A protensão pode ser com reforços pós-tensionados, nos quais a concretagem é realizada antes do tensionamento dos reforços protendidos, sendo alojados em dutos ou tubos de moldagem, realizando o seu tensionamento e ancoragem quando o concreto tiver adquirido a resistência suficiente, ou, como na presente, com 10 reforços pré-tensionados, nos quais a concretagem é feita após ter provisoriamente tensionado e ancorado os reforços nos elementos fixos.

[023] Neste caso, quando o concreto tiver adquirido a resistência suficiente, os reforços são liberados de suas âncoras provisórias e, por adesão, a força previamente introduzida nos reforços será transferida para o concreto.

[024] Finalmente, do ponto de vista das condições de adesão, o tendão pode ser adesivo, como é o caso da protensão com o reforço pré-tensionado ou com reforço pós-tensionado o qual após o tensionamento do material adesivo, é injetado entre o reforço e o concreto, ou não adesivo, como é o caso da protensão com reforço pós-tensionado nos quais os sistemas para proteger o reforço são usados, os quais não geram aderência.

[025] O desenvolvimento da torre e dos sistemas de fixação, por meio do uso das peças pré-tensionadas diretamente na fábrica oferece as seguintes vantagens:

- envolve uma economia de custos dado que a protensão atua como um reforço resistente na peça desde o início.
- permite a obtenção de peças maiores.
- o uso da técnica de protensão, concretos de alta resistência ou concretos de fibra envolvem uma mudança no projeto, proporcionando maior rigidez, espessura reduzida, durabilidade e economia de materiais, como ocorre com a técnica atual para construir pontes, por meio de vigas de caixa ou feixes de duplo T pré-tensionados.
- evita rachaduras e, portanto, garante uma maior rigidez da torre, uma vida útil maior e baixos custos de manutenção.
- reduz os custos de produção, uma vez que os cabos de protensão são colocados na fábrica em um processo industrial.
- melhora o tempo de montagem e reduz o trabalho a ser realizado no campo, simplificando a sua execução e custos. Através da redução do tempo de montagem, as incertezas climatológicas e as dificuldades inerentes à construção em campo também são reduzidas.
- elimina a necessidade de elementos auxiliares de transporte, permitindo a colocação de peças grandes em caminhões tipo dolly convencionais sem a

necessidade de estruturas de suporte.

- dada a capacidade de resistência das peças, permite novas alternativas de montagem, conforme descrito nesta patente, uma vez que as peças são parcialmente fixadas em sua parte inferior, elas são resistentes em uma forma isolada.

- os sistemas de fixação por meio de juntas secas permitem construir torres que podem ser desmontadas. A desmontagem completa da torre não exige a demolição de qualquer dos seus elementos, tornando possível a reutilização das peças que formam a torre para a sua montagem posterior em outra área. Isso permite que o desmantelamento das fazendas de vento no final de sua vida útil ou mesmo a reutilização das peças para formar torres com uma altura maior.

[026] De acordo com o exposto, uma, duas ou mais das peças de parede mencionadas colocadas na posição vertical e longitudinalmente anexadas, formam um vão (*span*) do eixo de coluna com a mesma aparência e funcionalidade das usadas atualmente. Cada novo vão de concreto protendido novamente formado por duas peças semicirculares, ou um vão metálico, será colocado neste primeiro tronco cone até atingir a altura necessária.

[027] Cada peça será composta por uma seção ou setor semicircular ou poligonal da mesma, com pequena espessura e raio variável, feita de concreto de alta resistência a qual poderia ser de, se necessário, concreto auto compactável, concreto de alta resistência ou concreto com fibra, com uma protensão centrada ou ligeiramente desviada, para corrigir os efeitos de seu próprio peso ou outras cargas temporárias, e um reforço, o qual pode ser através da adição de fibras ao concreto ou com o reforço não protendido no perímetro da seção, o qual será realizada na posição horizontal em um molde e leitos preparados para tal finalidade.

[028] Esta protensão, realizada em um leito através do posicionamento de tubos de moldagem e cabos, a concretagem e o tensionamento subseqüentes antes da extração da peça do molde, asseguram a manutenção sem o trincamento de toda a seção de concreto, preservando as características mecânicas e a durabilidade da

torre. Este aspecto é crucial, já que em outras soluções de concreto reforçado, ele se torna deformado sob as demandas e, para que o aço comece a funcionar, ele precisa ser esticado, causando rachaduras no concreto. Na peça que é pré-tensionada a partir do processo de fabricação em si, fica garantida a não ocorrência de rachaduras, aumentando a vida útil da torre e eliminando a necessidade de manutenção, a qual é muito dispendiosa em outras soluções.

[029] Em vez da peça de parede fabricada por protensão, ela também poderia ser obtida por pós-tensionamento (independentemente da complexidade e dos custos da operação) na fábrica, devido ao fato de que o importante é que a tensão seja incorporada na peça de parede a partir de sua fabricação, dotando-a com a força estrutural mencionada independentemente do sistema utilizado.

[030] A manipulação e o transporte das peças de parede, até o seu posicionamento final, será feita no local de fabricação, possivelmente sendo necessários, dada a espessura reduzida do elemento, certos elementos de suporte transversal.

[031] As fixações longitudinais (de acordo com a geratriz tronco cônica) entre as peças, serão feitas por meio de uma junta por sobreposição (*wet joint*), com a sobreposição e a passagem de um reforço não pré-tensionado e um enchimento posterior com uma argamassa de alta resistência, ou por meio de uma junta seca ou face contra face (*dry joint*), tanto através de buchas quanto de parafusos no interior da peça de parede, cruzando diagonalmente em um plano de base e em alturas ou cotas diferentes, ou com flanges de concreto perfuradas, ao longo do interior das bordas longitudinais da peça, o que permite unir a junta por meio de parafusos e porcas aparafusados com controle de torque de aperto.

[032] No caso de diversos vãos da torre feitas de concreto sendo sobrepostos, as juntas verticais podem ser giradas, em um plano de base, com a finalidade de evitar uma articulação contínua ao longo dos diferentes vãos do eixo de coluna, ou sem rotação, e deixando uma junta longitudinal contínua, conforme for apropriado.

[033] As fixações transversais entre os vãos ou entre o primeiro vão e a fundação, são realizadas por meio de uma ampliação nas extremidades da peça perfurada na

direção da geratriz da peça, a qual permite a união por meio de barras de aço de alta resistência as quais podem unir a junta por meio de uma fixação por sobreposição ancorada por sobreposição, uma fixação roscada ou uma fixação pós-tensionada em campo no momento da montagem, a qual será protegida com cimento líquido ou plástico e/ou resinas , bem como qualquer outro produto de proteção, tal como ceras.

[034] No caso da fixação pós-tensionada, além de unir as duas peças, essas barras ligantes garantem a continuidade da protensão em todas as seções da torre. Portanto, dependendo do sistema de ancoragem utilizado, serão necessários (protensão sem elementos auxiliares de ancoragem, de protensão ancorada na cabeça por meio de suportes auxiliares ou pós-tensionamento), diferentes comprimentos de espessamento e de união, sendo capazes de utilizar, no caso da ancoragem da protensão a partir da extremidade da peça ou no caso de pós-tensionamento, o espessamento da seção de concreto nas extremidades da peça pode ser substituído por uma folha metálica espessa, na forma de uma flange interna na dita extremidade, a qual permite, como resultado das perfurações relevantes, a fixação ao restante dos elementos, através de barras de alta resistência as quais serão aparafusadas com o controle de torque de aperto ou serão pós-tensionadas.

[035] No caso da fixação na fundação, estes vergalhões poderiam ser colocados, no momento da construção, em uma base sólida ou posteriormente por meio do posicionamento dos tubos de moldagem na base, na qual as barras são introduzidas antes do seu enchimento com o cimento de alta resistência.

[036] Ambas as fixações transversal e longitudinal podem ser previstas com um sistema de guia o qual permite o posicionamento exato das peças.

[037] Dado que, conforme mencionado, cada vão da torre pode ser formado por duas peças semicirculares ou poligonais, mas também por mais peças de seção com um setor semicircular ou poligonal, ou seja, quatro peças da metade da seção, seis peças de um terço da seção, oito peças de um quarto da seção, etc, deve ser

salientado que as ditas peças no início da fundação da torre podem apresentar um comprimento diferente, por exemplo, metade delas poderia ter um comprimento normal e a outra metade, de forma intercalada, poderia ter metade do comprimento, com as quais, em superposições sucessivas dos vãos seguintes, as fixações transversais serão, em diferentes níveis, metade das peças na extremidade da torre novamente serão da metade do comprimento, uma vez que todas elas serão niveladas.

[038] Este sistema de montagem previne o uso de torres auxiliares, reduzindo os tempos de montagem e os custos.

[039] O acabamento externo e interno do concreto das peças pode ser de qualquer um dos existentes para outro tipo de peça, tal como liso, pintado, textura, lavado, etc,

[040] As peças poderiam ter aberturas, necessárias para o acesso das pessoas e equipamentos no interior da torre.

[041] Tal como as muitas inserções, as placas de ancoragem, etc, conforme necessárias, para a instalação dos equipamentos auxiliares, poderiam também ser posicionadas no momento da fabricação, dentro e fora da peça. Neste sentido, deve-se mencionar que o sistema de montagem pode exigir a montagem prévia de uma torre auxiliar que, uma vez que o trabalho seja concluído, possa ou não ser desmontada, permanecendo no interior da torre.

[042] Como mencionado anteriormente, a invenção também propõe um sistema para a conexão de elementos pré-tensionados pré-fabricados com base em seus próprios cabos de protensionamento, os quais oferecem a possibilidade da conexão entre os elementos pré-fabricados com reforço pré-tensionado, sem a necessidade de elementos adicionais baseados no tensionamento subsequente de parte dos cabos de tensionamento da peça de parede.

[043] Para tal propósito, os cabos de protensionamento utilizados estendem-se nas ditas peças de parede, pré-tensionadas na fábrica, através dos vãos, projetando-se fora da peça de parede, a dita extensão dos vãos sendo prevista para ser inserida

através dos dutos configurados em uma peça de parede adjacente, para interligar às mesmas através de um tensionamento subsequente do dito cabo de extensão dos vãos, tal como duas peças de parede sobrepostas, com as extremidades de frente uma com a outra, estão dispostas para obter uma junta transversal a qual garante a continuidade da protensão.

[044] Especificamente, de acordo com o sistema proposto pela presente invenção, a parte externamente projetante dos cabos (a qual, em qualquer caso, será necessária para o tensionamento e a qual, no entanto, a solução pré-tensionada convencional, deve ser cortada depois) são alojados nos dutos deixados para esta finalidade na parte contígua, os quais podem ser alocados no mesmo lado da junta ou combinados em ambos os lados.

[045] A fim de facilitar a passagem dos ditos cabos, o sistema da invenção prevê a utilização de elementos com sulcos longitudinais e até mesmo placas de ancoragem comuns com a dita tipologia.

[046] Este novo sistema e processo para o retensionamento permite dar continuidade à ação da protensão, sendo necessário, para alojar os elementos âncora, apenas um espessamento da seção transversal da peça com um comprimento de entre 50 e 300 centímetros.

[047] Em princípio, o sistema não é adesivo na área da junta, por um lado, dada a necessidade de um tensionamento subsequente, e por outro lado, a ruptura da adesão do concreto na extremidade.

[048] No entanto, deve ser salientado que o cabo de tensionamento pode ser simplesmente protegido com graxa ou cera, ou, alternativamente, argamassa de cimento ou resina para fornecer um sistema adesivo.

[049] Os elementos para a proteção das âncoras tal como tampas ou similares também são viáveis no sistema proposto pela presente invenção.

[050] Por outro lado, dado o comprimento reduzido da área a ser retensionada, o formato interno (*draw-in*) da borda deve ser pequeno, são necessários cálculos precisos para determinar a quantidade de tensão a ser aplicada, bem como são

necessárias as dimensões das áreas da âncora.

[051] Os cabos de protensinamento de 0,5, 0,6 ou 0,62 polegadas ou outros são usuais para os reforços pré-tensionados convencionais.

[052] Também deve ser salientado que o sistema é aplicável na fixação nas fundações, permitindo uma margem suficiente para o comprimento da âncora nos elementos de fundação.

[053] O novo sistema proposto para a conexão dos elementos pré-tensionados pré-fabricados com base em seus próprios cabos de protensão conseqüentemente representa uma estrutura inovadora com estrutura e características constitutivas desconhecidas até o momento para esse propósito, cujas razões, combinadas com a sua utilidade prática, dão a ele motivos suficientes para ser concedido o direito exclusivo o qual é solicitado.

[054] Com base no exposto, além de solucionar plenamente as necessidades técnicas geradas no setor de energia eólica para as turbinas eólicas de nova geração, esta invenção permite melhorar as expectativas de custo para as torres, a qual oferece vantagens adicionais, tais como pouca manutenção ou a possibilidade de desmontagem e movimentação da torre, no caso das fixações secas, maior durabilidade e maior resistência à fadiga.

[055] Por outro lado, seu uso não se restringe ao setor eólico, efetivamente realizando estruturas para empilhamentos, torres de controle, torres de comunicação, etc,

Breve descrição dos desenhos

[056] Para complementar a descrição a ser feita e com a finalidade de ajudar a compreender melhor as características da invenção, diversas folhas de desenhos são anexadas à presente descrição, como parte integrante da mesma, as quais são descritas a seguir com um caráter ilustrativo e não limitativo:

– a figura 1 ilustra uma vista em elevação da estrutura de suporte para turbinas eólicas de geração de energia elétrica e outros usos feitos de concreto protendido, inteiramente pré-fabricada, com uma seção circular, de acordo com a invenção, na

qual pode ser vista a sua composição realizada por meio da fixação de diversos vãos.

- a figura 2 ilustra uma vista transversal da estrutura de suporte para turbinas eólicas de geração de energia elétrica e outros usos feitos de concreto protendido, inteiramente pré-fabricada, com uma seção circular, de acordo com a seção de "A-A" indicada na figura 1.

- a figura 3 ilustra uma vista de seção de acordo com uma seção longitudinal de um elemento pré-tensionado pré-fabricado no qual não foi incorporado um sistema para conectar as duas peças de parede sobrepostas baseadas em cabos de protensão, de acordo com a invenção, na qual pode ser visto um exemplo de fixação com os dutos alocados no mesmo lado da junta transversal.

- a figura 4 também ilustra uma vista de seção, de acordo com uma seção longitudinal, de outro exemplo de um elemento pré-tensionado pré-fabricado incorporando o sistema para fixação da invenção, neste caso com os dutos alocados em uma forma combinada em ambos os lados da fixação transversal.

- a figura 5 ilustra uma vista em elevação e diversas seções da invenção nas quais, em cada extensão, é vista a disposição das peças que compõem a montagem, no caso da fixação de diversos vãos, girando uma junta longitudinal do eixo de coluna em cada vão.

- a figura 6 ilustra uma vista ampliada do detalhe "d1" indicado na figura 2, no qual é vista a configuração interna da estrutura da invenção.

- a figura 7 ilustra uma vista ampliada do detalhe "d2" indicado na figura 2, no qual é vista a fixação das peças com a seção semicircular ou poligonal formando-a no caso de uma junta por sobre posição.

- a figura 8 ilustra uma vista ampliada do detalhe "d2" indicado na figura 2, no qual é visto a fixação das peças com a seção semicircular ou poligonal formado-a no caso de uma junta com parafusos e buchas.

- a figura 9 ilustra uma vista ampliada do detalhe "d2" indicado na figura 2, no qual é vista a fixação das peças com uma seção semicircular ou poligonal formando-

a no caso de uma junta com flanges de concreto.

- a figura 10 ilustra uma vista de seção longitudinal de uma parte da estrutura da invenção e da sua fundação.

- a figura 11 ilustra uma vista de seção da estrutura de acordo com a seção de "A-A" indicada na figura 10, na qual pode ser uma vista em planta da fixação transversal entre dois vãos da invenção.

- a figura 12 ilustra uma vista ampliada do detalhe "e1" indicado na figura 10, no qual é vista a forma de realização das juntas transversais através do espessamento das paredes da peça unidas com barras de aço de alta resistência, garantindo a continuidade da protensão em todas as seções da torre.

- a figura 13 ilustra uma vista ampliada do detalhe "e1" indicado na figura 10, no qual é vista a forma de realização das juntas transversais através de flanges metálicas unidas com barras de aço de alta resistência aparafusadas com o controle de torque de aperto, no caso de ancorar a protensão a partir da extremidade da peça.

- a figura 14 ilustra uma vista de seção da estrutura de acordo com a seção "B-B" indicada na figura 10, no qual pode ser vista em planta da fixação do primeiro vão da invenção na fundação.

- a figura 15 ilustra uma vista ampliada do detalhe "e2" indicado na figura 10, no qual é vista a forma de realização das fixações na fundação através da opção de espessamento das paredes da peça fixada na fundação com barras de aço de alta resistência, mas no local, como vergalhões, no momento de fazer a fundação em si.

- a figura 16 ilustra uma vista ampliada do detalhe "e2" indicado na figura 10, na qual é vista a forma de realização das fixações na fundação através da opção de espessamento das paredes da peça, fixadas na fundação com barras de aço de alta resistência, mas no local, como vergalhões, na fundação por meio de tubos de moldagem.

- a figura 17 ilustra uma vista do plano de uma fixação entre os vãos da

invenção, com um detalhe das guias de posicionamento, bem como uma seção de uma fixação entre os vãos com as guias mencionadas.

- a figura 18 ilustra um detalhe da forma de realização do transporte, bem como os elementos de fixação transversais da seção.
- a figura 19 ilustra uma vista em perspectiva do sistema de montagem alternativo da estrutura da invenção, através dos vãos iniciais intercalados, de medidas diferentes.
- as figuras 20 e 21 ilustram respectivas vistas em perspectiva de fases sucessivas de montagem, até o final da estrutura a partir dos vãos desiguais ilustrados na figura 19.
- a figura 22 mostra uma ilustração relacionada com as etapas possíveis, de acordo com esta invenção, para erguer uma estrutura de suporte proposta.

Descrição das diversas formas de realização da invenção

[057] Tendo em conta as figuras relatadas e de acordo com o número usado, uma forma de realização da invenção compreendendo as partes descritas abaixo pode ser vista nas ditas figuras.

[058] Assim, conforme ilustrado nas figuras 1 e 2, a estrutura de suporte para turbinas eólicas de geração de energia elétrica e para outros usos feitos inteiramente de concreto protendido pré-fabricado é formada por um eixo de coluna pré-fabricado 1 feito de concreto de alta resistência, o qual é pré-tensionado ou pós-tensionado no leito de fabricação, que pode ser, se necessário, auto compactável, apresentando uma forma tronco cônica com altura variável feito por meio de ao menos duas peças 2 e 3 com seção semicircular ou poligonal (não ilustradas), uma parede fina de 5 a 30 cm apresentando uma protensão centrada 4 e um reforço não protendido no perímetro da seção 5, conforme é observado no detalhe "d1" ilustrado na figura 6 e fixadas umas as outras através das juntas longitudinais 6.

[059] A protensão 4 pode apresentar pequenas variações em relação à sua centralização, a fim de corrigir os efeitos de seu próprio peso ou outras cargas

temporárias.

[060] Além disso, a estrutura da invenção é formada por um ou diversos vãos do citado eixo de coluna pré-fabricado 1, feito de concreto, o qual é protendido ou pós-tensionado no leito de fabricação, fixados uns aos outros, quando apropriado, por meio de juntas transversais 7 ou por meio de um sistema de conexão que será detalhado com referência específica aos desenhos das figuras 3 e 4.

[061] A invenção permite, opcionalmente, a realização de três versões alternativas de acordo com um respectivo número de formas de realização preferidas em relação à fixação das citadas juntas longitudinais 6. Em uma forma de realização preferida, a invenção fornece as citadas fixações longitudinais 6 realizadas por meio de juntas por sobreposição 8, com a sobreposição e a passagem do reforço não protendido e posteriormente enchendo com uma argamassa de alta resistência, conforme detalhado na figura 7. Em outra forma de realização, a dita junta longitudinal 6 é realizada por meio da colocação de buchas e parafusos 9 no interior da parede da peça, cruzando diagonalmente em um plano de base e em diferentes alturas, conforme detalhado na figura 8. Em uma terceira opção de forma de realização preferida, a dita junta longitudinal 6 é realizada com as flanges de concreto perfuradas 10, ao longo do interior das bordas longitudinais da peça, a qual permitiria a união da junta através de parafusos e porcas 11 aparafusados, com o controle de torque de aperto, o qual é detalhado na figura 9.

[062] Deve ser salientado que as citadas juntas longitudinais 6 poderiam ser instaladas com uma rotação no plano de base para o propósito de prevenir uma junta contínua ao longo dos diferentes vãos do eixo de coluna 1 o qual forma a estrutura, conforme observado na figura 5, mas eles também poderiam não ser girados e apresentar continuidade.

[063] Além disso, as supra citadas juntas transversais 7 na fundação e entre os vãos que são ilustrados nas figuras 11 e 14 serão unidos através das barras de aço de alta resistência 12, as quais serão pós-tensionadas em campo, no momento da montagem e apresentando o comprimento suficiente, assegurando assim a

continuidade da protensão em todas as seções da torre, a qual será protegida com a argamassa de cimento líquido ou plástico e/ou resinas, bem como qualquer outro produto de proteção, tal como as ceras. O sistema das figuras 3 e 4 explicado a seguir também pode ser usado para as juntas transversais.

[064] Em uma forma de realização preferida da invenção, as ditas barras de aço 12 estarão alocadas nas juntas transversais, atravessando os espessamentos perfurados da parede de concreto 13 feitos nas extremidades de cada vão, conforme detalhado na figura 12. Em outra forma de realização preferida ilustrada na figura 13, para o caso da ancoragem da protensão a partir da extremidade da peça, essas barras atravessam uma folha metálica perfurada muito espessa 14, formando uma flange no interior do eixo de coluna.

[065] Além disso, e em relação à fixação do eixo de coluna na fundação em uma forma de realização preferida da invenção, a fixação das ditas barras de aço 12 na dita fundação 15 pode ser realizada diretamente, ao mesmo tempo como neste último, conforme mostrado na figura 15, podendo, alternativamente, em outra forma de realização preferida representada na figura 16, ser realizada através do posicionamento de tubos de moldagem 16 na fundação na qual as barras de aço 12 são introduzidas antes do seu enchimento com a argamassa de alta resistência 17.

[066] A fim de permitir o posicionamento exato no momento da montagem das peças 2 e 3 e dos diferentes vãos do eixo de coluna 1 que elas formam, tanto as juntas longitudinais 6 como as juntas transversais 7 podem opcionalmente ser previstas com um sistema de guia convencional 18, conforme detalhado na figura 17.

[067] Finalmente, e para garantir a estabilidade da peça, antes de seu posicionamento definitivo, as peças irão opcionalmente ser dotadas com um sistema de fixação transversal 19, conforme descrito na figura 18.

[068] Como é observado nas figuras 19 a 21, de acordo com uma forma de realização alternativa, cada vão ou eixo de coluna 1 da torre pode ser formado por mais do que duas peças 2 e 3 de seção com um setor semicircular ou poligonal (no

exemplo descrito, seis peças de um terço da seção), metade das quais, no início da fundação da torre e de uma forma intercalada, apresentam um comprimento normal 2 e os outros 3 com aproximadamente a metade do comprimento, de tal forma que nas sucessivas superposições dos vãos 1 seguintes, as fixações longitudinais 6 não sejam giradas e as fixações transversais 7 estejam em diferentes níveis, metade das peças no final da torre novamente terão a metade do comprimento, de tal forma que todas elas sejam niveladas no topo.

[069] Com referência às figuras 3 e 4, o sistema de conexão proposto entre os elementos pré-tensionados pré-fabricados é realizado nesta forma de realização utilizando as peças de parede 2 pré-fabricadas, tal como as descritas até este ponto, internamente dotadas de tendões ou cabos pré-tensionados com uma parte do cabo 4a projetando-se externamente e alojado nos dutos 24 previstos para tal finalidade na peça de parede contígua 2, na qual deve ser fixado. A fim de realizar a dita fixação na dita peça contígua 2, um espessamento 21 da sua seção transversal foi feito, o qual é adequado para alojar os elementos de ancoragem 22 nos quais os elementos de proteção 23, tais como as tampas ou similares, podem ser incorporados. Todos os dutos 24 citados podem ser alocados no mesmo lado da junta, conforme observado na forma de realização descrita na figura 3, ou eles podem ser combinados em ambos os lados, conforme descrito na forma de realização da figura 4.

[070] A fim de facilitar a passagem dos cabos 4 no interior dos dutos 4a, o sistema da invenção prevê a utilização de elementos com sulcos longitudinais e também placas de ancoragem comuns com a dita tipologia (não ilustradas).

[071] Deve ser salientado que o sistema não é adesivo na área do espessamento 21 na qual os dutos 4a são alocados, por um lado, dada a necessidade de um tensionamento subsequente e por outro lado, da ruptura da adesão do concreto na extremidade. No entanto, o cabo de tensionamento pode ser protegido simplesmente com graxa ou cera, ou, alternativamente, o sistema de conexão com argamassa de cimento ou resina pode ser posteriormente injetado, a fim de fornecer

um sistema adesivo.

[072] A figura 22 ilustra um exemplo da metodologia a qual pode ser implementada para erguer a estrutura de suporte ou torre de acordo com a invenção, mostrando como cada uma das peças de parede (2, 3) é instalada de forma separada, sendo fixadas, se for o caso, a uma peça adjacente através de uma junta longitudinal (a fixação das peças intermediárias verticais em contato com as bordas ou formando uma junta transversal fixando uma peça (2, 3) a outra imediatamente abaixo).

[073] A implementação da invenção é compatível com a realização do pós-tensionamento local em certas partes da torre com maiores exigências ou com o pós-tensionamento afetando apenas algumas das peças de parede ou uma parte delas, no entendimento de que a maioria das peças de parede irão depender da rigidez estrutural obtida na sua fabricação no leito de fabricação.

Reivindicações

1. Estrutura de suporte para turbinas eólicas, do tipo que compreende uma torre com um eixo de coluna (1) formado por duas ou mais seções estruturais anulares de concreto protendido superpostas fixadas uma à outra através de juntas transversais (7), cada uma das citadas seções estruturais integrando ao menos duas peças parede (2, 3) de concreto pré-fabricadas, com uma seção transversal poligonal ou circular, em que :

- - uma ou mais de ditas seções estruturais são obtidas por pelo menos duas peças de parede de concreto pré-fabricadas (2, 3) dispostas adjacientemente, fixadas através das juntas longitudinais, **caracterizada por:**

- cada uma das ditas peças de parede de concreto citadas ser realizada por protensão na fábrica, pré-comprimindo o seu corpo em um leito de fabricação, por meio de ao menos diversos cabos tensionados que se estendem através delas, de tal forma que uma pré-determinada protensão seja incorporada na peça, a partir de sua fabricação, e atue como um reforço resistente;

- cada uma das ditas peças de parede sendo montada com as peças adjacentes em sobreposição para formar a estrutura de suporte, com uma fixação estabelecida apenas em suas extremidades opostas de frente uma com a outra e sem a necessidade de um pós-tensionamento adicional afetando toda a peça de parede;

- cada uma de ditas peças de parede apresentando uma espessura de parede entre 5 e 30 cm com protensão centrada e reforço passivo de aço no perímetro da seção ou concreto reforçado com fibras; e

- cada uma de ditas peças de parede sendo fabricada a partir de concreto de alta resistência.

2. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** as peças de parede de uma ou mais de ditas seções estruturais anulares apresentarem em uma ou duas de suas porções de extremidade uma seção espessada na qual são configurados dutos para a disposição através destes

tensionadores dos cabos pré-tensionados.

3. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada por** a citada seção espessada compreender as configurações com um aumento da espessura de uma extremidade da peça para a área de saída do duto e se estende ao longo de uma vão longitudinal de um comprimento entre 50 e 300 cm.

4. Estrutura de suporte, acordo com a reivindicação 2, **caracterizada por** os citados espessamentos se projetarem para dentro, para fora ou na direção de ambas as faces interna e externa da seção anular da peça de parede, oferecendo na área mais proeminente uma superfície de ancoragem e pós-tensionamento de um cabo.

5. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada por** a citada seção espessada abranger uma seção anular completa ou fração da seção anular da peça de parede.

6. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada por** em algumas das ditas peças de parede, os cabos de protensão utilizados para pré-compressão da peça serem estendidos no interior dos vãos, projetando-se para fora da peça da parede, os ditos vãos de extensão sendo previstos para serem inseridos no interior dos ditos dutos configurados em uma peça de parede adjacente, para conectar os mesmos através de um tensionamento subsequente dos ditos vãos de extensão do cabo, resultando em uma junta transversal a qual assegura a continuidade da protensão, como duas peças de parede sobrepostas, dispostas com as suas extremidades de frente uma com a outra.

7. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada por** os citados dutos para a passagem dos cabos projetando-se para o tensionamento subsequente serem dotados com tubos de moldagem.

8. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** cada seção estrutural anular compreender ao menos duas peças de parede (2, 3) com a seção transversal poligonal ou semicircular de uma parede fina com um pré-tensionamento centrado (4), ou ligeiramente desviado em relação à espessura

da peça ou com uma distribuição não uniforme em toda a seção anular para corrigir os efeitos de seu próprio peso ou outras cargas temporárias, e um reforço não protendido (5) no perímetro da seção, as peças de parede (2, 3) sendo fixadas umas às outras através das juntas transversais e longitudinais (6).

9. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** cada uma das peças de parede (2, 3) ser frustocrônica ou cilíndrica, e cada peça de parede das diferentes seções anulares fixadas pelas juntas transversais (7) apresentam alturas diferentes.

10. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** ainda compreender um ou mais cabos ou barras organizadas através de porções projetantes, com maior espessura, a partir das extremidades de cada peça de parede.

11. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** o dito concreto de alta resistência ser selecionado entre concreto auto-compactável ou concreto com fibras.

12. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizada por** as fixações das juntas longitudinais (6) serem realizadas através de flanges perfuradas de concreto (10), ao longo do interior das bordas longitudinais da peça, as quais permitem o fechamento da junta por meio de parafusos e porcas aparafusados (11), controlando o torque de aperto.

13. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** as citadas juntas longitudinais (6) das diferentes seções estruturais anulares serem deslocadas na direção da rotação com o propósito de prevenir uma junta longitudinal contínua ao longo dos diferentes vãos do eixo de coluna.

14. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** ser provida a fixação das juntas transversais (7) tanto na fundação como entre os vãos, quando apropriado, por meio de um espessamento de tipo colar (13) nas extremidades de cada peça de parede, perfurada na direção da geratriz da peça de tal forma que permita a união através das barras de aço de alta resistência (12), as

quais serão pós-tensionadas no local, no momento da montagem e com comprimento suficiente para assegurar a continuidade da protensão em todas as seções da torre, apesar da perda de protensão nas áreas de ancoragem dos cabos.

15. Estrutura de suporte, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** as peças (2, 3) intercaladas em um nível inicial e um nível superior apresentarem uma altura diferente das outras peças (2, 3) do nível inicial e superior, sendo a metade do comprimento, as fixações transversais (7) entre as peças dos vãos sucessivos ou eixos de coluna (1), começam em diferentes níveis, permitindo a montagem da torre sem a necessidade de estruturas de montagem auxiliares.

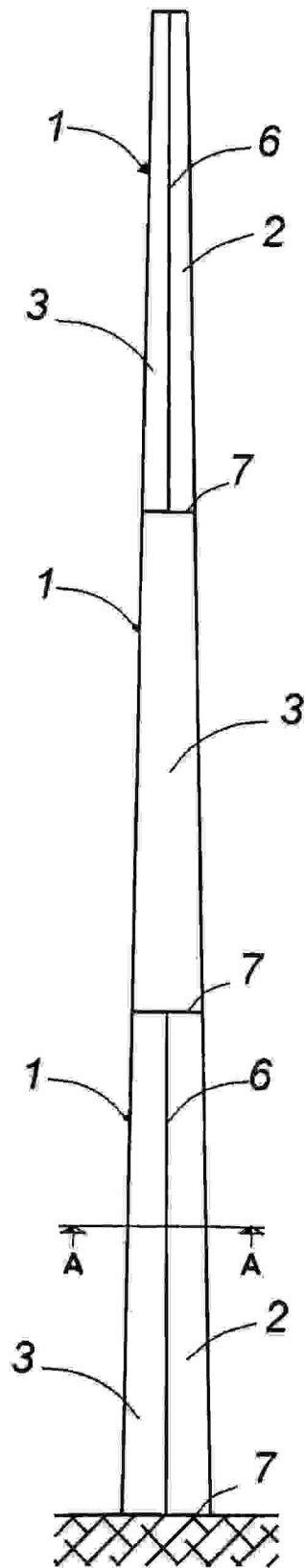
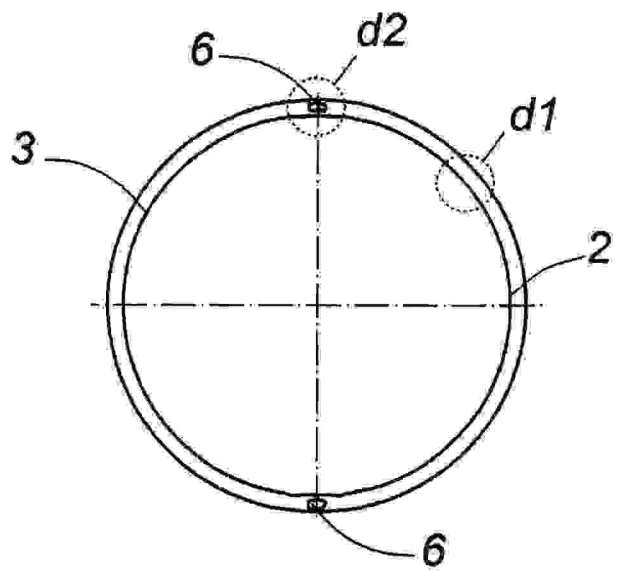
*Fig. 1**Fig. 2*

Fig. 3

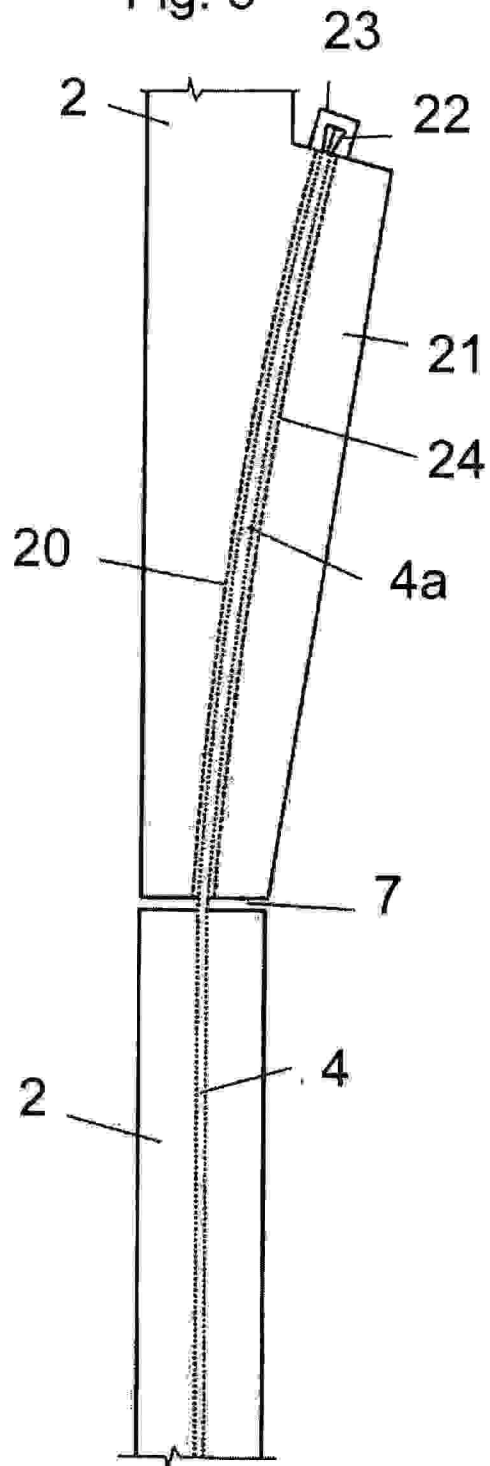
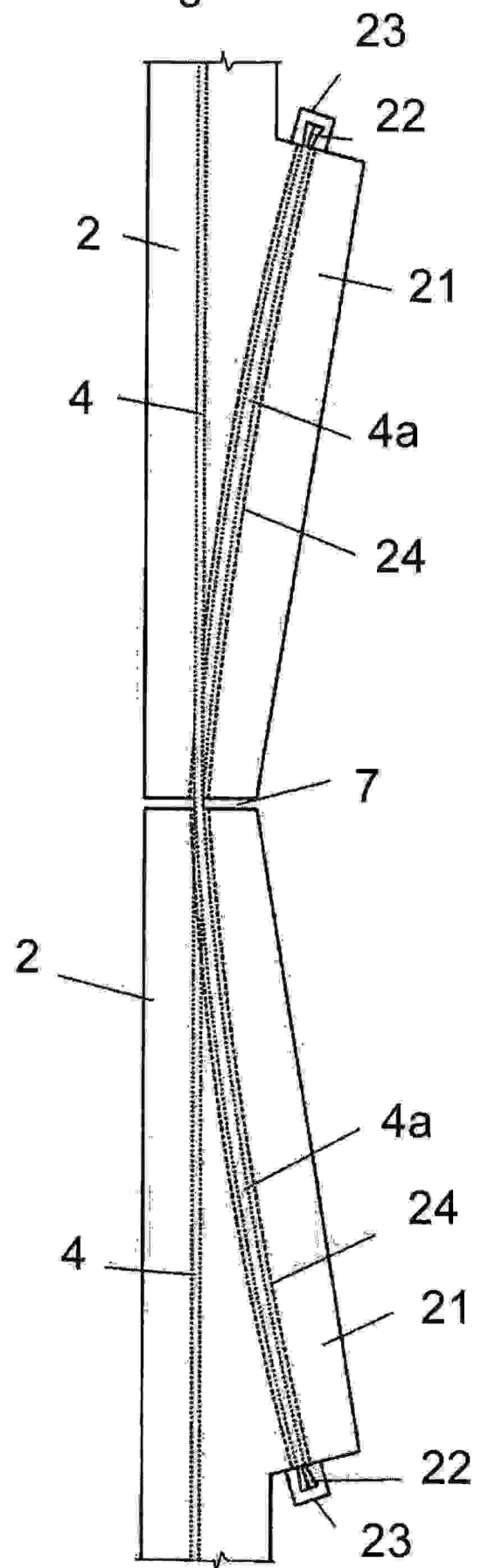
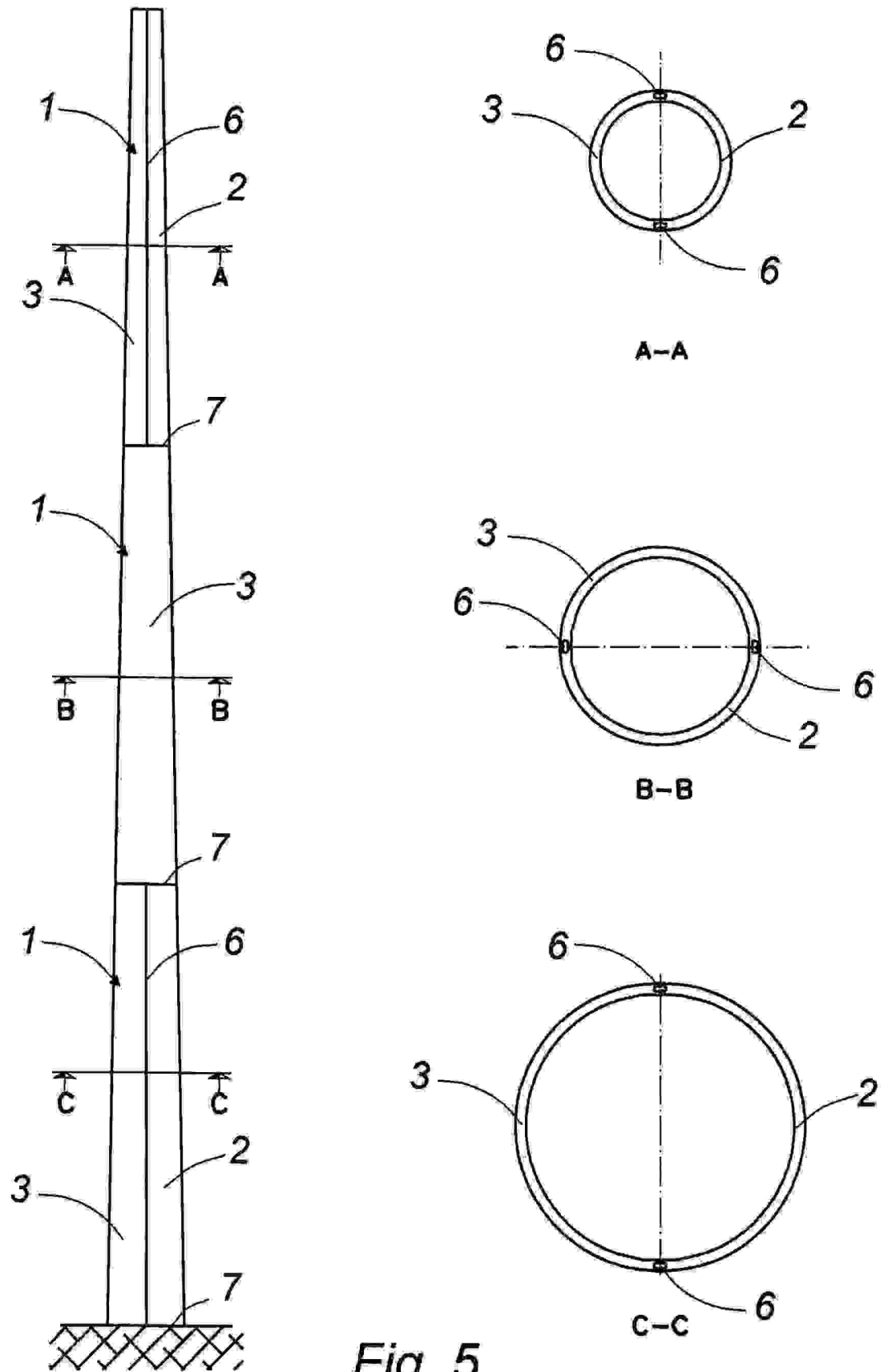


Fig. 4



*Fig. 5*

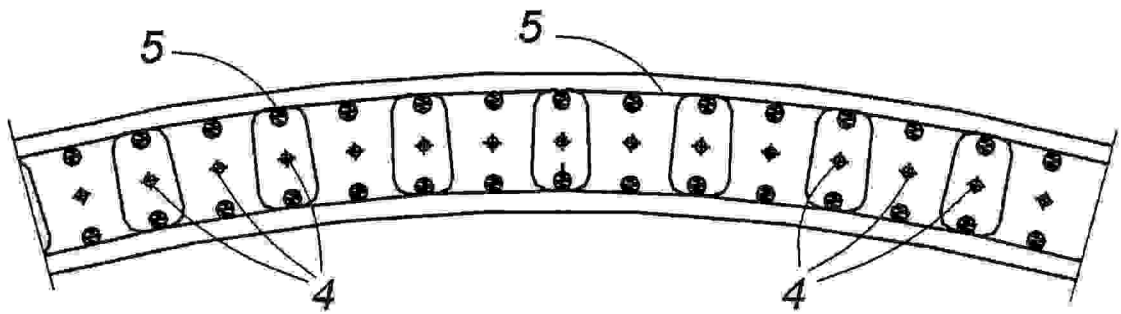


Fig. 6

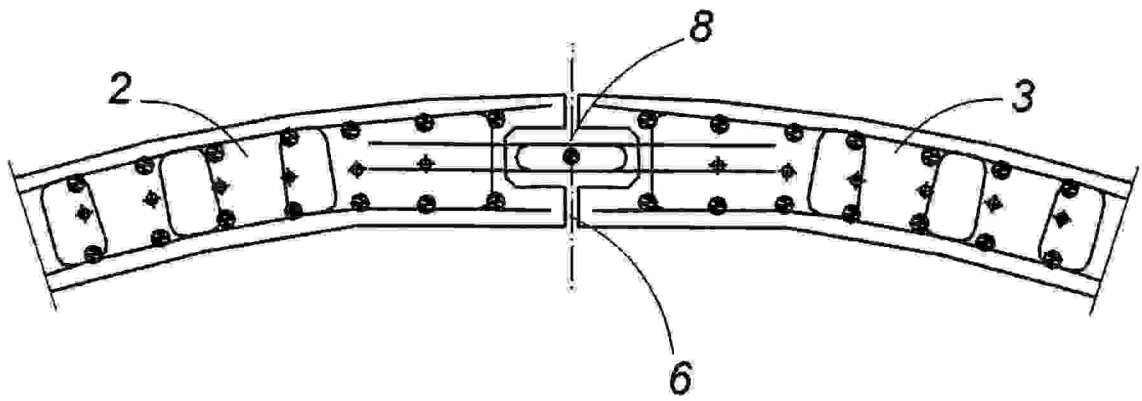
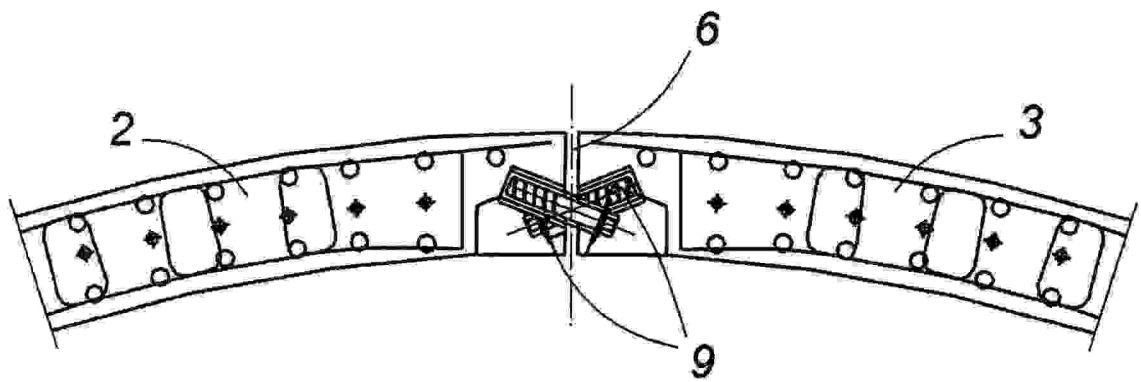
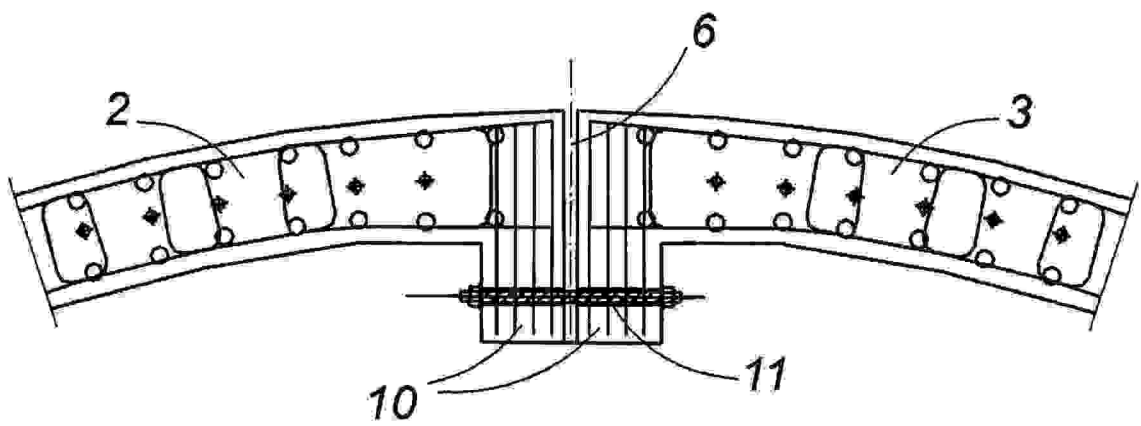
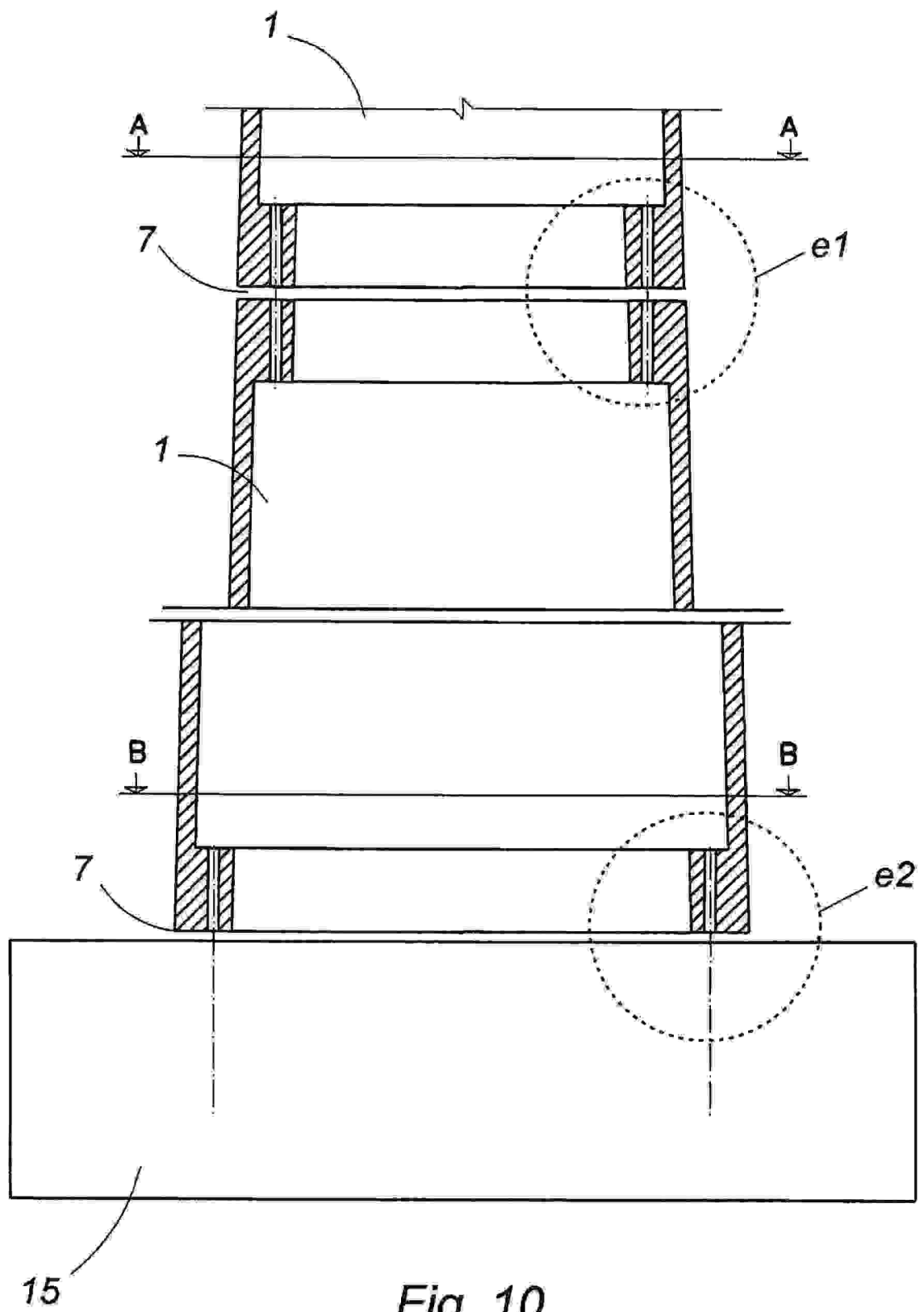
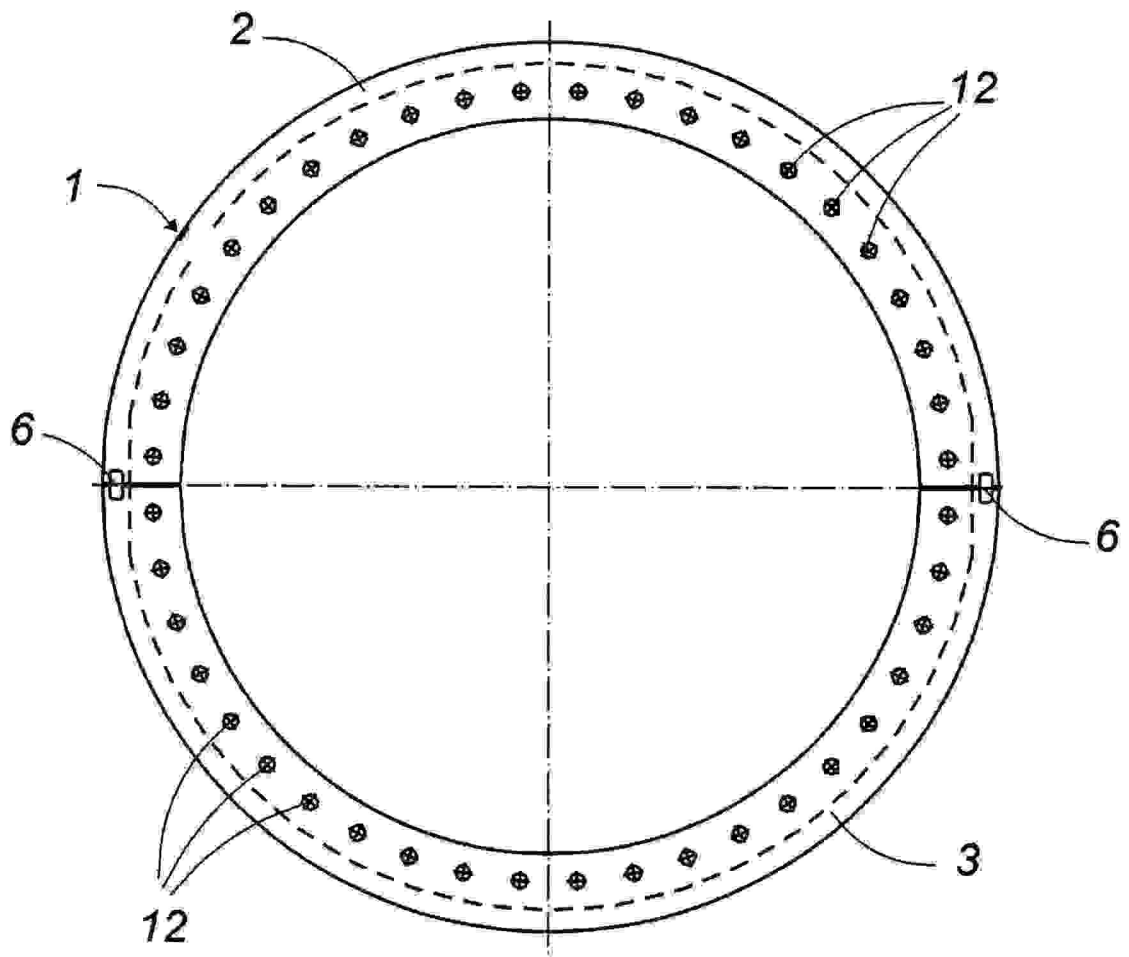


Fig. 7

*Fig. 8**Fig. 9*

*Fig. 10*

*Fig. 11*

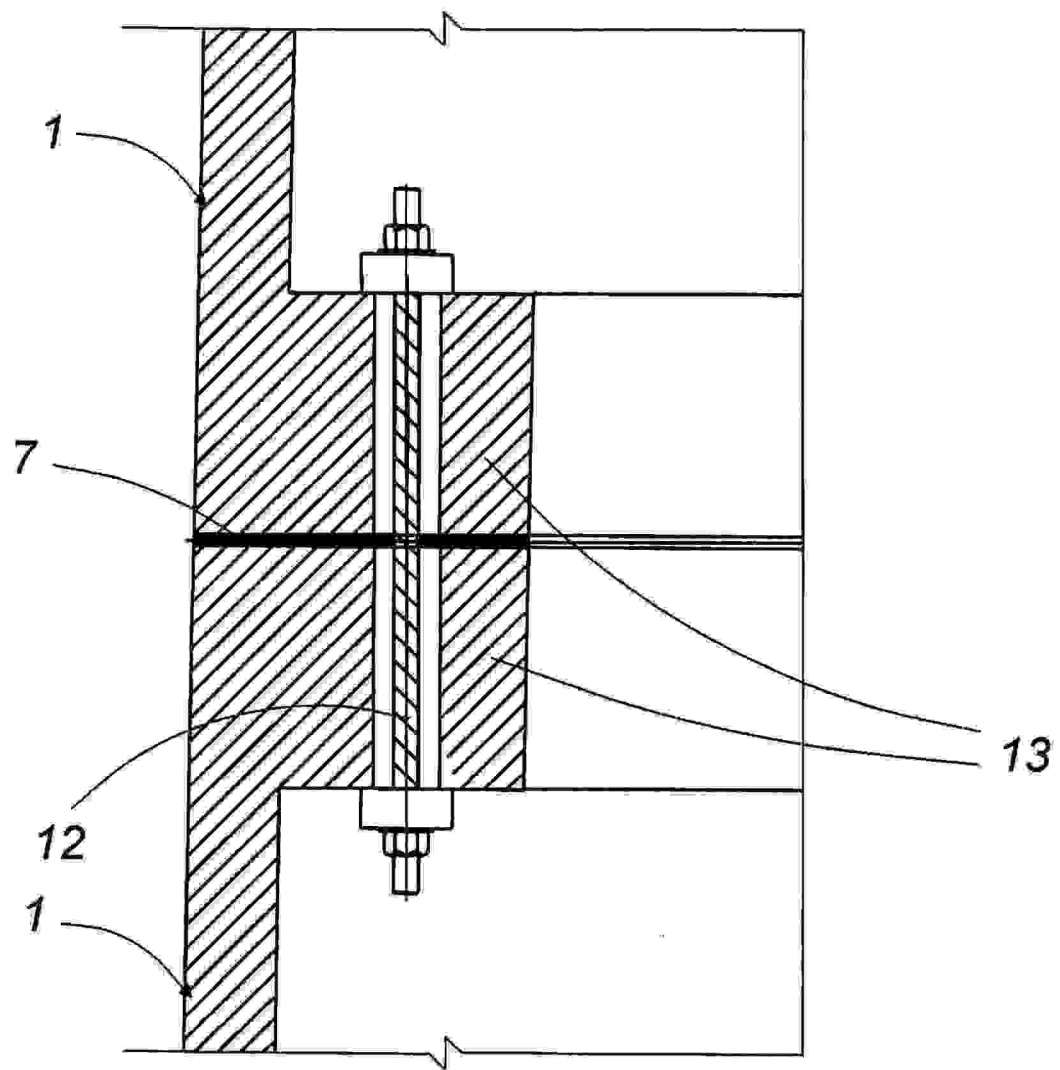


Fig. 12

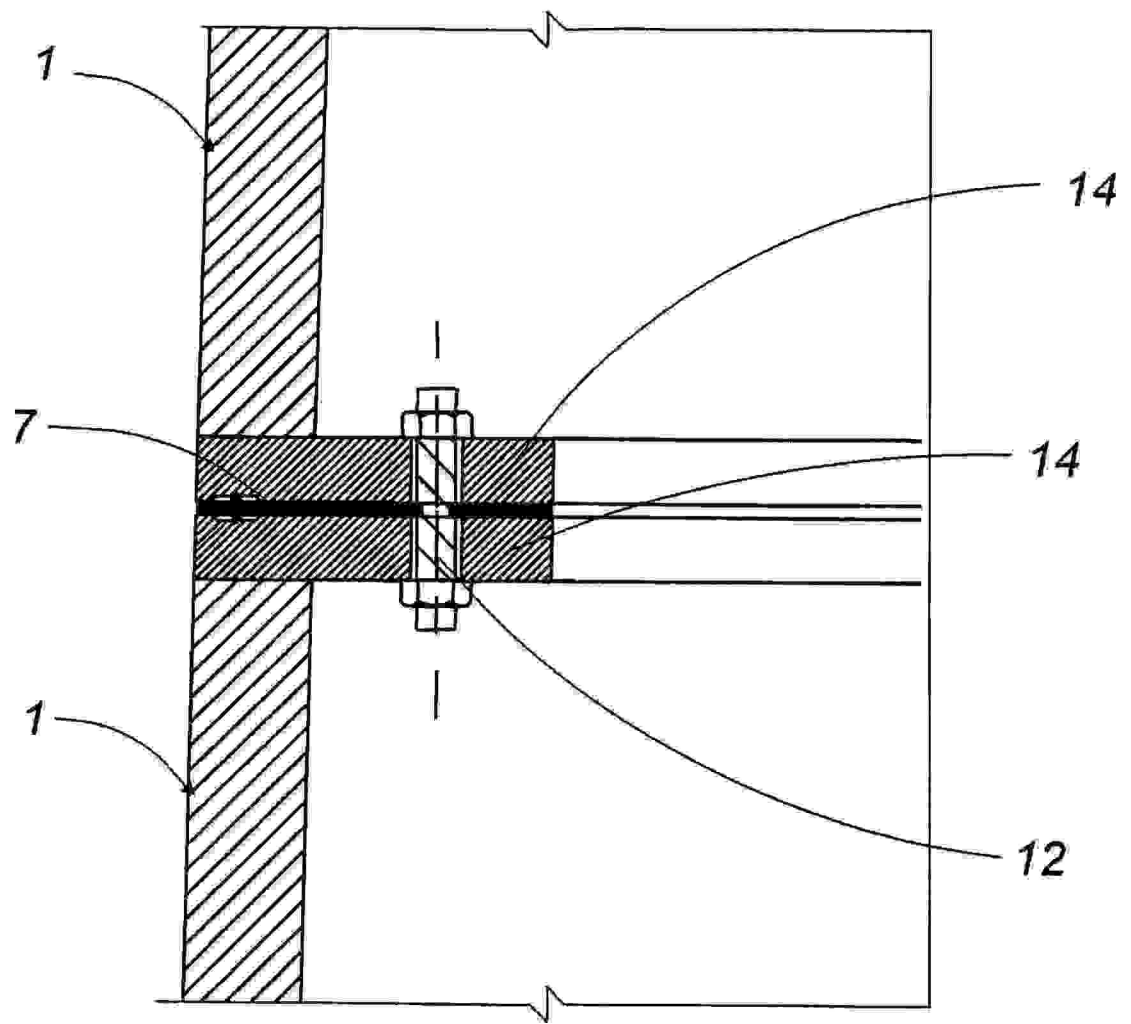
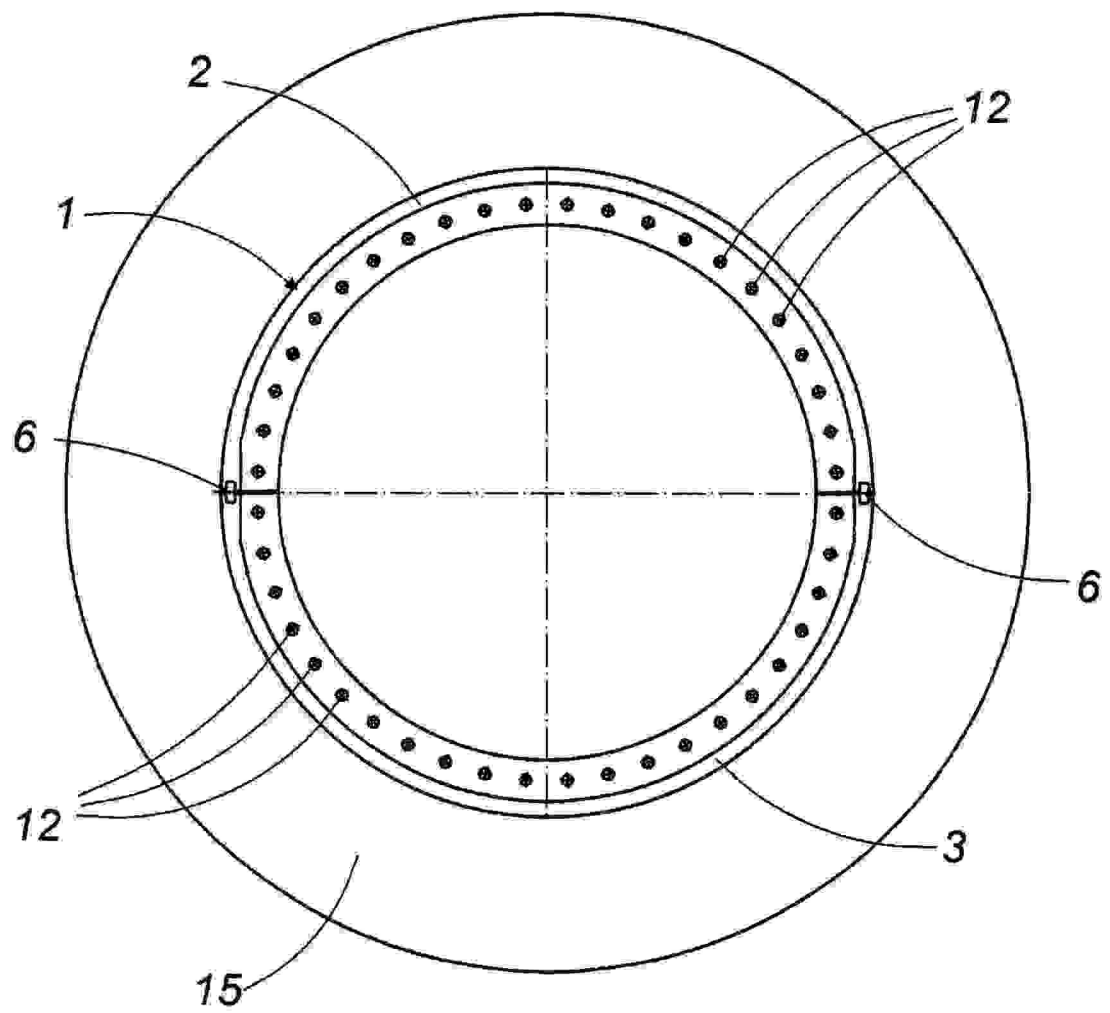


Fig. 13

*Fig. 14*

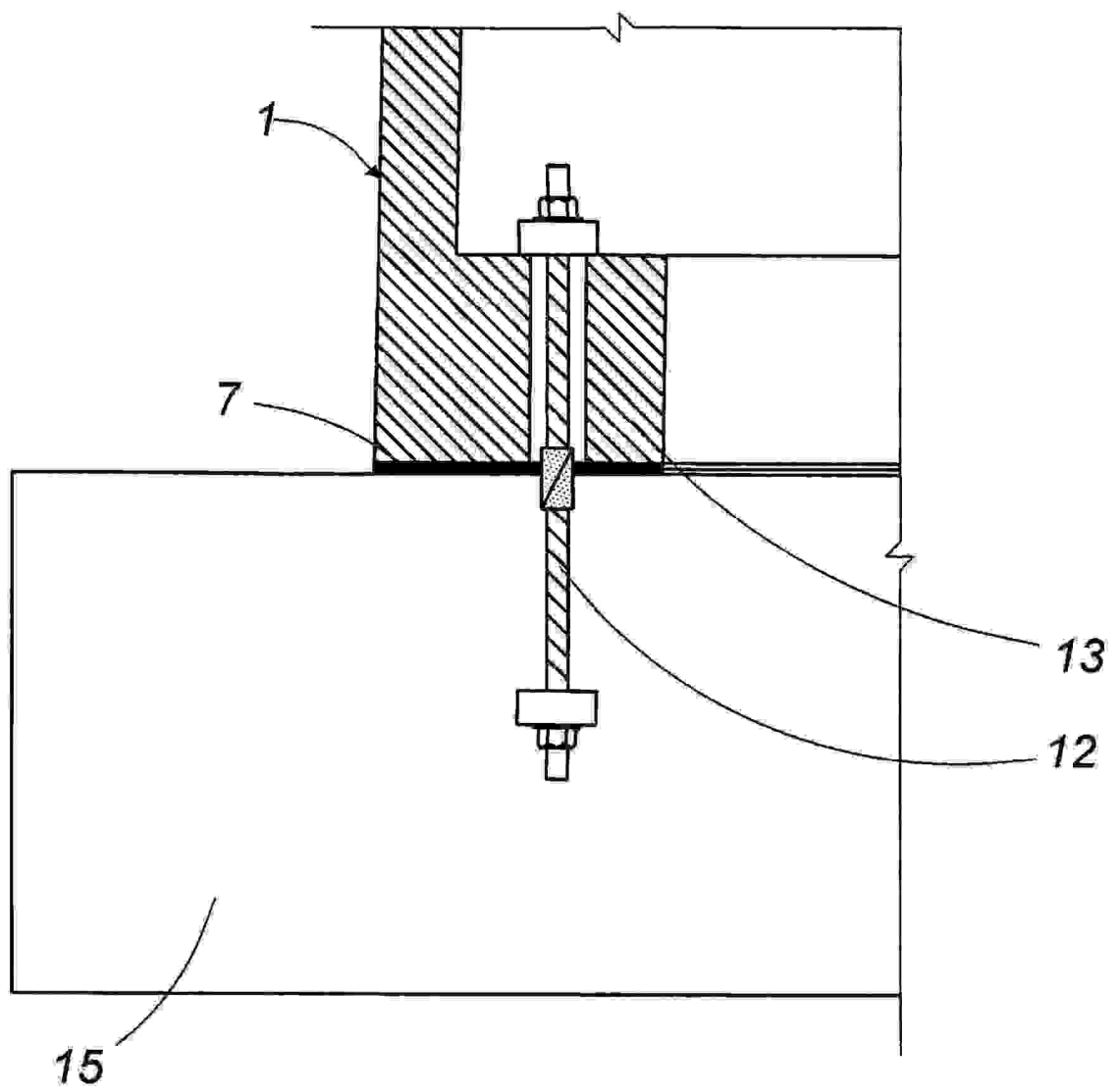


Fig. 15

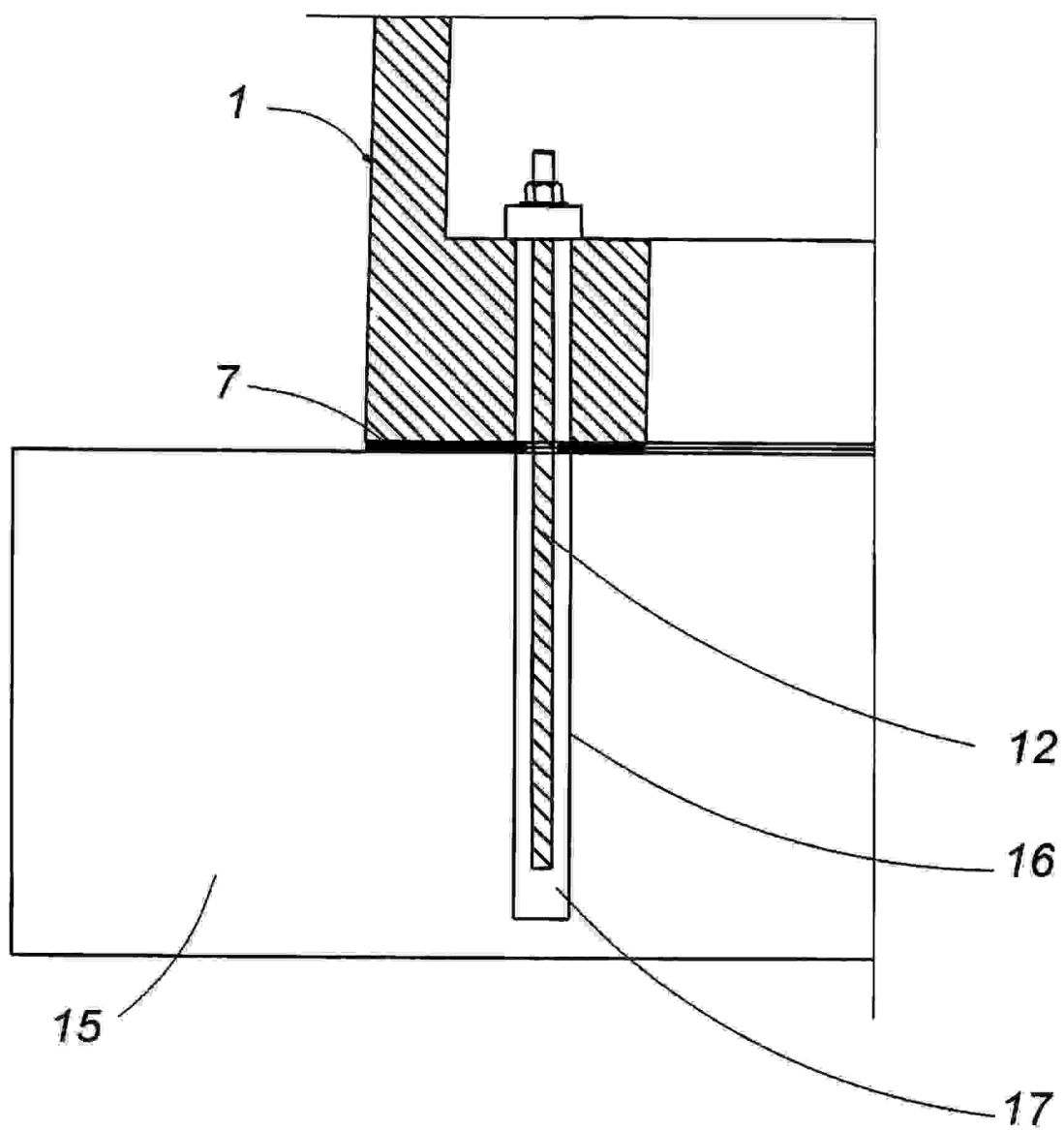


Fig. 16

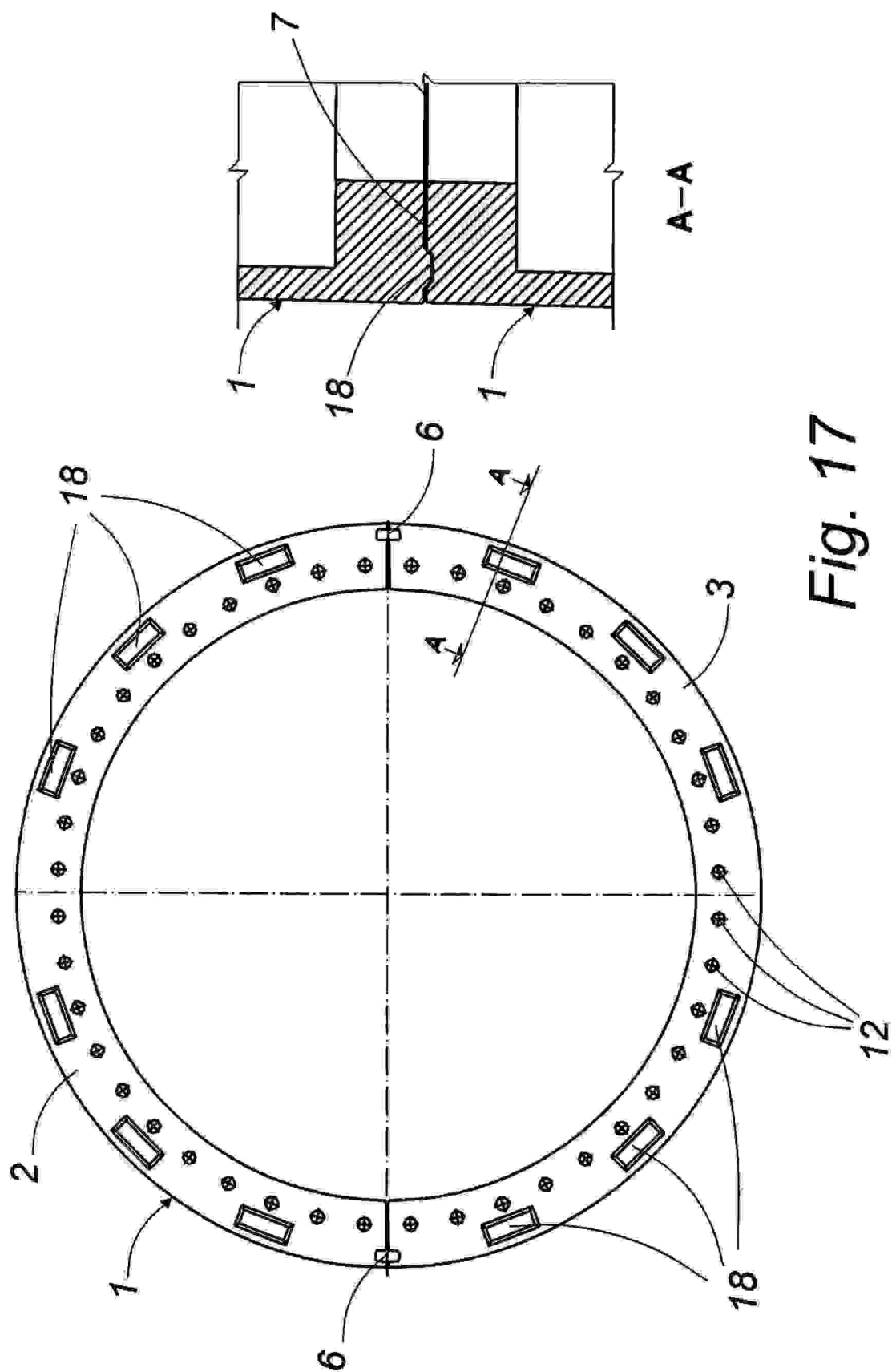


Fig. 17

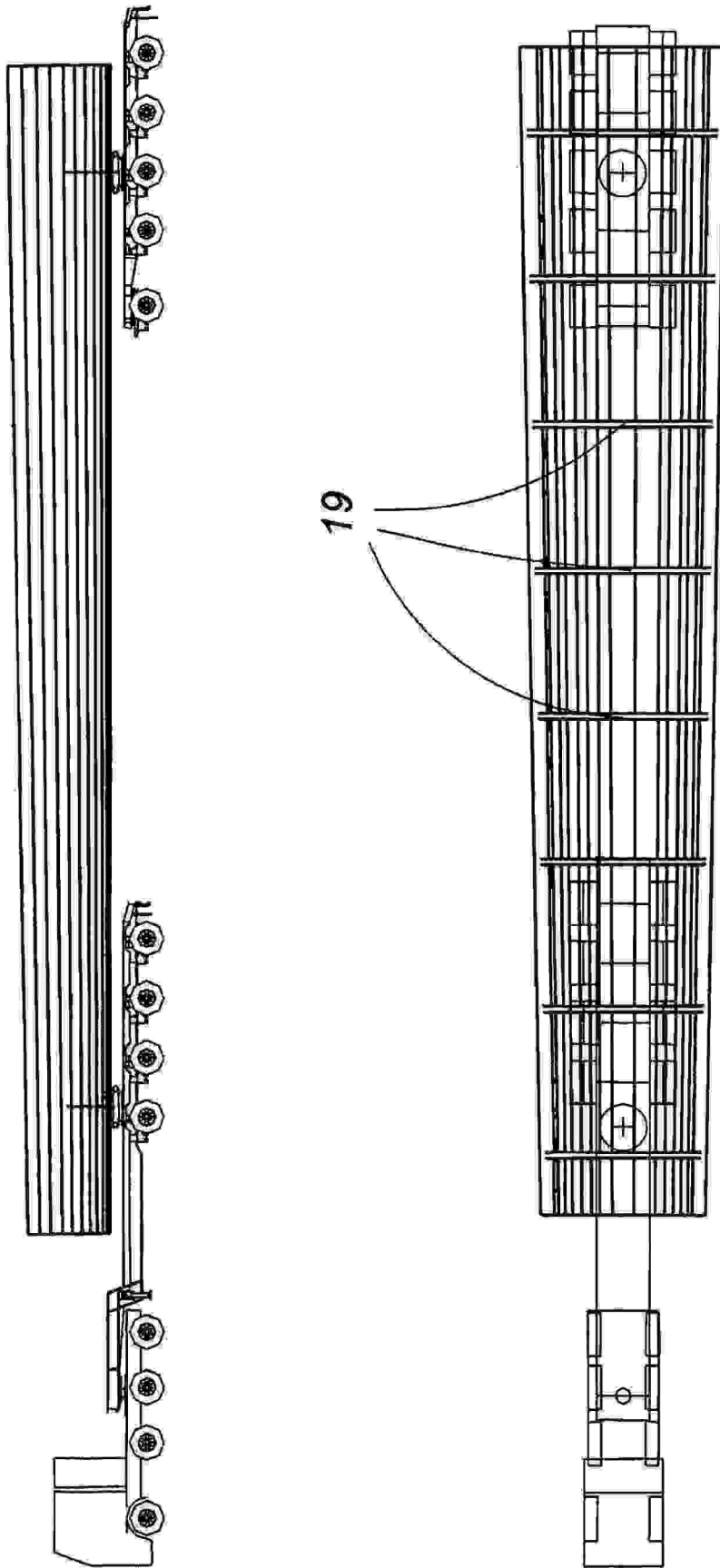


Fig. 18

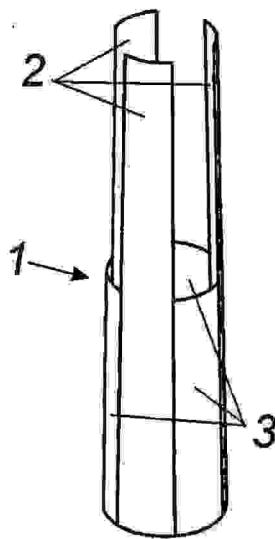


Fig. 19

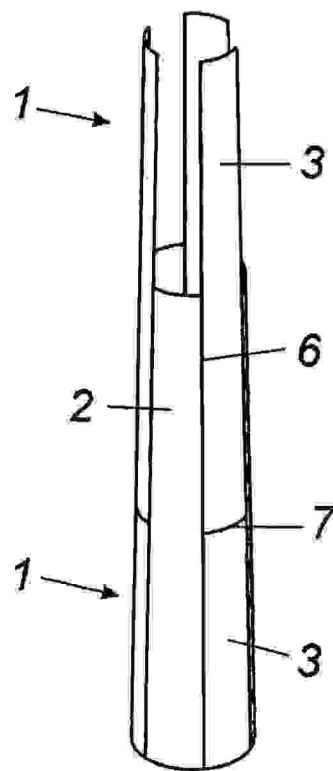


Fig. 20

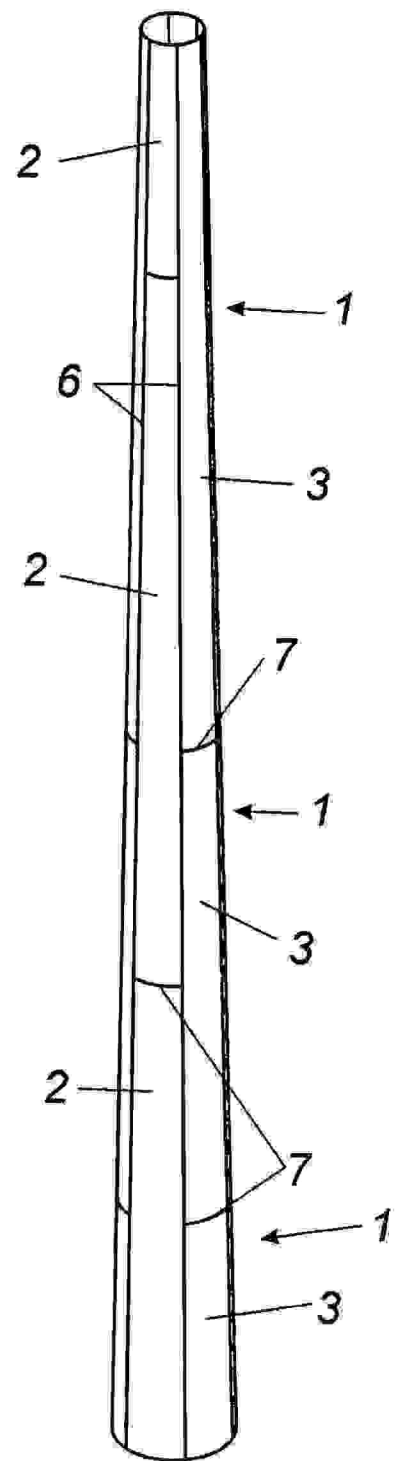
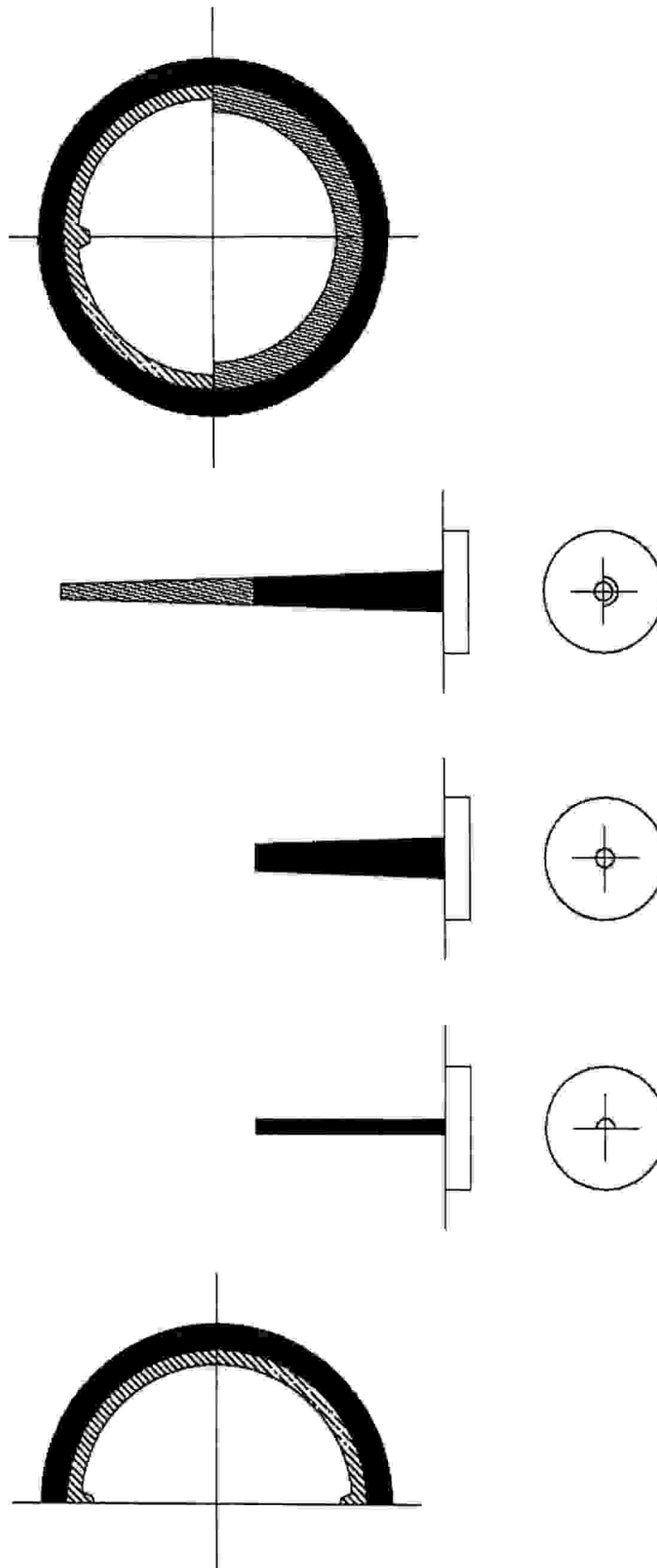


Fig. 21

**Fig.22**