



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

(11) PI 1101889-5 B1



* B R P I 1 1 0 1 8 8 9 B 1 *

(22) Data do Depósito: 20/04/2011

(45) Data de Concessão: 20/10/2020

(54) Título: SEÇÃO DE PAREDE PARA UMA TORRE DE TURBINA EÓLICA E TORRE DE TURBINA EÓLICA

(51) Int.Cl.: E04H 12/00; F03D 13/20; F03D 80/50.

(52) CPC: E04H 12/003; F03D 13/20; F03D 13/22; F03D 80/50.

(30) Prioridade Unionista: 21/04/2010 EP 10 160555.

(73) Titular(es): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT.

(72) Inventor(es): ABDERRAHIM AMDAA; JAN JACOBSEN; STEEN KIRKEGAARD JENSEN.

(57) Resumo: SEÇÃO DE PAREDE PARA UMA TORRE DE TURBINA EÓLICA E TORRE DE TURBINA. A presente invenção refere-se a uma seção de parede (101, 201) para uma torre de uma turbina eólica, a seção de parede compreendendo: uma borda interna (115,117;215,217) circundando uma abertura (113, 213) da seção de parede, uma protuberância (119,121,123,125; 219,221) projetando-se em uma direção de espessura da seção de parede e estendendo-se transversal (103,105; 203,205) à direção de espessura. Ainda é descrita uma torre de turbina eólica, compreendendo uma porção de parede de torre (127, 327); e uma seção de parede (101,201) de acordo com uma modalidade em que a seção de parede é conectada à porção de parede de torre em pelo menos uma porção de uma borda externa da seção de parede.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SEÇÃO DE PAREDE PARA UMA TORRE DE TURBINA EÓLICA E TORRE DE TURBINA EÓLICA**".

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a uma seção de parede para uma torre de turbina eólica e a uma torre de turbina eólica. Em particular, a presente invenção refere-se a uma seção de parede para uma torre de turbina eólica tendo uma protuberância para aumentar uma rigidez da torre de turbina eólica.

[002] Uma turbina eólica compreende uma torre, uma nacela montada em um topo da torre e um cubo conectado à nacela em que no cubo uma ou mais lâminas de rotor são montadas que transferem energia mecânica para um eixo de rotor conectado a um gerador. Em uma porção de fundo da torre, usualmente uma porta é proporcionada para obter acesso ao interior da torre para fins de manutenção. A porta requer uma abertura dentro da parede de torre de turbina eólica. A parede de torre de turbina eólica é feita, tipicamente, de um metal, tal como aço.

Técnica Antecedente

[003] WO 2006/050723 A1 divulga uma parte de torre para uma turbina eólica tendo uma abertura adequada para instalação de uma porta. A parte de torre tem uma espessura substancialmente uniforme e é mais espessa do que a espessura de um segmento de parede da torre na qual a parte de torre tendo a abertura é montada.

[004] WO 03/036085 A1 divulga uma unidade estrutural para construir uma torre de uma turbina eólica, em que a unidade estrutural tem uma abertura para acomodar uma porta e em que a unidade estrutural é formada, pelo menos parcialmente como parte fundida.

[005] Pode haver uma necessidade de uma seção de parede para uma torre de turbina eólica tendo uma abertura adequada para

acomodar uma porta que , ao mesmo tempo, proporciona rigidez e resistência estruturais suficientes a fim de não reduzir a resistência da torre de turbina eólica, quando a seção de parede é usada como uma parte de uma parte de fundo da torre de turbina eólica. Ainda, pode haver uma necessidade de uma seção de parede para uma torre de turbina eólica tendo um peso reduzido, mas proporcionando uma rigidez e uma resistência estruturais suficientes para ser adequada como uma porção de um envoltório de torre de turbina eólica.

Sumário da Invenção

[006] De acordo com uma modalidade, a seção de parede para uma torre de uma turbina eólica é proporcionada, em que a seção de parede compreende uma borda interna circundando uma abertura da seção de parede; e uma protuberância que se projeta em uma direção de espessura da seção de parede e se estendendo transversal à direção de espessura.

[007] A seção de parede pode ser configurada para formar uma porção de uma torre de turbina eólica ou uma porção de um envoltório de torre de turbina eólica, em particular em uma porção de fundo da torre de turbina eólica. A seção de parede se estende principalmente em duas direções laterais diferentes que são as direções da extensão máxima da seção de parede. A seção de parede se estende em uma direção de espessura transversal às duas direções laterais em uma quantidade muito menor, em que essa quantidade representa uma espessura da seção de parede. A espessura em particular pode estar entre 20 mm - 100 mm, em particular entre 20 mm e 75 mm, ainda em particular entre 30 mm e 50 mm. A extensão lateral em uma direção vertical pode estar entre 200 cm e 400 cm, em particular em torno de 300 cm e a extensão lateral na outra direção lateral, em particular em uma direção circunferencial da torre, pode estar entre 110 cm e 300 cm, em particular em torno de 250 cm.

[008] A seção de parede pode compreender uma borda externa compreendendo duas bordas externas verticais que se estendem na direção vertical e compreendendo duas bordas externas circunferenciais que se estendem ao longo da direção circunferencial da torre de turbina eólica. Em uma porção central da seção de parede uma abertura é proporcionada, a qual é circundada por uma borda interna da seção de parede. A borda interna pode compreender duas porções de bordas internas verticais que se estendem ao longo da direção vertical e uma borda interna superior e uma borda interna inferior, delimitando a abertura em um lado superior e lado inferior, respectivamente. A borda interna superior bem como a borda interna inferior podem ter uma forma curvada (em particular um segmento de um círculo) ou pode ter uma forma reta.

[009] Ainda, de acordo com uma modalidade, a seção de parede pode compreender furos de ventilação para ventilação, em que um número de furos de ventilação na seção de parede pode estar entre 1 e 20, em particular entre 1 e 10, mais em particular entre 1 e 3 ou mais. O(s) furo(s) de ventilação pode(m) ter um tamanho menor do que a abertura.

[0010] A abertura pode ser configurada para acomodar uma porta. A abertura pode ser dimensionada para permitir que uma pessoa atravesse a abertura (por exemplo, o vão da porta) em uma posição vertical. De acordo com outra modalidade, um tamanho da abertura pode depender da aplicação. O tamanho, por exemplo, pode ser grande o bastante para distribuir grandes componentes (em particular, entre 2 m e 10 m de extensão ou entre 2 m e 5 m de extensão) no interior da torre de turbina através dessa abertura ou conduzir esses componentes para fora da turbina através dessa abertura.

[0011] A seção de parede pode compreender elementos de montagem para a montagem de uma porta.

[0012] A protuberância pode ser formada como uma nervura, um abaulamento ou uma estrutura de suporte geral aplicada à seção de parede. A protuberância pode ser projetada para aumentar a resistência ou rigidez estruturais da seção de parede. Desconsiderando a protuberância, a seção de parede pode ter uma espessura uniforme. A protuberância pode proporcionar um reforço ou um suporte da seção de parede, tal como para compensar uma resistência reduzida devido à abertura em uma parte central da seção de parede. Desse modo, a seção de parede é bem adequada para ser usada como uma porção de envoltório para uma torre de turbina eólica sem afetar adversamente a rigidez e a resistência estruturais da torre de turbina eólica.

[0013] A protuberância pode ter uma espessura e/ ou uma largura de 1 mm a 200 mm, em particular, 20 mm - 60 mm, em particular, 30 mm- 50 mm, em particular, cerca de 40 mm. A protuberância pode compreender, em particular, um metal, como aço. A protuberância pode ser fixada à seção de parede, tal como pelo uso de parafusos ou através de soldagem. De acordo com outras modalidades, abertura (a uma ou mais protuberâncias) é formada integralmente com a seção de parede, tal como através de fundição da seção de parede, incluindo a protuberância. A abertura pode ser cortada após a fundição da seção de parede. De modo alternativo, a seção de parede pode compreender uma etapa de fabricação de laminação de um metal, curvatura do metal e montagem da protuberância no metal em faixa. Assim, os custos de fabricação podem ser reduzidos, ao mesmo tempo proporcionando uma seção de parede adequada para a integração em uma torre de turbina eólica.

[0014] De acordo com uma modalidade, a geometria, o material, o tamanho e a disposição da protuberância podem ser derivados de cálculos computacionais de modelação.

[0015] De acordo com uma modalidade, a protuberância se estende transversal à direção de espessura, paralela a uma porção da borda interna e/ ou paralela a uma porção de uma borda externa da seção de parede. Desse modo, a protuberância pode proporcionar um reforço de nervura circunferencial (horizontal) e pode também proporcionar um reforço de nervura vertical e/ ou reforço diagonal da seção de parede. Em particular, a protuberância pode ser disposta espaçada da borda externa da seção de parede e pode ser disposta também espaçada da borda interna da seção de parede. A protuberância pode ser disposta, por exemplo, entre a borda externa da seção de parede e a borda interna da seção de parede. Assim, a rigidez e a resistência da seção de parede podem ser aperfeiçoadas e aumentadas, sem aumentar a espessura global da seção de parede, reduzindo, assim, o peso da seção de parede e também reduzindo os custos da seção de parede.

[0016] De acordo com uma modalidade, a protuberância se estende longitudinalmente entre uma porção de uma borda externa e uma porção de uma borda interna da seção de parede. Em particular, a protuberância pode se estender até a porção da borda externa e/ ou até a porção da borda interna da seção de parede. Desse modo, a protuberância pode se estender por todo o caminho da porção da borda externa até a porção da borda interna. Desse modo, especialmente na região da abertura ou em uma região que circunda a abertura, a seção de parede é reforçada, vantajosamente pela protuberância, a fim de aumentar sua resistência.

[0017] De acordo com uma modalidade, a protuberância se estende longitudinalmente entre uma porção de uma borda externa da seção de parede e outra porção da borda externa oposta à porção da borda externa da seção de parede. Em particular, a protuberância pode se estender por todo o caminho da porção da borda externa da

seção de parede até a outra porção da borda externa oposta à porção da borda externa da seção de parede. Desse modo, a protuberância pode se estender através de toda a extensão lateral da seção de parede em ambas as direções laterais, isto é, a direção vertical e a direção circunferencial (horizontal). Em outras modalidades, a protuberância não se estende através de toda a extensão lateral da seção de parede, mas se estende até cerca de 60 - 80% da extensão lateral entre a porção da borda externa e a outra porção da borda externa da seção de parede. Desse modo, um peso pode ser reduzido e ao mesmo tempo áreas em particular, em torno da abertura, podem ser reforçadas, para aumentar sua rigidez e resistência.

[0018] De acordo com uma modalidade, a seção de parede ainda compreende uma outra protuberância disposta entre a abertura e uma porção lateral circunferencial de uma borda externa, entre a abertura e uma porção verticalmente superior da borda externa e/ ou entre a abertura e uma porção verticalmente inferior da borda externa. Em particular, a protuberância adicional pode proporcionar reforço adicional da seção de parede. Em particular, a protuberância adicional pode circundar a abertura para suportar efetiva e estruturalmente a seção de parede, especialmente dentro das regiões que circundam a abertura.

[0019] Uma ou mais protuberâncias adicionais podem ser proporcionadas se projetando em uma direção de espessura da seção de parede e se estendendo na direção vertical, na direção circunferencial e/ ou em uma direção entre a direção circunferencial e a direção vertical.

[0020] De acordo com uma modalidade, a espessura da seção de parede aumenta da borda externa em direção à borda interna da seção de parede (e, desse modo, em direção à abertura). Desse modo, a espessura da seção de parede é determinada sem levar em

conta a espessura da protuberância que se projeta na direção de espessura. Assim, a espessura da protuberância não conta para determinar a espessura da seção de parede nessa definição. O aumento da espessura da borda externa em direção à borda interna da seção de parede pode importar em 50 - 200%, em particular em 55 - 150%. Desse modo, a espessura da seção de parede na borda externa pode importar em cerca de 10 mm - 70, em particular 20 mm - 50 mm, mais em particular 25 mm a 40 mm, em particular cerca de 32 mm e a espessura da seção de parede na borda interna pode importar em 10 mm a 150 mm, em particular 75 mm -125 mm, em particular em torno de 100 mm. Desse modo, a espessura pode aumentar da borda externa até a borda interna por um fator de 1,5 a 4, em particular de 2 a 3,5, em particular em torno de 3. Assim, a rigidez e a resistência estruturais da seção de parede podem ser aperfeiçoadas, sem requerer o aumento da espessura global da seção de parede de maneira uniforme através de toda a área da seção de parede, sem prejudicar a resistência estrutural.

[0021] A seção de parede fundida pode ter uma espessura de placa que pode aumentar em torno da abertura para criar rigidez que foi perdida devido à abertura. Através do aumento da espessura da placa pouco a pouco pode ser explorado que um grande momento de inércia do invólucro interno em todas as direções pode ser gerado com pouco material, em que esse grande momento de invólucro interno é concentrado especialmente em torno da abertura.

[0022] De acordo com uma modalidade, a seção de parede compreende uma superfície convexa e uma superfície côncava, em que a protuberância é disposta na superfície côncava. A superfície côncava pode ser a superfície que proporciona uma porção de uma superfície interna da torre de turbina eólica montada. Dispor a protuberância na superfície côncava pode resultar em uma rigidez e

uma resistência estruturais acentuadas comparando com a disposição da protuberância na superfície convexa.

[0023] De acordo com uma modalidade, a seção de parede tem uma forma de um segmento de cilindro ou um segmento de cone. Em particular, a seção de parede pode ter pelo menos, aproximadamente, uma forma de um segmento de cilindro ou um segmento de cone. Desse modo, a seção de parede pode ser inserida facilmente em um invólucro de torre de turbina eólica. O cilindro pode ter um diâmetro de 200 cm - 800 cm, em particular 350 cm - 450 cm de acordo com uma modalidade.

[0024] De acordo com uma modalidade, a seção de parede compreende um metal fundido. A seção de parede pode ser montada a partir de um número de partes de metal fundido ou pode ser fabricada como uma estrutura de metal fundido integralmente formada. Assim, é possível simplificar o processo de fabricação, uma vez que a seção de parede não deve ser montada a partir de um número de partes que tenham que ser fixadas uma na outra. A seção de parede fundida pode ter uma forma adequada como uma porção de invólucro de uma torre de turbina eólica e tendo uma forma tal que uma protuberância é formada projetando-se na direção de espessura da seção de parede.

[0025] De acordo com uma modalidade, o metal fundido compreende aço, em particular aço GS-20Mn5V de acordo com o padrão DIN 17182 ou aço tendo pelo menos propriedades aproximadamente iguais ao aço GS-20Mn5V ou aço tendo propriedades pelo menos aproximadamente, iguais às do aço S355. Desse modo, a seção de parede fabricada de aço fundido pode ser soldável completamente a outros segmentos de parede da torre de turbina eólica. De acordo com uma modalidade, o metal fundido compreende aço tendo propriedades inferiores às do aço antes

mencionado.

[0026] De acordo com uma modalidade, a seção de parede ainda compreende pelo menos um (ou mais, em particular 1 a 10) furo adaptado para passagem de ar.

[0027] De acordo com uma modalidade, uma torre de turbina eólica é proporcionada compreendendo uma modalidade de uma seção de parede conforme descrito acima e compreendendo uma porção de parede de torre, em que a seção de parede é conectada à porção de parede de torre em pelo menos uma porção de uma borda externa da seção de parede. Através da conexão da seção de parede à porção de parede de torre pelo menos uma porção de fundo da torre de turbina eólica pode ser montada. A borda externa da seção de parede pode compreender porções que se estendem na direção vertical e porções que se estendem na direção horizontal (circunferencial). A direção vertical pode ser pelo menos aproximadamente paralela a um eixo geométrico de simetria da torre de turbina eólica. A direção circunferencial pode ser pelo menos aproximadamente perpendicular à direção vertical. Através do uso da seção de parede dentro de uma parede de torre de turbina eólica ou invólucro de torre de turbina eólica, a torre de turbina eólica pode ser fabricada de maneira simples ao mesmo tempo em que reduz os custos.

[0028] De acordo com uma modalidade, a porção de parede de torre é conectada à seção de parede por meio de soldagem. A soldagem pode ser realizada para conectar pelo menos uma porção da borda externa da seção de parede a uma borda da porção de parede de torre. Através de soldagem, uma conexão suficientemente forte entre a porção de parede de torre e a seção de parede pode ser proporcionada sem requerer elementos de montagem adicionais. Em uma modalidade, a porção de parede é conectada à seção de parede

usando parafusos ou porcas. De acordo com uma modalidade, a protuberância é adaptada para compensar uma redução de uma resistência da torre devido à abertura na seção de parede. Em particular, a redução da resistência pode ser compensada por pelo menos (por exemplo, dependendo da capacidade da turbina eólica) 50%, em particular 75%, mais em particular 90%, mais em particular 100%, através do fornecimento da protuberância na seção de parede. De acordo com outras modalidades, a resistência da torre deve mesmo ser acentuada (em particular, em mais de 10%) comparando com uma torre não tendo a seção de parede através do fornecimento da seção de parede tendo a protuberância em uma parte inferior da torre. Desse modo, a torre pode ser posicionada em um ambiente bruto, tendo alta velocidade do vento.

[0029] De acordo com uma modalidade um método de fabricação para fabricar uma torre de turbina eólica é proporcionado, em que o método compreende a fabricação de uma seção de parede para uma torre de turbina eólica, a seção de parede compreendendo uma borda interna circundando uma abertura da seção de parede; e uma protuberância se projetando em uma direção de espessura da seção de parede e se estendendo transversal à direção de espessura e instalação e montagem da seção de parede em uma porção de parede de torre.

[0030] Tem que ser notado que modalidades da invenção foram descritas com referência às diferentes matérias. Contudo, uma pessoa habilitada na técnica obterá da descrição acima e da seguinte que, a menos que de outro modo notificado, além de qualquer combinação de aspectos pertencentes a um tipo dessa matéria em questão também qualquer combinação entre aspectos referentes às diferentes matérias em questão é considerada quanto a ser divulgada com este documento.

[0031] Os aspectos definidos acima e outros aspectos da presente invenção são evidentes dos exemplos de modalidade a serem descritos aqui depois e são explicados com referência aos exemplos de modalidade. A invenção será descrita em mais detalhes aqui depois com referência aos exemplos de modalidade, mas aos quais a invenção não está limitada.

Breve Descrição dos Desenhos

[0032] Modalidades da presente invenção são agora descritas com referência aos desenhos anexos.

[0033] A figura 1A mostra esquematicamente uma vista lateral de uma seção de parede para uma torre de turbina eólica de acordo com uma modalidade.

[0034] A figura 1B mostra, esquematicamente, uma vista de topo seccional transversal de uma torre de turbina eólica com uma seção de parede inserida de acordo com uma modalidade;

[0035] As figuras 2A, 2B e 2C ilustram, esquematicamente, uma vista lateral de uma seção de parede para uma torre de turbina eólica e vistas seccionais transversais da seção de parede de acordo com uma modalidade;

[0036] A figura 3 mostra, esquematicamente, uma porção de uma torre de turbina eólica, tendo inserida uma seção de parede para uma torre de turbina eólica de acordo com a modalidade ilustrada nas figuras 2A, 2B e 2C em uma vista em perspectiva; e

[0037] As figuras 4A e 4B ilustram seção de parede para uma torre de turbina eólica de acordo com outra modalidade.

Descrição Detalhada

[0038] A ilustração no desenho é esquematicamente. É notado que em diferentes figuras, elementos similares ou idênticos são dotados dos mesmos sinais de referência ou com sinais de referência que são diferentes dos sinais de referência correspondentes apenas

dentro do primeiro dígito.

[0039] A figura 1A mostra, esquematicamente, uma vista lateral de uma seção de parede 101 para uma torre de turbina eólica de acordo com uma modalidade. Na modalidade ilustrada, a seção de parede é uma parte de metal fundido formada integralmente, a qual compreende aço GS-20Mn5V de acordo com o padrão DIN 17182. Esse aço tem propriedades similares às propriedades de material do aço S355, tendo um módulo de Young de $2,1 \times 10^5$ MPa, relação de Poisson de 0,3, uma densidade de $7,85 \times 10^{-6}$ kg/mm³, limite de elasticidade de 355 MPa e coeficiente parcial para o aço de 1,2.

[0040] A seção de parede 101, ilustrada na figura 1A, compreende uma estrutura semelhante à placa que se estende em uma direção vertical 103 e em uma direção horizontal 105. A seção de parede 101 tem duas bordas externas verticais 107 e borda horizontal superior 109 e uma borda horizontal inferior 111. Em uma porção central da seção de parede 101, uma abertura 113 é proporcionada tendo um tamanho apropriado para permitir a uma pessoa atravessar a abertura 113. A abertura é circundada por duas bordas internas verticais 115 da seção de parede 101 e duas bordas internas horizontais 117 da seção de parede 101.

[0041] Uma direção de espessura da seção de parede 101 se estende perpendicular ao plano de desenho da figura 1A. Uma extensão da seção de parede 101 na direção horizontal 105 pode depender da aplicação e pode, por exemplo, estar entre 100 cm e 500 cm, em particular entre 200 cm e 300 cm ou pode ter um tamanho diferente. Uma extensão da seção de parede 101 na direção vertical 103 pode estar entre 250 cm e 350 cm. A espessura da seção de parede na direção de espessura perpendicular às direções 103 e 105 pode ser 20 mm - 150 mm, em particular, 30 mm - 100 mm. De acordo com uma modalidade, a espessura da seção de parede

(desconsiderando qualquer protuberância proporcionada na seção de parede) é uniforme através de toda a seção de parede e tem uma espessura de 30 mm - 50 mm. De acordo com outra modalidade, a espessura (desconsiderando qualquer protuberância) varia através da extensão na direção vertical 103 e na direção horizontal 105, em que, em particular, a espessura da seção de parede aumenta das bordas externas 107, 109, 111 em direção às bordas internas 115, 117 da seção de parede 101. As bordas externas 107, 109, 111 são bordas retas. Também, as bordas internas 115, 117 compreendem porções retas, mas compreendem também porções arredondadas em posições onde as bordas 115, 117 que se estendem perpendiculares uma à outra são unidas.

[0042] Para aumentar a resistência da seção de parede 101, a seção de parede inclui um número de protuberâncias 119, 121, 123 e 125. As protuberâncias se projetam em uma direção de espessura, isto é, perpendicular ao plano de desenho da figura 1A da seção de parede, assim, formando nervuras de reforço. As protuberâncias 119, 125 se estendem em uma direção vertical 103, enquanto as protuberâncias 121, 123 se estendem na direção horizontal 105. Em particular, as protuberâncias 121, 123 se estendem na direção horizontal 105. Em particular, as protuberâncias 119 se estendem entre a borda externa horizontal superior 109 e a borda externa horizontal inferior 11 da seção de parede 101. As protuberâncias 125 se estendem das bordas internas horizontais 117 em direção à borda externa superior horizontal 109 e a borda externa inferior horizontal 111 da seção de parede. As protuberâncias 121 são dispostas acima e abaixo da abertura 113 e se estendem entre as bordas externas verticais 107, em que sua extensão importa em cerca de 80% de toda a extensão da seção de parede na direção horizontal 105. As protuberâncias 123 se estendem das bordas internas verticais 115 em

direção às bordas externas verticais 107, mas não alcançam toda a distância entre as bordas externas verticais e as bordas internas verticais, mas apenas cerca de 70% a 90%. As protuberâncias podem ser consideradas como nervuras ou abaulamentos que aumentam a estabilidade mecânica da seção de parede 101 em particular, elas proporcionam um reforço para aumentar a resistência da seção de parede 101.

[0043] A figura 1B mostra esquematicamente uma vista de topo seccional transversal da seção de parede 101 ilustrada na figura 1A, quando integrada em uma torre de turbina eólica 126. A porção de torre de turbina eólica 127 é um segmento de um cilindro tendo uma seção transversal circular. O diâmetro do cilindro pode importar em 350 cm a 450 cm. A espessura "a" do segmento de cilindro 127 pode ser 30 mm - 40 mm. O segmento de cilindro 127 pode ser formado de aço laminado.

[0044] A seção de parede 101 é soldada ao segmento de cilindro 127 nas bordas externas verticais 107. Como pode ser visto na figura 1B, as protuberâncias 119, 125 da seção de parede 101 são formadas na superfície côncava 129 da seção de parede 101. A superfície côncava 129 representa uma porção de uma superfície interna da torre de turbina eólica 126. Como pode ser visto da figura 1B, a espessura "d" da seção de parede 101 é uniforme quando desconsiderando a espessura das protuberâncias 119, 125.

[0045] Outras modalidades podem compreender protuberâncias adicionais em posições diferentes e se estendendo em direções diferentes das protuberâncias 119, 121, 123 e 125.

[0046] De acordo com uma modalidade, a seção de parede 101 não é uma parte de metal fundido formada integralmente, mas é fabricada por meio de laminação de aço, curvatura do aço e montagem das nervuras na placa de aço curvada.

[0047] A figura 2A mostra esquematicamente uma vista lateral de uma seção de parede 201 de acordo com uma modalidade. As dimensões da seção de parede 201 são dadas na figura em unidades de mm. A abertura 213 é delimitada por duas bordas internas que se estendem verticalmente 215, tendo uma forma reta e duas bordas internas 217 tendo uma forma de um segmento de círculo tendo um raio de 611,4 mm. Essa forma arredondada particular aumenta a estabilidade da seção de parede 201. Diferente da modalidade ilustrada na figura 1A, a seção de parede 201 ilustrada na figura 2A compreende apenas quatro protuberâncias 219 e 221 substancialmente circundando a abertura 213. Outras modalidades incluem um número maior de protuberâncias para a seção de parede 201.

[0048] Uma diferença da modalidade de uma seção de parede 201 ilustrada na figura 2A para a modalidade de uma seção de parede 101 ilustrada na figura 1A e a figura 1B é que a seção de parede 201 ilustrada nas figuras 2A, 2B tem uma espessura variável através da direção vertical 203 e da direção horizontal 205, de modo que a espessura na direção de espessura perpendicular ao plano de desenho da figura 2A aumenta das bordas externas 207, 209 e 211 em direção às bordas internas 215 e 217 da seção de parede 201. O perfil da seção de parede 201 é evidente das figuras 2B e 2C, mostrando vistas seccionais transversais. É evidente que a espessura aumenta de 32 mm na borda externa 209 a 100 mm na borda interna 217. Também, como é evidente da figura 2C, a espessura da seção de parede aumenta de 40 mm na borda externa vertical 207 monotonicamente para 102 mm na borda interna 215 verticalmente. Assim, a rigidez e a resistência estruturais da seção de parede 201 são aumentadas em comparação com uma seção de parede tendo uma espessura uniforme de 32 mm ou 40 mm. Ainda, as

protuberâncias 219 e 221 acentuam a resistência mecânica da seção de parede.

[0049] De acordo com uma modalidade, a uma ou mais protuberâncias podem ser aplicadas a uma superfície côncava da seção de parede 101 ilustrada na figura 1A e na figura 1B ou da seção de parede 201 ilustrada nas figuras 2A, 2B e 2C.

[0050] A figura 3 ilustra esquematicamente uma porção de uma torre de turbina eólica 326 de acordo com uma modalidade. A torre de turbina eólica 326 compreende um segmento 327 proporcionando uma estrutura de parede ou uma estrutura de invólucro para a torre de turbina eólica. O segmento 327 pode ter uma forma semelhante a cone ou uma forma de cilindro. Para proporcionar acesso ao interior da torre de turbina eólica 326 para o pessoal da manutenção, uma seção de parede 201 ilustrada nas figuras 2A, 2B e 2C é soldada em suas bordas 207, 209 no segmento de torre 327. O pessoal da manutenção pode, então, entrar no interior da torre 326 via a abertura 213. A abertura 213 pode ser fechada por uma porta que pode ser conectada giravelmente à seção de parede 201 por elementos de montagem não ilustrados.

[0051] As figuras 4A e 4B mostram esquematicamente uma seção de parede 401 de acordo com outra modalidade. A seção de parede 401 é construída similarmente às seções de parede 101 e 201 ilustradas nas figuras 1 e 2, mas difere dessas modalidades pelo fato de que compreende protuberâncias 430 que são dispostas simetricamente a um eixo geométrico de simetria (eixo geométrico de espelho) 433, em que essas protuberâncias 430 são dispostas diagonalmente (isto é, em uma direção entre a direção vertical 403 e a direção horizontal 405). Desse modo, um ângulo de inclinação com a direção horizontal 405 pode estar entre 20° e 70° , em particular, entre 30° e 60° , em particular, em torno de 45° .

[0052] Pode ser visto na vista seccional transversal da figura 4B, a protuberância 430 se projeta por uma quantidade P da seção de parede 401, em que P pode importar em entre 30 mm e 80 mm, em particular, em torno de 60 mm. Ainda, a espessura t da seção de parede 401 e a protuberância são tamanho similar e pode importar em entre 30 mm a 50 mm, em particular, em torno de 40 mm. Uma borda entre a protuberância e a superfície externa da seção de parede é arredondada, tendo um raio R que pode importar até entre 30 mm e 50 mm, em particular 40 mm.

[0053] De acordo com uma modalidade, a geometria, os materiais de fabricação e outros parâmetros mecânicos da seção de parede são otimizados de modo que a torre de turbina eólica com a seção de parede inserida tem um momento de inércia que é igual ou maior do que o momento de inércia para a torre, sem a abertura. Em particular, as três resistências (deslocamento na direção horizontal e duas rotações em torno de outra direção horizontal e a direção vertical) podem ser usadas como restrições em uma simulação de otimização de topologia, otimização de geometria. Ainda, restrições de fundição podem ser levadas em conta, bem como restrições de simetria. Desse modo, a otimização da forma não é adaptada à mudança da resistência global da torre de turbina eólica. Em particular, a simulação pode ser realizada utilizando uma análise de elemento finito. Em particular, um efeito de uma força de cisalhamento pode ser analisado, bem como um efeito de um momento fletor, um efeito de um torque aplicado em torno da direção vertical e um efeito causado por carga de deformação. Em particular, falha de von Mises pode ser analisada para diferentes esboços de desenhos, a fim de selecionar o desenho da seção de parede mostrando o melhor desempenho.

[0054] Deve ser notado que o termo "compreendendo" não exclui outros elementos ou etapas e "um" ou "uma" não exclui a pluralidade.

Também elementos descritos em associação com diferentes modalidades podem ser combinados.

REIVINDICAÇÕES

1. Seção de parede (101, 201) para uma torre de uma turbina eólica, a seção de parede (101, 201) compreendendo,

- uma borda interna (115, 117; 215, 217) circundando uma abertura (113, 213) da seção de parede (101, 201);

- uma protuberância (119, 121, 123, 125; 219, 221) projetando-se em uma direção de espessura da seção de parede (101, 201) e estendendo-se transversal (103, 105, 203, 205) à direção de espessura,

caracterizada pelo fato de que a protuberância (123, 125) se estende longitudinalmente entre uma porção de uma borda externa e uma porção da borda interna (115, 117; 215, 217) da seção de parede (101, 201).

2. Seção de parede, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a protuberância (119, 121, 123, 125; 219, 221) se estende transversal à direção de espessura, paralela a uma porção da borda interna (115, 117; 215, 217) e/ ou paralela a uma porção de uma borda externa (107, 109, 111; 207, 209, 211) da seção de parede (101, 201).

3. Seção de parede, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que a protuberância (119, 121, 219, 221) se estende longitudinalmente entre uma porção de uma borda externa da seção de parede (101, 201) e outra porção da borda externa oposta à porção da borda externa da seção de parede (101, 201).

4. Seção de parede, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizada pelo fato de que a seção de parede (101, 201) compreende uma protuberância (119, 121, 123, 125; 219, 221) adicional disposta entre a abertura e uma porção lateral circunferencial de uma borda externa, entre a abertura e uma porção verticalmente superior e/ ou entre a abertura e uma porção

verticalmente inferior da borda externa.

5. Seção de parede, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizada pelo fato de que uma espessura da seção de parede (101, 201) aumenta de uma borda externa em direção à borda interna (115, 117; 215, 217) da seção de parede (101, 201).

6. Seção de parede, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizada pelo fato de que a seção de parede (101, 201) compreende uma superfície convexa (130) e uma superfície côncava (129), em que a protuberância (119, 121, 123, 125; 219, 221) é disposta na superfície côncava.

7. Seção de parede, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizada pelo fato de que a seção de parede (101, 201) tem uma forma de um segmento de cilindro.

8. Seção de parede, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizada pelo fato de que a seção de parede (101, 201) compreende um metal fundido.

9. Seção de parede, de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que o metal fundido compreende aço, em particular aço GS-20Mn5V de acordo com o padrão DIN 17182 ou aço tendo pelo menos propriedades aproximadamente iguais ao aço GS-20Mn5V ou aço tendo propriedades pelo menos aproximadamente, iguais às do aço S355.

10. Seção de parede, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizada por ainda compreender pelo menos um furo adaptado para a passagem de ar.

11. Torre de turbina eólica compreendendo,

- uma porção de parede de torre (127, 327); e

- uma seção de parede (101, 201) como definida em qualquer uma das reivindicações de 1 a 10,

caracterizada pelo fato de que a seção de parede (101, 201) é conectada à porção de parede de torre em pelo menos uma porção de uma borda externa da seção de parede (101, 201).

12. Torre de turbina eólica, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que a porção de parede de torre é conectada à seção de parede (101, 201) por meio de soldagem.

13. Torre de turbina eólica, de acordo com a reivindicação 11 ou 12, caracterizada pelo fato de que a protuberância (119, 121, 123, 125; 219, 221) é adaptada para compensar uma redução de uma resistência da torre devido à abertura na seção de parede (101, 201).

FIG 1A

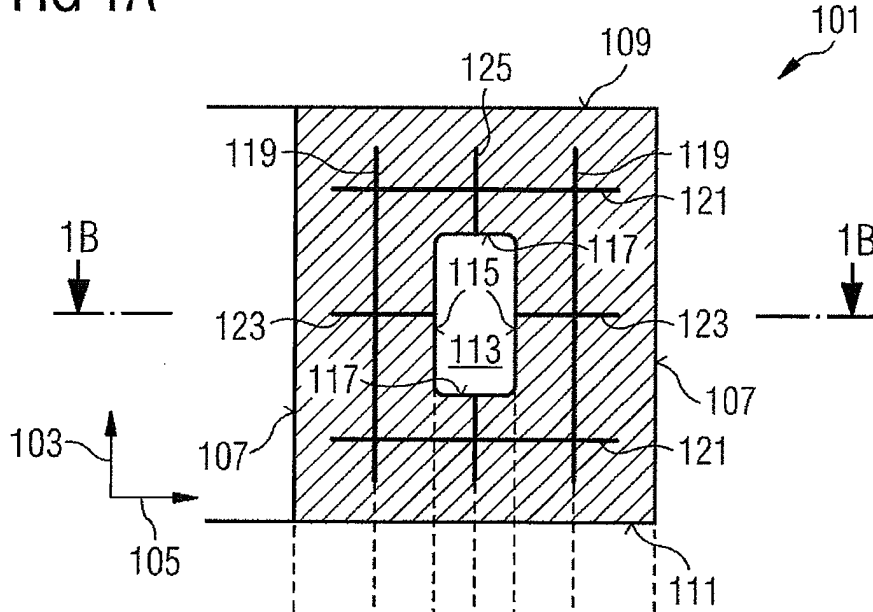


FIG 1B

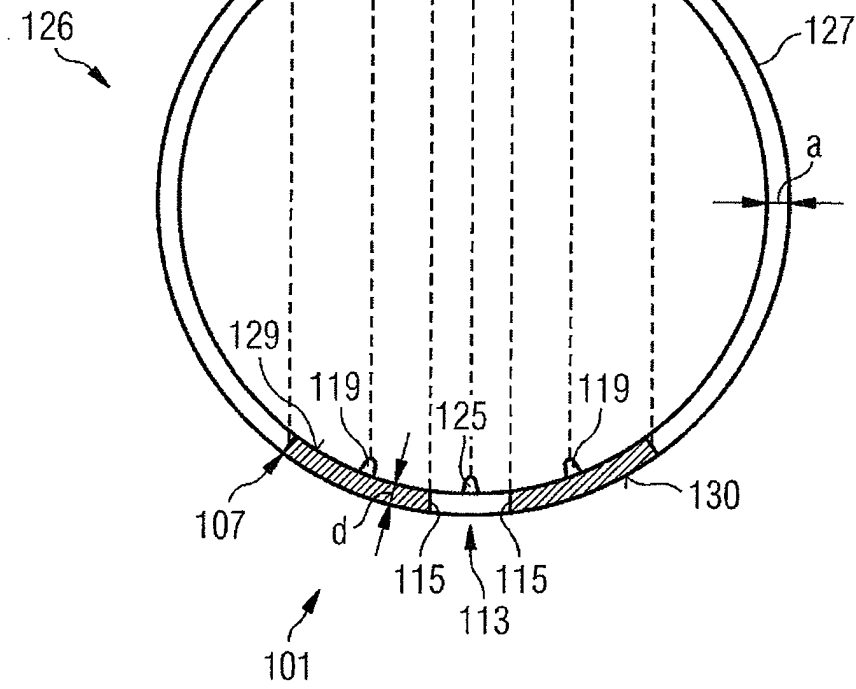


FIG 2A

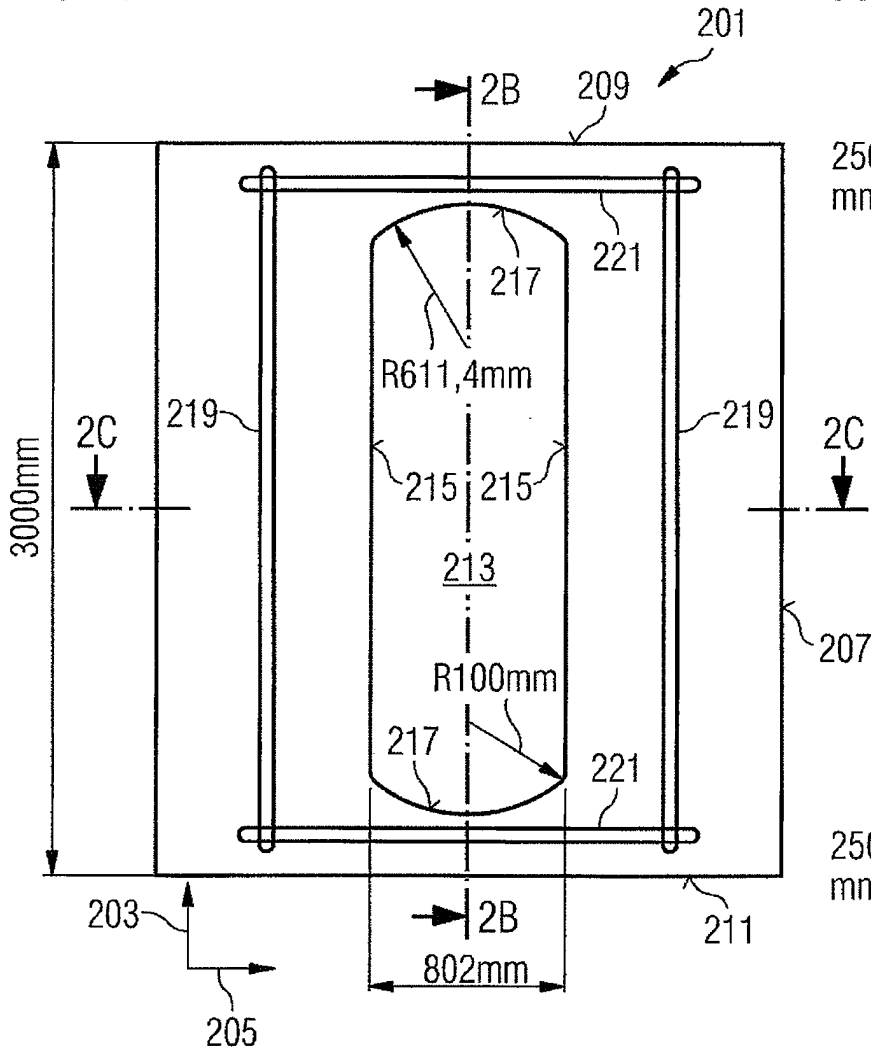


FIG 2B

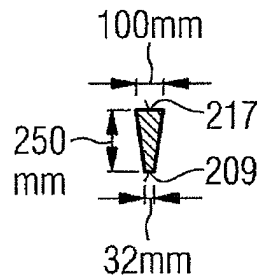
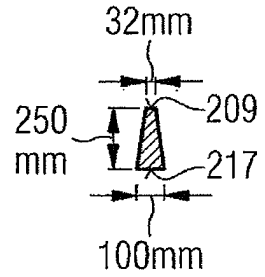


FIG 2C

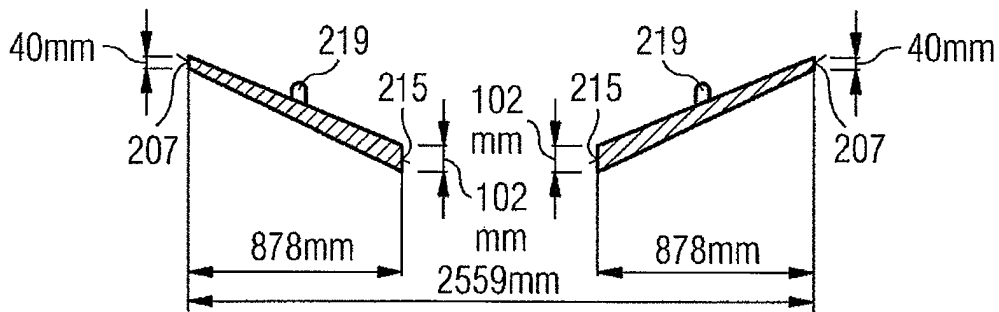


FIG 3

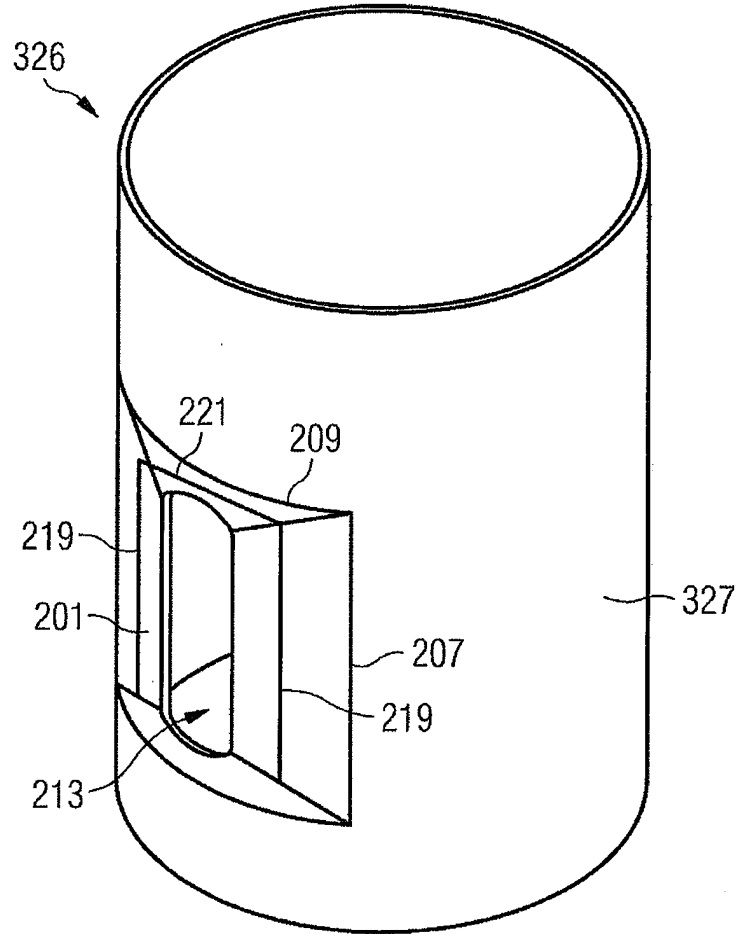


FIG 4A

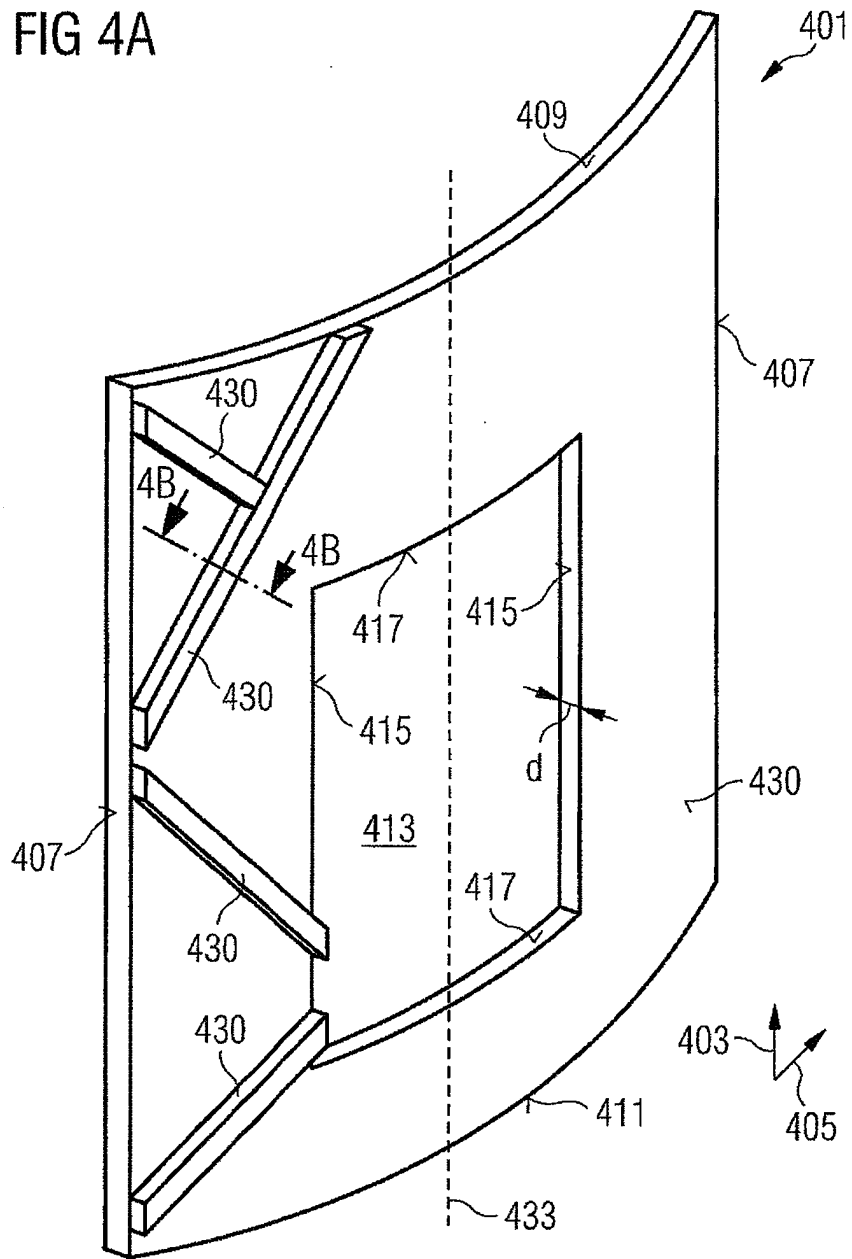


FIG 4B

