



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

(21) BR 132015028527-1 E2



(22) Data do Depósito: 13/11/2015

(43) Data da Publicação Nacional: 04/12/2018

(54) Título: TORRE DE MATERIAIS ESTRUTURAIS E MÉTODO DE MONTAGEM

(51) Int. Cl.: E04H 12/18.

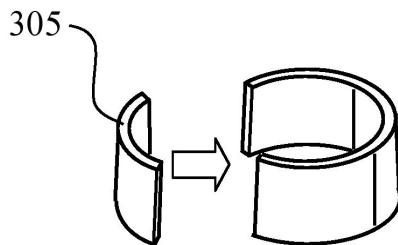
(52) CPC: E04H 12/182.

(71) Depositante(es): PROACQUA CONSTRUÇÕES E COMÉRCIO LTDA; PROTENDE SISTEMAS E MÉTODOS DE CONSTRUÇÕES LTDA..

(72) Inventor(es): CRISTIANO FERREIRA DE SÁ; MARCOS ONISHI; DANIEL MASSASHI KAKO; PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO.

(61) Pedido original do CA: BR102015002142-9 - 30/01/2015

(57) Resumo: TORRE DE MATERIAIS ESTRUTURAIS E MÉTODO DE MONTAGEM refere-se a desenvolvimento relativo a sistemas de geração eólica de energia elétrica e, mais particularmente, às torres de sustentação das turbinas movidas pela ação do vento, ditas torres sendo fabricadas em materiais estruturais de acordo com técnicas de construção civil, ditos materiais estruturais compreendendo preferencialmente o concreto e as estruturas metálicas em aço, formadas por segmentos-de-torre telescópicos superpostos, compreendendo um segmento-de-torre inferior (304) e um segmento-de-torre superior (302) com altura maior do que o segmento-de-torre inferior, o ponto de apoio do segmento-de-torre superior sobre o segmento-de-torre inferior sendo constituído por um nó estrutural duplo de comportamento reverso, que compreende faixas anulares espessas de material estrutural, situadas nas extremidades de ligação dos segmentos-de-torre, faixas essas ligadas e solidarizadas entre si.



TORRE DE MATERIAIS ESTRUTURAIS E MÉTODO DE MONTAGEM

Pedido de Certificado de Adição ao Pedido de Patente de Invenção BR 10 2015 002142-9, intitulado "TORRE DE CONCRETO ESTRUTURAL E MÉTODO DE MONTAGEM", depositado em 30/01/2015.

Justificativa

[001] O presente pedido de certificado de adição refere-se a um desenvolvimento introduzido no objeto do pedido indicado acima, compreendendo sistemas de geração eólica de energia elétrica e, mais particularmente, torres de sustentação das turbinas movidas pela ação do vento, ditas torres sendo fabricadas em materiais estruturais de acordo com técnicas de construção civil, ditos materiais estruturais compreendendo preferencialmente o concreto e as estruturas metálicas em aço.

Estado da Técnica

[002] A geração eólica de energia elétrica é baseada no emprego de turbinas movidas pela ação do vento, montadas em naceles instaladas no topo de torres cujas alturas tendem a ser cada vez mais altas. O interesse pelo aumento da altura das torres decorre do fato de que a velocidade do vento aumenta com a sua distância do solo e que a potência gerada pelas turbinas eólicas varia com o cubo da velocidade do vento.

[003] Assim, as torres atualmente utilizadas têm alturas de 100 metros ou mais, podendo ser construídas com estruturas de concreto, com estruturas metálicas, ou com estruturas mistas, em que as partes mais elevadas são estruturas metálicas.

[004] Um fator que limita a altura das torres é o fato de que as técnicas conhecidas se baseiam na utilização de guindastes de grande porte e com grande capacidade de carga, com alturas superiores à própria altura a torre a ser construída, guindastes esses que inviabilizam economicamente o aumento da altura das torres, principalmente aquelas de concreto.

[005] O desenvolvimento se refere a modalidades construtivas alternativas que resultam numa economia no custo dos equipamentos auxiliares, bem como na possibilidade de construção de torres com alturas mais elevadas do que atualmente é praticado, bem como numa substancial economia do tempo necessário no local da montagem da torre.

[006] Segundo a invenção original, a torre é formada por uma pluralidade de segmentos-de-torre modulares telescópicos, montados in loco formando um conjunto (305) que compreende um primeiro segmento-de-torre base externo de maior diâmetro (302), segmentos-de-torre intermediários (303) de diâmetros menores que aquele e sucessivamente menores uns em relação aos outros e um último segmento-de-torre de topo (304) de menor diâmetro, todos dispostos uns dentro dos outros e concêntricos entre si.

[007] Cada segmento-de-torre é formado pelo empilhamento de anéis cilíndricos, cada um dos quais constituído por setores de superfícies cilíndricas que são dispostos de modo a formar ditos anéis, sendo tais setores unidos entre si e travados mediante protensão circular transversal. Por sua vez, os anéis empilhados

que formam cada segmento de torre são unidos por meio de protensão longitudinal.

[008] Uma vez montados todos os segmentos-de-torre, estes são sucessivamente içados por meio de *strand jacks*, os quais, segundo ilustrado esquematicamente na Fig. 5, apóiam-se no topo de cada segmento-de-torre. A solidarização entre cada segmento-de-torre inferior e aquele imediatamente superior é provida por nós duplos de comportamento reverso, formados por abas espessas providas nas extremidades dos segmentos-de-torre.

[009] Cada etapa de içamento termina quando o anel saliente inferior do segmento que foi içado fica justaposto ao anel reentrante no topo do segmento inferior, sendo então formado o nó duplo pela instalação de barras de emenda protendidas, (506) ancoradas na face inferior de dito anel inferior e na face superior de dito anel reentrante superior, como ilustrado na Fig. 5 do pedido original.

[010] O levantamento da torre é realizado em etapas, cuja soma representa um período de tempo considerável. Assim, por exemplo, para uma torre composta por 5 segmentos-de-torre, são necessárias quatro operações de içamento, como ilustrado na Fig. 8 do pedido original. A esse período deve-se adicionar o tempo gasto na montagem dos anéis no local da obra mediante a união dos setores, resultando um significativo consumo de horas de trabalho da equipe técnica.

Objetivos do Desenvolvimento Proposto

[011] O desenvolvimento técnico ora proposto visa simplificar o procedimento no local da obra, reduzindo etapas e, consequentemente, poupando tempo da equipe técnica envolvida. A nova configuração e constituição exigem um menor tempo de montagem mediante a redução do número de operações de levantamento e fixação dos segmentos-de-torre por meio de *strand jacks*.

[012] Com efeito, a prática demonstra que se requer um tempo considerável para a montagem de cada conjunto de meios de içamento, uma vez que é necessário dispor os cabos flexíveis de modo confiável e seguro, antes de serem acionados os respectivos *strand jacks*. Além disso, trata-se de operações demoradas, uma vez que é preciso que tais equipamentos trabalhem em sincronismo, de modo a manter a verticalidade e as folgas laterais do segmento-de-torre que estiver sendo levantado.

Descrição Resumida do Desenvolvimento Proposto

[013] Tendo em vista um melhor aproveitamento dos recursos técnicos e humanos disponíveis, o presente desenvolvimento técnico comprehende o provimento de uma torre constituída por dois segmentos-de-torre telescópicos superpostos, um primeiro segmento-de-torre inferior e um segundo segmento-de-torre superior, este com diâmetro menor do que o inferior sobre o qual se encontra apoiado, sendo tal ponto de apoio provido de meios de ligação e solidarização de ditos segmentos, de modo a formar

uma única estrutura, consistindo ditos meios em um nó estrutural duplo de comportamento reverso.

[014] Segundo outro aspecto do desenvolvimento ora proposto, ambos ditos segmentos-de-torre são montados no local da obra, mediante o empilhamento de elementos modulares unidos e solidarizados entre si por meio de protensão longitudinal (axial).

[015] De acordo com outro aspecto do desenvolvimento ora apresentado, o segundo segmento-de-torre, superior, possui comprimento maior do que o primeiro. Assim, ao serem montados concentricamente no local da obra, uma parte do segundo segmento-de-torre eleva-se acima da borda superior do primeiro segmento-de-torre.

[016] De acordo com outra característica do desenvolvimento proposto, a torre é armada mediante uma única operação de içamento do segundo segmento-de-torre, executada por guinchos de cordoalha (*strand jacks*) apoiados sobre a borda superior do primeiro segmento-de-torre, em processo similar àquele utilizado no pedido original.

Descrição das Figuras

[017] A modalidade construtiva objeto do desenvolvimento ora proposto poderá ser melhor entendida através das figuras que acompanham o presente pedido de certificado de adição, nas quais:

[018] A figura C-1 mostra o segundo segmento-de-torre apoiado sobre o solo.

[019] A figura C-2 mostra o primeiro segmento-de-torre ao término de sua montagem, envolvendo o segundo segmento-de-torre.

[020] A figura C-3 mostra o cavalete auxiliar montado no topo do segundo segmento-de-torre, o qual será utilizado para o içamento dos elementos relacionados com a geração de energia elétrica.

[021] A figura C-4 mostra a nacelle que contém o gerador e circuitos associados após seu içamento e posicionamento no topo do segundo elemento-de-torre.

[022] A figura C-5 mostra a torre já armada mediante o içamento do segundo segmento-de-torre e sua junção com o primeiro segmento-de-torre que lhe dá apoio.

[023] A figura C-6 mostra o detalhe do nó duplo de comportamento reverso na junção de ditos segmentos-de-torre. Nesta figura omitiram-se, a bem da clareza, os elementos de protensão.

[024] A figura C-7 mostra o içamento da hélice por meio do cavalete auxiliar.

[025] A figura C-8 mostra o conjunto completo com a hélice já colocada em sua posição definitiva e ligada ao eixo do gerador na nacelle.

[026] A figura C-9 mostra detalhe construtivo de cada aduela, formada por setores tronco-cônicos.

Descrição Detalhada do Desenvolvimento

[027] Fazendo referência, agora, à Fig. C-1, o segundo segmento-de-torre 302 é formado pela superposição de uma pluralidade de aduelas 301 de concreto, de forma tronco-cônica e unidas entre si por meio de protensão longitudinal, de modo a formar um conjunto solidário. Essa figura ainda mostra uma faixa anular espessa 303 que se projeta para fora da parede do segmento-de-torre 303, situada na extremidade inferior deste, a qual irá fazer parte do nó estrutural duplo de comportamento reverso, quando a torre for armada.

[028] A Fig. C-2 mostra o primeiro segmento-de-torre 304 já montado e contendo no seu interior o segundo segmento-de-torre, cuja extremidade superior sobressai acima do topo do primeiro segmento de torre. Essa porção sobressalente 311 pode medir entre 3 e 15 metros, dependendo dos detalhes do projeto, e nela está provido um furo passante horizontal 312 que será utilizado para suporte de um equipamento de içamento, como será descrito mais adiante.

[029] De acordo com o ilustrado na Fig. C-2, o segmento-de-torre inferior pode estar estruturado de modo similar àquele adotado no pedido de invenção original, ou seja, constituído por uma pluralidade de aduelas tronco-cônicas sobrepostas. De acordo com o detalhe ilustrativo da Fig. C-9, cada aduela é formada por setores tronco-cônicos 305 unidos pelas bordas verticais e solidarizados mediante protensão transversal circular. Dito primeiro segmento-de-torre 304 tem sua extremidade inferior

consolidada à fundação da torre por meio de protensão longitudinal.

[030] A extremidade superior do primeiro segmento-de-torre 304 é provida de uma faixa anular espessa 307 que se projeta para o interior da torre a qual, em conjunto com a faixa anular espessa 303 da extremidade inferior do segmento-de-torre 302 irá formar o nó estrutural duplo de comportamento reverso. Ditas faixas anulares têm, cada uma, comprimento da ordem de até 15 vezes a espessura da parede do segmento-de-torre e espessura de até três vezes a espessura de dita parede.

[031] Em resumo, a extremidade superior do primeiro segmento-de-torre 304 é provida de uma faixa anular espessa 307 que se projeta para o interior da torre, e a extremidade inferior do segundo segmento-de-torre 302 é provida de uma faixa anular espessa 303 que se projeta para fora da torre.

[032] Após terem sido montados concentricamente no solo ditos primeiro e segundo segmentos-de-torre, pode-se observar que o segundo segmento-de-torre 302 possui uma altura total maior do que o primeiro segmento-de-torre 304, a porção 311 que sobressai acima do topo deste último medindo entre 3 e 15 metros, preferencialmente 10 metros. A extremidade superior de dita porção sobressalente 311 comprehende um módulo metálico destinado a suportar a nacele 309 que abriga o gerador de energia elétrica, sendo esse módulo metálico (não referenciado) consolidado ao segmento-de-torre por meio da protensão longitudinal.

[033] Segundo mostra a Fig. C-3, fica instalado em dito módulo metálico um guincho auxiliar 308 constituído por elementos metálicos, que se vincula a dito módulo metálico através de um eixo (não ilustrado) que se encaixa num furo 312 provido nesse módulo. Dito guincho auxiliar tem capacidade de elevar e montar os elementos relacionados com a geração de energia elétrica, tais como a nacelle contendo o gerador e a hélice acionada pelo vento.

[034] A Fig. C-3 mostra o início do içamento da nacelle 309 que abriga o gerador e elementos de controle associados (não ilustrados). Dito içamento utiliza um cabo que é tracionado por meios conhecidos (não ilustrados) providos no referido guincho.

[035] Uma vez completado o levantamento da nacelle 309' até o topo do segmento-de-torre 302, a mesma é posicionada e fixada ao dito módulo metálico por meios conhecidos (não ilustrados), como se vê na Fig. C-4.

[036] A seguir, é feito o içamento do segundo segmento-de-torre 302 mediante guinchos de cordoalha (strand jacks) apoiados na borda superior do primeiro segmento-de-torre 304, sem necessidade de estruturas auxiliares. Ao término dessa operação o aspecto do conjunto é aquele ilustrado na Fig. C-5, onde o encontro entre ditos segmentos, indicado como "D" nessa figura, constitui o nó estrutural duplo de comportamento reverso, o qual provê a união rígida entre o segmento-de-torre superior 302' e o primeiro segmento-de-torre 304, cuja extremidade inferior está devidamente engastado na fundação definitiva (não ilustrada).

[037] A Fig. C-6 é uma vista em corte do referido nó, o qual é consolidado por meio de elementos de protensão, segundo especificado no pedido de invenção original, onde tais elementos se encontram detalhados nas figuras 6A, 6B e 7. Por razões de clareza, tais elementos não se encontram ilustrados na Fig. C-6. Essa figura mostra ainda a laje de concreto transversal 310, solidária com a face da extremidade inferior do segmento-de-torre superior, que consolida transversalmente dito segmento-de-torre provendo um aumento da rigidez nessa região. Ao contrário do que ocorre com o sistema descrito no pedido original, onde as lajes referenciadas como 701 na Fig. 7 somente podem ser montadas em cada um dos segmentos-de-torre após terminado o levantamento de todos esses segmentos, no objeto do presente desenvolvimento a laje 310 pode ser formada no inicio da montagem do segundo segmento-de-torre 302 quando este ainda se encontra apoiado no solo. Isso representa uma economia adicional de tempo e mão de obra na montagem da torre.

[038] Conforme se pode observar na vista em corte da Fig. C-6 correspondente à torre já montada, o diâmetro interno de dita primeira faixa 307 na extremidade superior do segmento-de-torre inferior 304 corresponde ao diâmetro externo do corpo da extremidade inferior do segmento-de-torre superior 302, e o diâmetro externo da dita segunda faixa 303 da extremidade inferior do segmento-de-torre superior 302 corresponde ao diâmetro interno do corpo da extremidade superior do segmento-de-torre inferior 304.

[039] Uma vez completada a montagem da torre e completada a protensão dos elementos que integram o nó estrutural duplo de comportamento reverso, inicia-se o içamento da hélice, operação essa ilustrada na Fig. C-7. Para isso, utiliza-se um cabo que é tracionado a partir do mesmo guincho 308 já utilizado para erguer e posicionar a nacelle. A extremidade inferior do cabo é presa na hélice 400, previamente montada no solo.

[040] Ao terminar o içamento da hélice, esta é instalada no eixo do gerador eólico, ficando o conjunto com o aspecto ilustrado na Fig. C-8.

[041] Se bem que o desenvolvimento ora apresentado tenha sido descrito com base numa torre em que ambos os segmentos são fabricados em concreto, o mesmo conceito é aplicável ao caso de a parte superior, ou mesmo ambos os segmentos-de-torre, serem feitos com estruturas metálicas. Evidentemente tais estruturas não utilizarão elementos tais como a aduelas 301 ou 305, mas serão executados mediante técnicas usualmente adotadas para tal tipo de estrutura. Serão todavia preservadas as características fundamentais do objeto, tais como a maior altura do segundo segmento-de-torre com relação ao primeiro, bem como o emprego do nó estrutural duplo de comportamento reverso na junção dos segmentos superior e inferior.

REIVINDICAÇÕES

1. TORRE DE MATERIAIS ESTRUTURAIS, constituída por segmentos-de-torre telescópicos superpostos, compreendendo um segmento-de-torre inferior (304) e um segmento-de-torre superior (302), caracterizada pelo fato das regiões de união dos segmentos-de-torre sobrepostos formarem um nó estrutural duplo de comportamento reverso (D), que compreende faixas anulares (303, 307) espessas de material estrutural, situadas nas extremidades de ligação dos segmentos-de-torre, faixas essas ligadas e solidarizadas entre si.

2. TORRE de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de os segmentos-de-torre serem constituídos por aduelas modulares tronco-cônicas (301, 307) sobrepostas umas sobre as outras, unidas globalmente entre si por protensão longitudinal do segmento-de-torre.

3. TORRE de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de as aduelas (301, 307) que formam os segmentos-de-torre serem constituídas por partes pré-fabricadas (305) de material estrutural.

4. TORRE de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de ditas faixas anulares (303, 307) terem, cada uma, comprimento da ordem de até quinze vezes a espessura da parede do segmento-de-torre e espessura da ordem de até três vezes a espessura de dita parede.

5. TORRE de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de a extremidade superior de um dado segmento-de-torre ser provida de uma faixa anular espessa (307) que se projeta para o interior da torre, e provida de uma segunda faixa anular espessa (303) que se projeta para fora da torre na extremidade inferior de dito segmento.

6. TORRE de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de o diâmetro interno de dita primeira faixa (307) na extremidade superior do segmento-de-torre inferior (304) corresponder ao diâmetro externo do corpo da extremidade inferior do segmento-de-torre superior (302), e o diâmetro externo da dita segunda faixa (303) da extremidade inferior do segmento-de-torre superior (302) corresponde ao diâmetro interno do corpo da extremidade superior do segmento-de-torre inferior (304).

7. TORRE de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de serem providas uma folga entre a face interna de dita primeira faixa (307) do segmento-de-torre inferior e a face externa do corpo do segmento-de-torre superior situado acima, e outra folga entre a face externa de dita segunda faixa (303) da extremidade inferior do segmento-de-torre superior e a face interna do corpo do segmento-de-torre inferior situada na extremidade superior desse segmento-de-torre inferior.

8. MÉTODO DE MONTAGEM DE TORRE DE MATERIAIS ESTRUTURAIS
caracterizado pelo fato de compreender as seguintes etapas:

- execução da fundação no local da obra e recebimento dos elementos de material estrutural pré-fabricados industrialmente (301, 305);
- formação das aduelas modulares a partir da montagem de ditos elementos estruturais pré-fabricados (305);
- montagem de ambos os segmentos-de-torre mediante superposição das aduelas modulares e protensão longitudinal destas, com o segmento-de-torre superior (302) posicionado no interior do segmento-de-torre inferior (304);
- instalação de um guincho auxiliar (308) no módulo metálico provido na extremidade superior da porção saliente (311) de dito segmento-de-torre superior (302);
- elevação da nacelle (309) por meio de dito guincho auxiliar (308) e sua fixação a dito módulo metálico no topo do segmento-de-torre superior (302);
- elevação do segmento-de-torre superior (302) por meio de strand jacks apoiados na borda superior do segmento-de-torre inferior (304) até a justaposição da faixa saliente (303) provida na extremidade inferior de dito segmento-de-torre com a faixa reentrante (307) provida na extremidade superior do segmento-de-torre inferior (304);

- execução do nó estrutural duplo de comportamento reverso mediante protensão dos elementos associados a ditas faixas justapostas e preenchimento das folgas com material cimentício;
- montagem da hélice (400) no solo;
- elevação da hélice montada por meio do guincho (308) e sua instalação no eixo do gerador contido na nacelle (309).

9. **MÉTODO** de acordo com a reivindicação 8 caracterizado pelo fato de ser provida uma laje maciça (310) com furo central (311) solidarizada com a extremidade inferior do segmento-de-torre superior (302).

10. **MÉTODO** de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de o material estrutural que constitui a torre compreender o concreto estrutural.

11. **MÉTODO** de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de o material estrutural que constitui a torre compreender o aço.

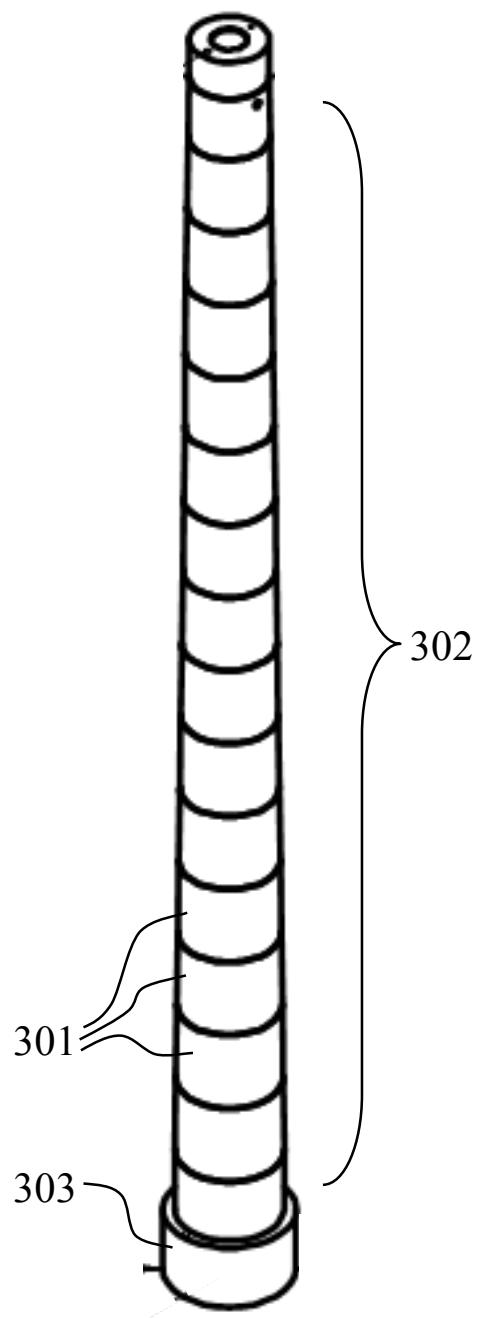


Fig. C-1

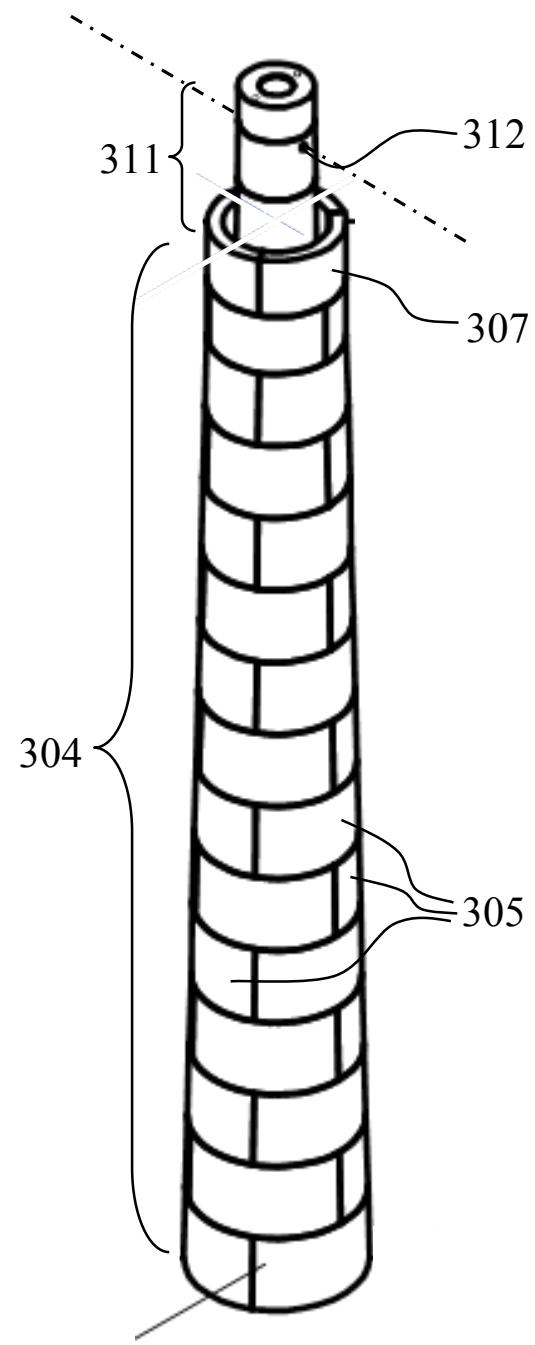


Fig. C-2

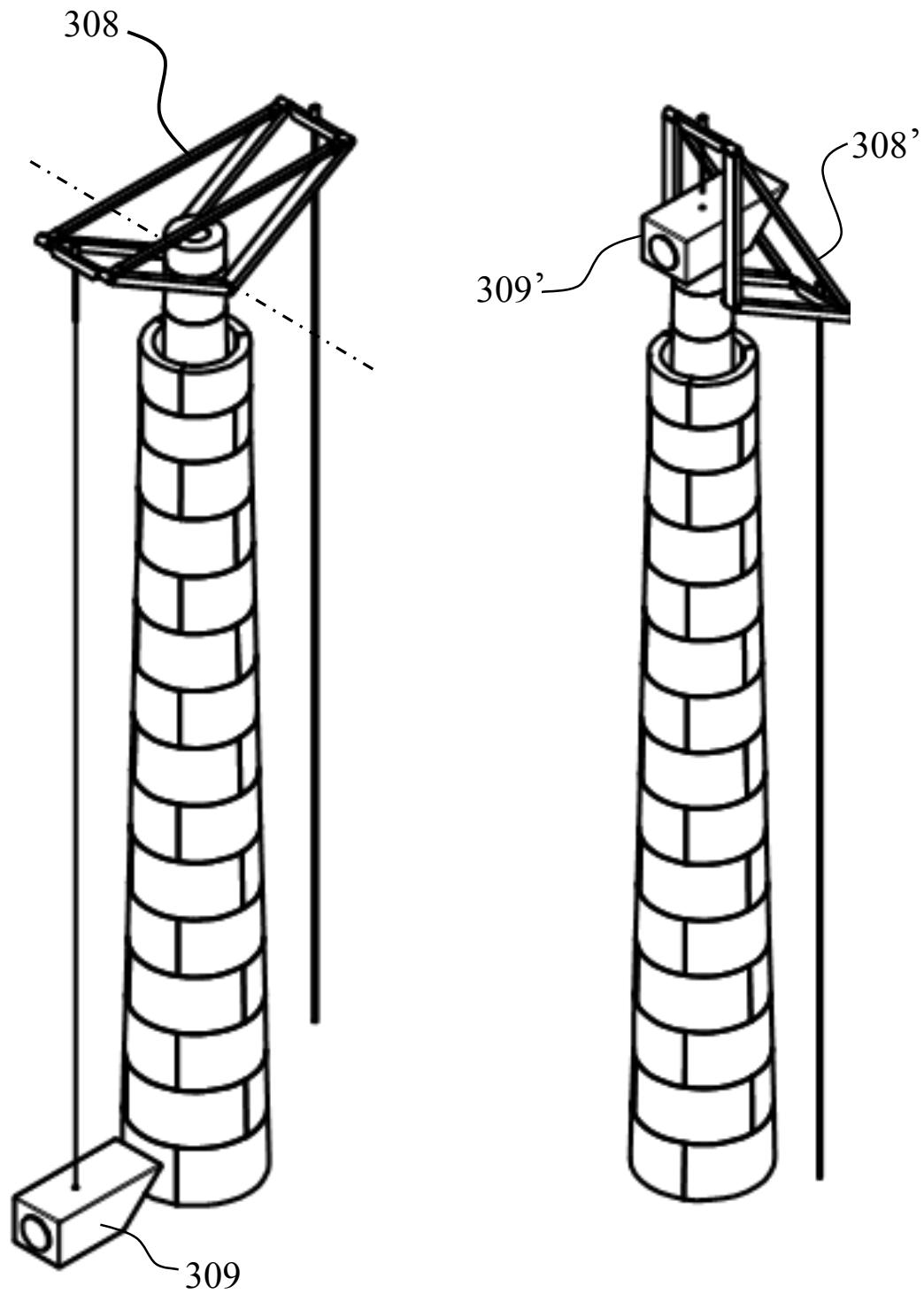


Fig. C-3

Fig. C-4

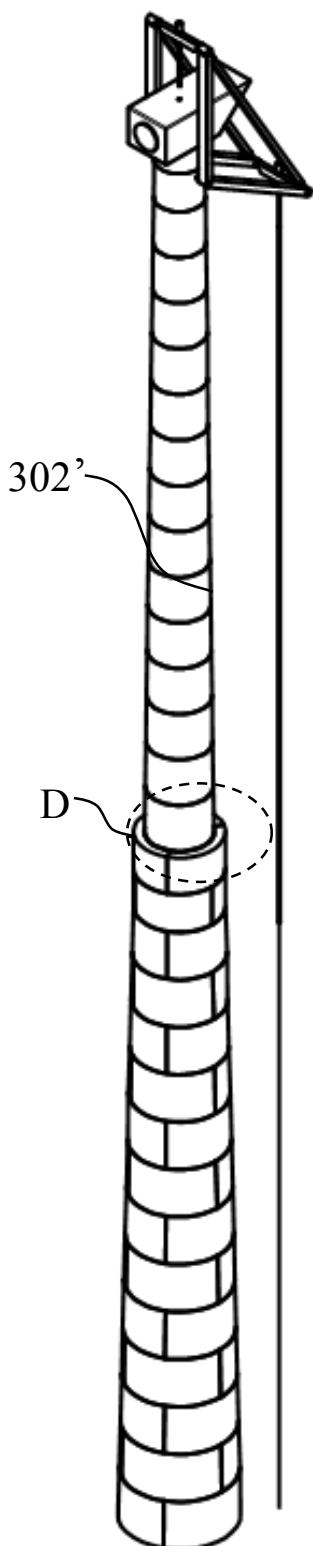


Fig. C-5

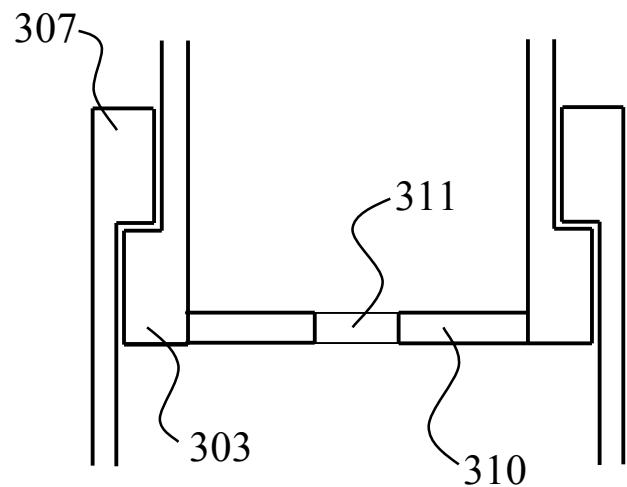


Fig. C-6

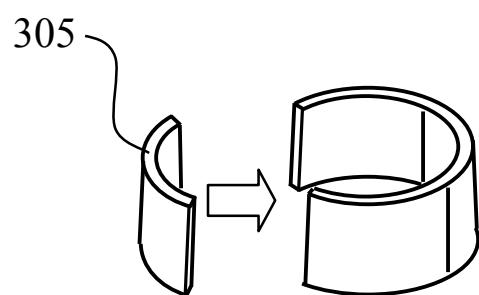


Fig. C-9

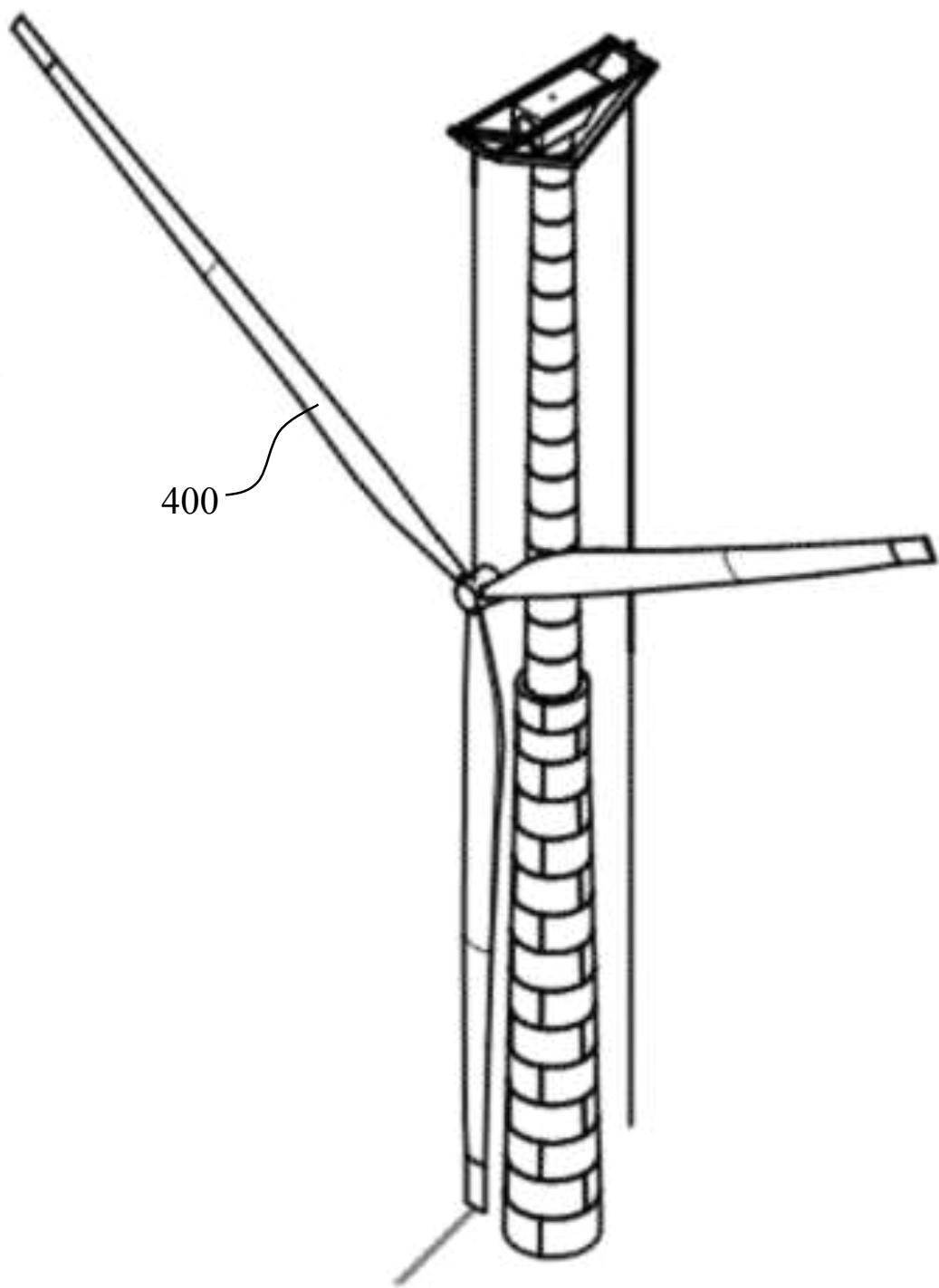


Fig. C-7

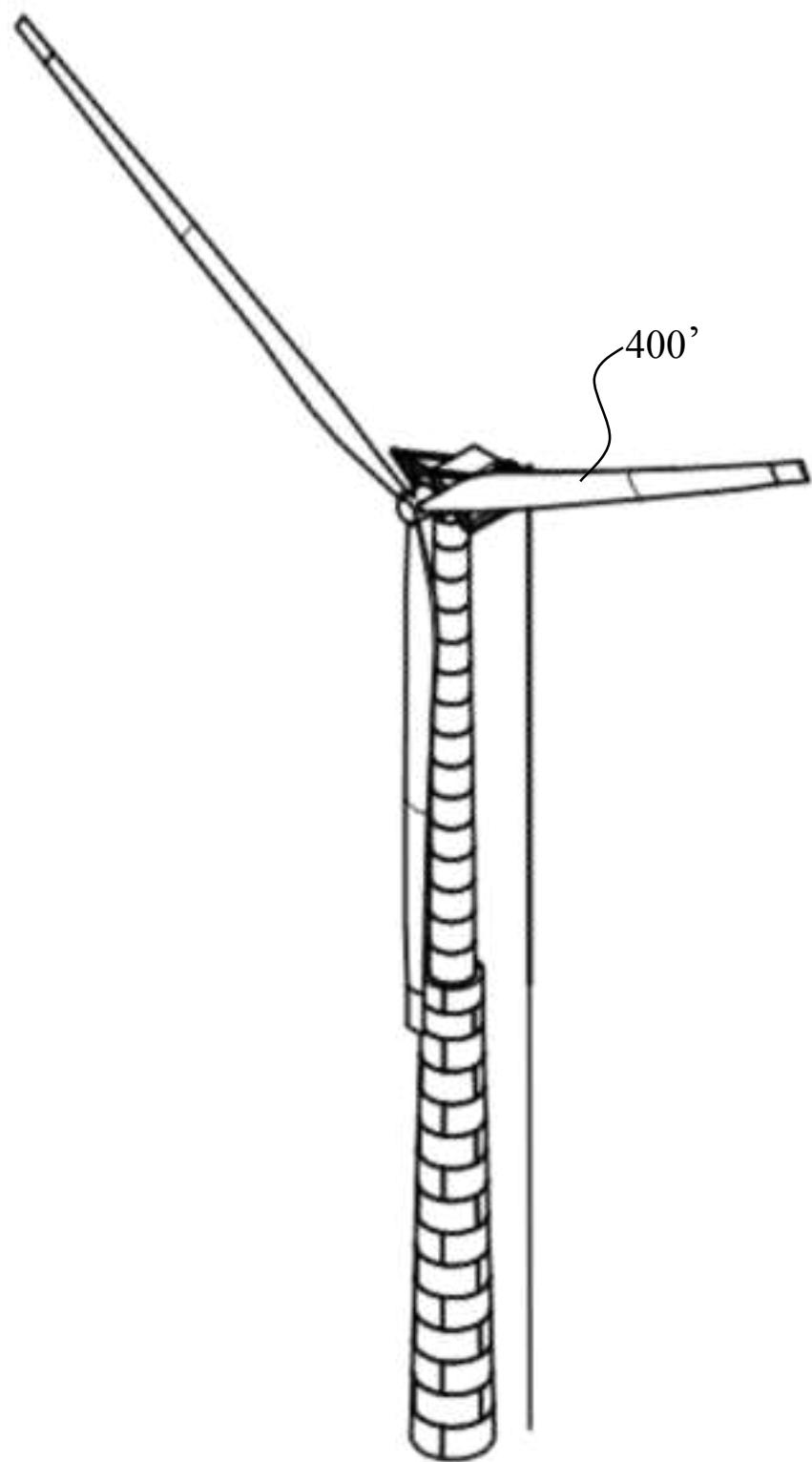


Fig. C-8

RESUMO**TORRE DE MATERIAIS ESTRUTURAIS E MÉTODO DE MONTAGEM**

refere-se a desenvolvimento relativo a sistemas de geração eólica de energia elétrica e, mais particularmente, às torres de sustentação das turbinas movidas pela ação do vento, ditas torres sendo fabricadas em materiais estruturais de acordo com técnicas de construção civil, ditos materiais estruturais compreendendo preferencialmente o concreto e as estruturas metálicas em aço, formadas por segmentos-de-torre telescópicos superpostos, compreendendo um segmento-de-torre inferior (304) e um segmento-de-torre superior (302) com altura maior do que o segmento-de-torre inferior, o ponto de apoio do segmento-de-torre superior sobre o segmento-de-torre inferior sendo constituído por um nó estrutural duplo de comportamento reverso, que compreende faixas anulares espessas de material estrutural, situadas nas extremidades de ligação dos segmentos-de-torre, faixas essas ligadas e solidarizadas entre si.