

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 791**

51 Int. Cl.:

E04H 12/12 (2006.01)

E04H 12/16 (2006.01)

F03D 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2009** **E 13002613 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2015** **EP 2631393**

54 Título: **Torre para una turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.11.2015

73 Titular/es:

PACADAR S.A. (100.0%)
Paseo de la Castellana 259 D Torre Espacio
28046 Madrid, ES

72 Inventor/es:

MARTÍNEZ DE CASTAÑEDA, FRANCISCO
JAVIER;
CIDONCHA ESCOBAR, MANUEL y
LANCHA FERNÁNDEZ, JUAN CARLOS

74 Agente/Representante:

SALIS, Eli

ES 2 549 791 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Torre para una turbina eólica.

5 La presente invención se refiere a una torre para turbinas eólicas de energía eléctrica u otros usos, en hormigón pretensado, que aporta un fuste de hormigón pretensado de altura variable troncocónico o cilíndrico realizado mediante sectores anulares, cada uno de los cuales comprende varias piezas de pared sección semicircular o poligonal o sectores circulares o poligonales, unidas entre sí longitudinalmente, y en caso de varias superpuestas en altura, unidas transversalmente con un sistema que permite la continuidad estructural de la torre. En su extremo superior se situará o bien directamente la turbina eólica o bien otro fuste metálico sobre el que finalmente se fijará el generador.

Esta invención tiene su aplicación dentro del campo de la construcción en general y especialmente dentro de la industria destinada a la construcción e instalación de estructuras de soporte para turbinas eólicas de energía eléctrica.

A lo largo de la presente memoria se entenderá por pieza de pared una pieza formadora de la pared de la estructura de soporte o torre, siendo dicha pared delgada de 5 a 30 cm en hormigón pretensado, con un pretensado centrado y una armadura pasiva en el perímetro de la sección u hormigón reforzado con fibras, apta para formar junto a una o más piezas un sector anular de la estructura de soporte o torre.

Antecedentes de la invención

En referencia al estado de la técnica, debe mencionarse que el sector eólico, en gran expansión dentro del desarrollo de las energías renovables, ha ido evolucionando en busca de una mayor rentabilidad, lo que ha desembocado en el diseño de turbinas eólicas cada vez más potentes, de 3 o incluso 5 MW, para cubrir la demanda creada.

Estos nuevos diseños obligan a un replanteamiento de las estructuras de soporte o torres portantes de la turbina eólica que deben soportar esfuerzos mucho mayores que las actuales y alcanzar nuevas alturas de hasta 120m para poder albergar máquinas con palas de más de 50m de longitud.

Una extrapolación de las actuales torres (hasta 70m de altura) realizadas mediante chapas curvadas y electrosoldadas, unidas transversalmente mediante bridas, no permite hacer frente, de forma económica, a las nuevas prestaciones requeridas a dichos elementos, especialmente debido a la gran flexibilidad de este tipo de estructuras realizadas en acero y a la incompatibilidad de esta característica con los requerimientos que se extraen del cálculo dinámico de estas nuevas torres.

Es necesario, por consiguiente, el empleo de otros materiales y dentro de ellos el hormigón, reúne las características necesarias para hacer frente a los problemas antes mencionados.

En este sentido han sido varias las iniciativas ya acometidas: algunas resuelven la ejecución de estas torres en hormigón armado o realizando un postensado "in situ" es decir en el propio parque eólico y en su posición definitiva de estos elementos gracias a un encofrado deslizante o trepante. En el caso del postensado "in-situ" se realiza un enhebrado y postensado de cables por el interior de la pared delgada de hormigón en vainas dejadas al efecto o por el interior o exterior de la torre. Estas soluciones, además de su carestía, presentan el problema de los largos plazos que requiere para su ejecución lo que va directamente en contra de la rentabilidad del proyecto.

En otros casos, se ha buscado resolver el problema mediante pequeñas piezas en hormigón prefabricado como dovelas circulares, o placas de pequeño tamaño (que se unen entre sí conformando la torre). Estas piezas en general armadas, requieren importantes espesores para garantizar el correcto funcionamiento dinámico de la torre una vez sometida a las cargas de servicio y consecuentemente con sección fisurada. Por tal motivo en ocasiones, se refuerzan estos diseños mediante postensados exteriores o interiores ejecutados in situ que compriman todas las secciones a lo largo de la torre para impedir la fisuración.

En esta solución, la presencia de un gran número de uniones entre piezas, de postensados in situ, etc., complica y encarece enormemente el montaje de estas torres y compromete el funcionamiento real del conjunto.

Se conocen numerosos antecedentes que describen diversos ejemplos de realización de torres utilizando hormigón armado, entre las cuales cabe citar: JP- A-9-235912, DE-A-29809541, DE-A-19832921, EP-A-960986, US2006/0254168, WO 02/01025, US 7,114,295, JP-OR-3074144, EP-A-1474579 (MECAL APPLIED MECHANICS), EP-A-1645761 (INNEO21), EP-A-1876316 (MONTANER), WO2007/033991(SIKA), WO2008/031912 8 (GAMESA).

Las soluciones técnicas explicadas en las patentes citadas pueden clasificarse en los siguientes grupos:

a. Torre realizada in-situ.

b. Torre de hormigón armado con sectores anulares, superpuestos y postensado en obra.

5 c. Torres de hormigón formadas por la superposición de sectores estructurales anulares integrados por dos o más piezas componentes, ensambladas, que necesitan de un postensado en obra.

d. Torres de celosía ya sea de hormigón o acero.

10 e. Torre formada por hormigón vertido entre dos láminas de acero.

f. Torres en las que se aportan piezas de diferentes formas que resultan adecuadas ya sea para facilitar la producción o mejorar la eficacia estructural;

15 g. Torres incluyendo piezas que llevan ya incorporados elementos de refuerzo específicos.

La presente invención propone una estructura de soporte vertical o torre, del tipo que comprende varias secciones estructurales anulares, superpuestas, cada una de las cuales integra dos o más piezas de pared unidas por sus bordes longitudinales, y se diferencia de las propuestas anteriores, que se basan de forma general en el postensado de cables en el propio punto de instalación de la torre o parque eólico, para dotar de resistencia a la torre y a las juntas de unión, por la particularidad de realizar las piezas de pared por pretensado en taller, por lo que las piezas constituyentes de la torre, al llevar incorporado el pretensado, ya son de por sí estructuralmente resistentes precisando únicamente la realización de las uniones entre las piezas de pared adyacentes y superpuestas para formar la torre. Además mediante la propuesta de esta invención se reducen los costes al ser el pretensado en taller un proceso industrial y no ser necesario colocar cables de postensado en obra. Por otro lado la tecnología aplicada elimina la necesidad de elementos auxiliares para el transporte, garantiza un estado de compresión en las piezas que maximiza la vida útil de la torre, permite nuevos diseños y alternativas de montaje que simplifican la obtención de la torre.

30 Otro aspecto diferenciador de la propuesta que fundamenta la presente invención reside en un sistema de conexión entre elementos prefabricados con armadura pretensa, y en particular aplicable a la unión de los sectores anulares del fuste, que permite la continuidad de la acción del pretensado sin necesidad (total o parcial) de elementos adicionales como barras de unión u otros sistemas de postensado, aprovechando unos propios cables de pretensado que configuran la armadura activa de las piezas de pared pretensas citadas.

35 Se describe a continuación con detalle los aspectos singulares de la presente invención.

Breve explicación de la invención

40 Frente a las soluciones anteriormente mencionadas, la presente invención resuelve la prefabricación de la torre mediante grandes piezas de pared de hormigón pretensado en el banco de fabricación (aplicación controlada de una tensión al hormigón mediante el tensado de tendones o cables de acero), de longitud limitada exclusivamente por las condiciones de transporte, con sección semicircular o de sector circular, o poligonal o de sector poligonal, estando diseñada cada pieza para poder trabajar sometida a los esfuerzos derivados de su peso propio y del transporte como si se tratara de una gran viga con sección en U de resistencia estructural predeterminada. Estas piezas permiten formar la estructura de soporte o torre sin necesidad de someter al conjunto de cada pieza a postensados adicionales, ulteriores, en obra.

50 La estructura de soporte o torre que se propone integra un fuste en general troncocónico, aunque puede ser cilíndrico, formado parcialmente por dos o más sectores o secciones estructurales anulares, superpuestas, unidas entre sí por unas juntas transversales. De acuerdo a los principios de esta invención cada sección estructural anular de la torre integra dos o más piezas de pared prefabricadas y pretensadas en taller, según lo citado, unidas por sus laterales formando unas juntas longitudinales de la torre.

55 El pretensado puede ser con armaduras postensas, en que el hormigonado se realiza antes del tensado de las armaduras activas, alojándose en conductos o vainas procediendo al tensado y anclaje de aquellas cuando el hormigón ha adquirido suficiente resistencia, o, tal como aquí concierne, con 10 armaduras pretensas, en que el hormigonado se efectúa después de haber tensado y anclado provisionalmente las armaduras en elementos fijos.

60 En este caso, cuando el hormigón ha adquirido suficiente resistencia, se liberan las armaduras de sus anclajes provisionales y, por adherencia, se transfiere al hormigón la fuerza previamente introducida en las armaduras.

Finalmente, el tendón, desde el punto de vista de las condiciones de adherencia, puede ser adherente, como es el caso del pretensado con armadura pretensa, o con armadura postensa en la que después del tensado se procede a

inyectar material adherente entre la armadura y el hormigón, o no adherente, como es el caso del pretensado con armadura postensa en el que se usan sistemas de protección de la armadura que no crean adherencia.

El desarrollo de la torre y los sistemas de unión mediante la utilización de las piezas pretensadas directamente desde fábrica aporta las siguientes ventajas:

- Supone una economía de costes puesto que el pretensado actúa como armadura resistente en la pieza desde el primer momento.
- Permite alcanzar tamaños de piezas mayores.
- La utilización de la técnica del pretensado, hormigones de alta resistencia u hormigones con fibras suponen un cambio de diseño aportando mayor rigidez, esbeltez, durabilidad y economía de materiales al igual que sucede con la técnica actual de construcción de puentes mediante vigas pretensadas en sección doble te, artesas o cajones.
- Evita la fisuración y garantiza por tanto una mayor rigidez de la torre, una mayor vida útil y menores costos de mantenimiento.
- Reduce los costes de producción puesto que los cables de pretensado se colocan en fábrica en un proceso industrial.
- Mejora los tiempos de montaje y reduce los trabajos a realizar en obra simplificando su ejecución y sus costes. Al reducir los tiempos de montaje se reducen también las incertidumbres climatológicas y dificultades propias de la construcción en obra.
- Elimina la necesidad de elementos auxiliares para el transporte permitiendo colocar piezas de gran tamaño sobre los camiones dolly convencionales sin necesidad de estructuras de soporte.
- Dada la capacidad resistente de las piezas permite nuevas alternativas de montaje como la descrita en esta patente en el que las piezas una vez unidas parcialmente en su parte inferior son resistentes de forma aislada.
- Los sistemas de unión mediante juntas secas permite realizaciones de torres desmontables. El desmontaje completo de la torre no requiere la demolición de ninguno de sus elementos posibilitando la reutilización de las piezas que conforman la torre para su posterior montaje en otra zona. Esto permite el desmantelamiento de los parques al final de su vida útil o incluso la reutilización de las piezas para conformar torres de mayor altura.

Por lo indicado, una, dos o más de las citadas piezas de pared colocadas en posición vertical, y unidas longitudinalmente, conforman un tramo de fuste con idéntica estética y funcionalidad que los actualmente empleados. Sobre este primer tronco de cono se situará, hasta alcanzar la altura necesaria, o bien un nuevo tramo de hormigón pretensado formado nuevamente por dos piezas semicirculares, o un tramo metálico.

Cada pieza estará compuesta por una sección semicircular o poligonal o sector de las mismas, de pequeño espesor y de radio variable, en hormigón de alta resistencia que podrá ser si se requiere autocompactable, hormigón de alta resistencia, u hormigón con fibras con un pretensado centrado o ligeramente desviado para corregir los efectos del peso propio u otras cargas temporales, y un refuerzo que puede ser mediante la adición de fibras al hormigón o con armadura pasiva en el perímetro de la sección, que se ejecutará en posición horizontal en un molde y bancos preparados para tal efecto.

Este pretensado, ejecutado en banco mediante el posicionamiento de vainas y cables, hormigonado y posterior tensado de los mismos previamente a la extracción de la pieza del molde, garantiza el mantenimiento sin fisuración de la sección completa de hormigón, preservando las características mecánicas y de durabilidad de la torre. Este aspecto es de vital importancia ya que en otras soluciones de hormigón armado este se deforma bajo las solicitaciones y el acero para que empiece a trabajar necesita estirarse produciendo fisuras en hormigón. En la pieza pretensada desde el mismo proceso de la fabricación se garantiza la no aparición de fisuras aumentando la vida útil de la torre y eliminando la necesidad de mantenimiento que es muy costosa en otras soluciones.

En lugar de estar fabricada por pretensado, la pieza de pared podría también ser obtenida por postensado (independientemente de la complejidad y los costes de la operación) en taller, debido al hecho de que lo importante es que el tensado se incorpore en la pieza de pared desde su fabricación, proporcionándola de la fuerza estructural mencionada independientemente del sistema utilizado.

El manejo y el transporte de las piezas de pared hasta su posicionamiento final, se hará en el lugar de fabricación, siendo posiblemente necesarios, debido a la esbeltez del elemento, ciertos elementos de refuerzo en aspa.

Las uniones longitudinales (según la generatriz del tronco de cono) entre las piezas se realizará mediante una junta húmeda, con el solape y enhebrado de una armadura pasiva y un posterior relleno con un mortero de alta resistencia, o bien mediante una unión seca, bien sea mediante casquillos y pernos dentro de la pared de la pieza cruzados diagonalmente en planta y a diferentes alturas, o con bridas de hormigón perforadas, a lo largo del interior de los bordes longitudinales de la pieza, que permitirían el cosido de la junta mediante pernos roscados y tuercas, con control del par de apriete.

En caso de superponerse varios tramos de la torre en hormigón, las juntas verticales se podrán rotar, en planta con el fin de evitar una junta continua a lo largo de los diferentes tramos fuste, o no rotar y dejar una junta longitudinal continua, según convenga.

Las uniones transversales entre tramos, o entre el primer tramo y la cimentación, se realizará mediante un ensanchamiento en los extremos de la pieza perforado en el sentido de la generatriz de la pieza que permita el cosido mediante barras de acero de alta resistencia que pueden coser la junta mediante una unión húmeda anclada por solape, una unión atornillada o una unión postensada en obra en el momento del montaje, las cuales se protegerán con morteros líquidos o plásticos de cemento y/o resinas, así como cualquier otro producto protector como ceras.

En el caso de las uniones postensionadas, además de unir ambas piezas, estas barras de unión aseguran la continuidad del pretensado en todas las secciones de la torre. Por lo tanto, dependiendo del sistema de anclaje empleado (pretensado sin elementos auxiliares de anclaje, pretensado anclado en cabeza mediante soportes auxiliares o postensado), se necesitarán diferentes longitudes de regruessamiento y de cosido, pudiendo emplearse, en caso de anclaje del pretensado desde el extremo de la pieza o en el caso de postensado, el regruessamiento de la sección de hormigón en los extremos de la pieza, podrá sustituirse por ubicación una chapa metálica de gran espesor en forma de brida interior en dicho extremo, que permita, gracias a las perforaciones pertinentes, la unión al resto de elementos mediante barras de alta resistencia que se atornillarán con control de par de apriete o serán postensionadas.

En el caso de la unión a cimentación, estas barras de espera podrán haberse situado en el momento de ejecución de la zapata o posteriormente mediante el posicionamiento de vainas en cimentación en las que se introducen las barras previamente a su relleno con mortero de alta resistencia.

Ambas uniones, transversales y longitudinales podrán estar provistas de un sistema de guiado que facilite el posicionamiento exacto de las piezas.

Dado que, como se ha mencionado, cada tramo de la torre puede estar conformado por dos piezas semicirculares o poligonales, pero también por más piezas de sección de sector semicircular o poligonal, es decir, cuatro piezas de mitad de sección, seis piezas de tercio de sección, ocho piezas de cuarto de sección, etc., cabe destacar, que dichas piezas, en el arranque de cimentación de la torre pueden presentar diferente longitud, por ejemplo la mitad de ellas tener una longitud normal y la otra mitad, de forma intercalada, tener la mitad de dicha longitud, con lo que en las sucesivas superposiciones de los tramos siguientes, las uniones transversales quedan a distintos niveles, siendo la mitad de las piezas que culminan la torre, de nuevo de la mitad de longitud para quedar todas enrasadas.

Este sistema de montaje evita la utilización de torres auxiliares disminuyendo los tiempos y costes de montaje.

El acabado del hormigón exterior e interior de las piezas podrá ser cualquiera de los existentes para otro tipo de piezas, tales como liso, pintado, texturizado, lavado, etc.

Las piezas podrán presentar los huecos necesarios para el acceso al interior de la torre de personas y equipos.

De igual forma se podrán posicionar en el momento de la fabricación tanto en el interior y como en el exterior de la pieza, cuantos insertos, placas de anclaje, etc. sean necesarios para la instalación de equipos auxiliares. En este sentido, debe señalarse que el sistema de montaje puede requerir el montaje previo de una torre auxiliar, la cual, una vez finalizada la obra, puede ser desmontada o no, quedando en el interior de la torre.

Según se ha referido anteriormente la invención propone asimismo un sistema de conexión de elementos prefabricados pretensos a partir de los propios cables de pretensado que ofrece la posibilidad de conexión entre elementos prefabricados con armadura pretensa sin necesidad de elementos adicionales a partir del tensado a posteriori de una parte de los cables de tensado de la pieza de pared

A tal efecto en dichas piezas de pared, pretensadas en taller, los cables de pretensado empleados se prolongan por unos tramos que sobresalen al exterior de la pieza de pared, estando dichos tramos de prolongación previstos para su disposición insertados a través de unos conductos configurados en una pieza de pared adyacente, para vinculación a la misma por un posterior tensado de dichos tramos de prolongación de cable, al disponer dos piezas

de pared superpuestas, enfrentadas a testa, obteniendo una junta transversal que garantiza la continuidad del pretensado

5 De forma concreta, según el sistema que la presente invención propone, la parte sobresaliente al exterior de los cables (que, en cualquier caso, es necesaria para tensar y que, sin embargo, en la solución convencional pretensa luego debe cortarse), se aloja en conductos dejados a tal efecto en la pieza contigua, los cuales pueden estar situados todos al mismo lado de la junta, o bien combinados a uno y otro lado.

10 Para facilitar el enfilado de dichos cables, el sistema de la invención prevé la utilización de elementos con ranuras longitudinales e incluso placas de anclaje comunes con dicha tipología.

15 Este nuevo sistema y proceso de retensado permite dar la continuidad a la acción del pretensado, necesitándose tan solo un regruessamiento de la sección transversal de la pieza en una longitud de entre 50 y 300 cm, para el alojamiento de los elementos de anclaje.

En principio, el sistema es no adherente en la zona de la junta, dada la necesidad de un tensado a posteriori por una parte y de la rotura de la adherencia del hormigón en el extremo, por otra.

20 Cabe señalar, sin embargo, que se puede proteger el cable de tensado simplemente con grasa o cera, o alternativamente, efectuarse una inyección posterior del sistema de conexión con resina o lechada de cemento para proporcionar un sistema adherente.

25 Asimismo, son viables, en el sistema que propugna la presente invención, elementos de protección de los anclajes tales como caperuzas o similares.

Por otra parte, dada la poca longitud de la zona a retensar, la penetración de cuña ha de ser pequeña, requiriéndose cálculos precisos para determinar la cuantía de tensado a efectuar, así como las dimensiones necesarias de las zonas de anclaje.

30 El cable de pretensado será el habitual para armaduras pretensas convencionales, de 0.5, 0.6, ó 0.62 pulgadas (12,7 mm, 15,24 mm ó 15,75 mm) u otros.

35 Cabe reseñar igualmente que el sistema es aplicable en la unión a cimentaciones dando un margen suficiente a la longitud de anclaje en los elementos de cimentación.

El nuevo sistema de conexión de elementos prefabricados pretensos a partir de los propios cables de pretensado, propuesto, representa por consiguiente, una estructura innovadora de características estructurales y constitutivas desconocidas hasta ahora para tal fin, razones que unidas a su utilidad práctica, la dotan de fundamento suficiente para obtener el privilegio de exclusividad que se solicita.

40 Por lo anteriormente explicado esta invención, además resolver plenamente las necesidades técnicas generadas en el sector eólico para los turbinas eólicas de nueva generación, permite mejorar las expectativas de coste de las torres, ofreciendo ventajas adicionales como el escaso mantenimiento o la posibilidad de desmontaje y traslado de la torre en caso de uniones secas, la mayor durabilidad o la mayor resistencia a fatiga.

45 Por otra parte, su uso no queda restringido al sector eólico resolviendo de forma eficaz estructuras de chimeneas, torres de control, torres de comunicaciones, etc.

50 Breve descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, de unas hojas de planos, en las que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

55 La Fig. 1 muestra una vista en alzado de la estructura de soporte para turbinas eólicas de energía eléctrica y otros usos en hormigón pretensado, íntegramente prefabricada, con sección circular, según la invención en la que se aprecia su composición realizada mediante la unión de varios tramos.

60 La Fig. 2 muestra una vista en sección transversal de la estructura de soporte para turbinas eólicas de energía eléctrica y otros usos en hormigón pretensado, íntegramente prefabricada, con sección circular, según el corte "A-A" señalado en la figura 1.

65 La Fig. 3 muestra una vista en sección según un corte longitudinal de un elemento prefabricado pretenso al que se ha incorporado un sistema de conexión de dos piezas de pared superpuestas a partir de los propios cables de pretensado, según la invención, en el que se aprecia un ejemplo de unión con los conductos situados al mismo lado

de la junta transversal.

La Fig. 4 muestra una vista igualmente en sección, según un corte longitudinal, de otro ejemplo de elemento prefabricado pretenso que incorpora el sistema de unión de la invención, en este caso con los conductos situados de forma combinada a uno y otro lado de la unión transversal.

La Fig. 5 muestra una vista en alzado y varias secciones de la invención en las que se aprecia la disposición de las piezas que componen el conjunto, en caso de unión de varios tramos, rotando la junta longitudinal del fuste, en cada tramo.

La Fig. 6 muestra una vista ampliada del detalle "d1" señalado en la Fig. 2, en el que se aprecia la configuración interna de la estructura de la invención.

La Fig. 7 muestra una vista ampliada del detalle "d2" señalado en la Fig. 2, en el que se aprecia la unión de las piezas de sección semicircular o poligonal que la componen en el caso de junta húmeda.

La Fig. 8 muestra una vista ampliada del detalle "d2" señalado en la Fig. 2, en el que se aprecia la unión de las piezas de sección semicircular o poligonal que la componen en el caso de junta con pernos y casquillos.

La Fig. 9 muestra una vista ampliada del detalle "d2" señalado en la Fig. 2, en el que se aprecia la unión de las piezas de sección semicircular o poligonal que la componen en el caso de junta con bridas de hormigón.

La Fig. 10 muestra una vista en sección longitudinal de una porción de la estructura de la invención y de su cimentación.

La Fig. 11 muestra una vista en sección de la estructura según el corte "A-A" señalado en la Fig. 10, en el que se puede apreciar una vista en planta de la unión transversal entre dos tramos de la invención.

La Fig. 12 muestra una vista ampliada del detalle "e1" señalado en la Fig. 10, en el que se aprecia la realización de las uniones transversales mediante regruessamientos de las paredes de la pieza cosidos con barras de acero de alta resistencia que garantizan la continuidad del pretensado en todas las secciones de la torre.

La Fig. 13 muestra una vista ampliada del detalle "e1" señalado en la Fig. 10, en el que se aprecia la realización de las uniones transversales mediante bridas metálicas cosidas con barras de acero de alta resistencia atornilladas con control del par de apriete, en el caso de anclaje del pretensado desde el extremo de la pieza.

La Fig. 14 muestra una vista en sección de la estructura según el corte "B-B" señalado en la Fig. 10, en el que se puede apreciar una vista en planta de la unión a cimentación del primer tramo de la invención.

La Fig. 15 muestra una vista ampliada del detalle "e2" señalado en la Fig. 10, en el que se aprecia la realización de las uniones a cimentación mediante la opción de regruessamiento de las paredes de la pieza cosido a cimentación con barras de acero de alta resistencia pero emplazadas como esperas en el momento de ejecución de la propia cimentación.

La Fig. 16 muestra una vista ampliada del detalle "e2" señalado en la Fig. 10, en el que se aprecia la realización de las uniones a cimentación mediante la opción de regruessamiento de las paredes de la pieza, cosida a cimentación con barras de acero de alta resistencia pero emplazadas como esperas en la cimentación mediante vainas.

La Fig. 17 muestra una vista en planta de una unión entre tramos de la invención con un detalle de las guías de posicionamiento, así como una sección de una unión entre tramos con las mencionadas guías.

La Fig. 18 muestra un detalle de la forma de realización del transporte así como de los elementos de refuerzo en aspa de la sección.

La Fig. 19 muestra una vista en perspectiva del sistema de montaje alternativo de la estructura de la invención mediante arranque de tramos intercalados de medidas distintas.

Las Figs. 20 y 21 muestran respectivas vistas en perspectiva de sucesivas fases de montaje, hasta la culminación de la estructura, a partir de los tramos desiguales mostrados en la Fig. 19.

Descripción de unos ejemplos de realización de la invención

A la vista de las comentadas figuras y de acuerdo con la numeración adoptada, se puede observar en las mismas un ejemplo de realización de la invención que comprende las partes que se describen a continuación.

De este modo, tal como se representa en las Figs. 1 y 2, la estructura soporte para turbinas eólicas de energía eléctrica y otros usos en hormigón pretensado, íntegramente prefabricada, está constituida por un fuste -1- prefabricado de hormigón pretensado o postensado en el banco de fabricación, de alta resistencia que puede ser si se requiere autocompactable, de forma troncocónica de altura variable realizado mediante al menos dos piezas -2- y -3- de sección semicircular o poligonal (no ilustradas), de pared delgada de 5 a 30 cm que presentan un pretensado centrado -4- y una armadura pasiva en el perímetro de la sección -5- como se observa en el detalle "d1" representado en la Fig. 6 y unidas entre sí mediante juntas longitudinales -6-.

El pretensado -4- puede presentar ligeras variaciones respecto a su centrado, para corregir los efectos de peso propio u otras cargas temporales.

La estructura de la invención, por su parte, está compuesta por uno o varios tramos del mencionado fuste -1- prefabricado de hormigón pretensado o postensado en el banco de fabricación, unidos entre sí en su caso mediante juntas transversales -7- o bien mediante un sistema de conexión que se detallará con referencia específica a las Figs. 3 y 4 de los dibujos.

La invención, permite opcionalmente la realización de tres versiones alternativas según otras tantas realizaciones preferidas en cuanto a la unión de las mencionadas juntas longitudinales -6-. En una realización preferida, la invención prevé las mencionadas uniones longitudinales -6- ejecutadas mediante juntas húmedas -8-, con solape y enhebrado de la armadura pasiva y posterior relleno con un mortero de alta resistencia según se detalla en la Fig. 7. En otra realización dicha junta longitudinal -6- se ejecuta mediante la colocación de casquillos y pernos -9- dentro de la pared de la pieza cruzados diagonalmente en planta y a diferentes alturas, tal y como se detalla en la Fig. 8. Y en una tercera opción de realización preferida dicha junta longitudinal -6- se ejecuta con bridas de hormigón perforadas -10-, a lo largo del interior de los bordes longitudinales de la pieza, que permitirían el cosido de la junta mediante pernos roscados y tuercas -11-, con control del par de apriete, lo que se detalla en la Fig. 9.

Cabe destacar, que las mencionadas juntas longitudinales -6- se pueden instalar, con una rotación en planta con el fin de evitar una junta continua a lo largo de los diferentes tramos del fuste -1- que constituyen la estructura según se observa en la Fig. 5, pero que igualmente pueden no estar giradas y presentar continuidad.

Por otra parte, las antedichas juntas transversales -7- tanto a cimentación como entre tramos que se muestran en las Figs. 11 y 14, irán cosidas mediante barras de acero -12- de alta resistencia que se postensarán en obra en el momento del montaje y de longitud suficiente garantizando así la continuidad del pretensado en todas las secciones de la torre, las cuales se protegerán con morteros líquidos o plásticos de cemento y/o resinas así como cualquier otro producto protector como ceras. Para las juntas transversales también puede utilizarse el sistema de las Figs. 3 y 4 que se explica más adelante.

En una realización preferida de la invención, dichas barras de acero -12- irán situadas en las uniones transversales, atravesando unos regruessamientos perforados de la pared de hormigón -13- realizados en los extremos de cada tramo, según se detalla en la Fig. 12. En otra realización preferida representada en la Fig. 13, para el caso de anclaje del pretensado desde el extremo de la pieza estas barras de atraviesan una chapa metálica perforada de gran espesor -14-, conformando una brida en el interior del fuste.

Por otra parte y en lo que concierne a la unión del fuste a la cimentación en una realización preferida de la invención, la fijación de dichas barras de acero -12- en dicha cimentación -15-, se puede ejecutar de forma directa a la vez que ésta como se muestra en la Fig. 15, pudiendo alternativamente, en otra realización preferida representada en la Fig. 16 ejecutarse mediante el posicionamiento de vainas -16- en cimentación -15- en las que se introducen las barras de acero -12- previamente a su relleno con mortero de alta resistencia -17-.

En orden a facilitar el posicionamiento exacto, en el momento del montaje, de las piezas -2- y -3- y los distintos tramos de fuste -1- que estas conforman, tanto las juntas longitudinales -6- como las juntas transversales -7-, opcionalmente, podrán estar provistas de un sistema convencional de guiado -18- tal y como se detalla en la Fig. 17.

Finalmente y para garantizar la estabilidad de la pieza previamente a su posicionamiento definitivo, las piezas serán opcionalmente dotadas de un sistema de arrastramiento transversal -19- tal y como se representa en la Fig. 18.

Tal como se observa en las Figs. 19 a 21, de acuerdo a una realización alternativa, cada tramo o fuste -1- de la torre puede estar conformado por más de dos piezas -2- y -3- de sección de sector semicircular o poligonal, (seis piezas de tercio de sección en el ejemplo representado) la mitad de las cuales, en el arranque de cimentación de la torre y de forma intercalada, presentan una longitud normal -2- y las otras -3- aproximadamente la mitad, de forma que, en las sucesivas superposiciones de los tramos -1- siguientes, las uniones longitudinales -6- no están giradas y las transversales -7- quedan a distintos niveles, siendo la mitad de las piezas que culminan la torre, de nuevo de la mitad de longitud para quedar todas enrasadas en la cúspide.

Con referencia a las Figs. 3 y 4 el sistema de conexión entre elementos prefabricados pretensos, que se propone se

- materializa en este ejemplo de realización, a partir de unas piezas de pared prefabricadas -2-, como las referidas hasta este punto, provistas en su interior de unos tendones o cables pretensos con una porción del cable -4a- que sobresale al exterior alojada en unos conductos -24- previstos a tal efecto en la pieza de pared contigua -2- a la que se debe unir. Para obtener dicha unión en dicha pieza -2- contigua se le ha realizado un engrosamiento -21- de su sección transversal apto para el alojamiento de los elementos de anclaje -22- sobre los que se puede incorporar elementos de protección -23- tales como caperuzas o similares. Los citados conductos -24- pueden, estar situados todos al mismo lado de la junta tal como se observa en el ejemplo representado en la Fig. 3, o bien combinados a uno y otro lado, tal como se ha representado en el ejemplo de la figura 4.
- 5
- 10 Para facilitar el enfilado de los cables -4- en el interior de los conductos -4a-, el sistema de la invención prevé la utilización de elementos con ranuras longitudinales e incluso placas de anclaje comunes con dicha tipología (no representados).
- 15 Cabe destacar, que el sistema es no adherente en la zona del engrosamiento 21- en que se hallan los conductos - 4a-, dada la necesidad de un tensado a posteriori por una parte y de la rotura de la adherencia del hormigón en el extremo, por otra, pero sin embargo, se puede proteger el cable de tensado simplemente con grasa o cera, o alternativamente, efectuarse una inyección posterior del sistema de conexión con resina o lechada de cemento para proporcionar un sistema adherente.
- 20 La implementación de la invención es compatible con la realización de postensado local en ciertas partes de la torre con mayores requerimientos o con postensado que afecte sólo a algunas de las piezas de pared o a partes de las mismas, entendiendo que la mayoría de las piezas de pared dependerán de la rigidez estructural obtenida en su fabricación en el banco de fabricación.

REIVINDICACIONES

- 1.- Torre para una turbina eólica construida por medio de dos o más secciones anulares con una sección transversal poligonal o circunferencial, unidas entre sí por juntas transversales (7) en la que una de dichas secciones anulares puede estar provista de un fuste metálico y en el que una o más de las secciones anulares restantes se obtienen por lo menos por dos piezas de pared prefabricadas de hormigón (2, 3), dispuestas adyacentemente, unidas por juntas longitudinales, caracterizada porque
- cada una de las citadas piezas de pared prefabricadas de hormigón (2, 3) está obtenida por pretensado en taller, precomprimiendo su cuerpo en un banco de fabricación, mediante al menos unos cables que se extienden a todo su largo, tensados, de forma que el pretensado está incorporado en la pieza desde su fabricación y actúa como armadura resistente;
- cada una de dichas piezas de pared prefabricadas de hormigón (2, 3) está ensamblada con la adyacente o con dicho fuste metálico o con una cimentación para formar la torre, con una unión de dichas piezas de pared prefabricadas de hormigón (2, 3) establecida únicamente en una porción del extremo de la misma y sin un adicional postensado que afecte a toda la pieza de pared.
- cada una de dichas piezas de pared prefabricadas de hormigón (2, 3) tiene un grosor de pared entre 5 y 30 cm, con un pretensado centrado (4) y una armadura pasiva de refuerzo (5) en el perímetro de la sección u hormigón reforzado con fibras; y
- cada una de dichas piezas de pared prefabricadas de hormigón (2, 3) está hecha de hormigón de alta resistencia.
- 2.- Torre según la reivindicación 1, en la que las piezas de pared prefabricadas (2, 3) de una o más de dichas secciones anulares tienen en una o dos de sus porciones extremas una sección engrosada donde están configurados conductos para disposición a su través de dichos tramos de prolongación de los cables de pretensado o barras de unión proporcionando dicha unión a otra pieza de pared prefabricada de hormigón, un fuste metálico o una cimentación para formar la torre.
- 3.- Torre según la reivindicación 2 en la que la citada sección engrosada comprende unas configuraciones de grosor creciente desde un extremo de la pieza hasta la zona de desembocadura del conducto y se extiende a lo largo de un tramo longitudinal de longitud entre 50 y 300 cm.
- 4.- Torre según la reivindicación 2, en la que la citada sección engrosada sobresale hacia el interior, hacia el exterior o hacia ambas caras interior y exterior de la sección anular de la pieza de pared prefabricada de hormigón, ofreciendo en la zona más protuberante una superficie de anclaje para el postensado del cable o de una barra de unión.
- 5.- Torre según la reivindicación 2, en la que la citada sección engrosada abarca una sección anular completa o fracción de sección anular de la pieza de pared prefabricada de hormigón.
- 6.- Torre según la reivindicación 2, en la que en algunas de dichas piezas de pared prefabricadas de hormigón los cables de pretensado empleados para la precompresión de la pieza se prolongan por unos tramos, sobresaliendo al exterior de la pieza de pared, estando dichos tramos de prolongación previstos para su disposición insertados a través de dichos conductos configurados en una pieza de pared adyacente, para vinculación a la misma por un posterior tensado de dichos tramos de prolongación de cable, para obtener una junta transversal que garantiza la continuidad del pretensado, mientras dos piezas de pared superpuestas están dispuestas enfrentadas a testa.
- 7.- Torre según la reivindicación 2, en la que los citados conductos para paso de los cables sobresalientes o barras de unión para un posterior tensado están dotados de unas vainas.
- 8.- Torre según la reivindicación 1 en la que cada sección estructural anular comprende al menos dos piezas de pared (2) y (3) de sección transversal semicircular o poligonal de pared delgada con un pretensado centrado (4), o ligeramente desviado respecto al espesor de la pieza o con una distribución no uniforme a lo largo de la sección anular para corregir los efectos del peso propio u otras cargas temporales, y una armadura no pretensada (5) en el perímetro de la sección, quedando las piezas de pared (2,3) unidas entre sí mediante juntas longitudinales (6) y transversales.
- 9.- Torre según la reivindicación 1 en la que cada una de las piezas de pared prefabricadas (2, 3) o el fuste metálico son troncocónicos o cilíndricos, y porque las piezas de pared de las diferentes secciones anulares unidas por unas juntas transversales (7) tienen alturas distintas.
- 10.- Torre según la reivindicación 1, en la que además comprende uno o más cables o barras dispuestos a través de unas porciones sobresalientes, de mayor grosor, de los extremos de cada pieza de pared prefabricada de hormigón.

11.- Torre según la reivindicación 1, en la que dicho hormigón de alta resistencia se selecciona entre hormigón autocompactable u hormigón con fibras.

5 12.- Torre según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la ejecución de las uniones de las juntas longitudinales (6) están realizadas mediante bridas de hormigón perforadas (10), a lo largo del interior de los bordes longitudinales de la pieza prefabricada de hormigón, que permiten el cierre de la junta mediante pernos roscados y tuercas (11), con control del par de apriete.

10 13.- Torre según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las mencionadas juntas longitudinales (6), de las distintas secciones estructurales anulares, están desfasadas en sentido giratorio con el fin de evitar una junta longitudinal continua a lo largo de los diferentes tramos del fuste.

15 14.- Torre según las anteriores reivindicaciones en la que está prevista la ejecución de las uniones de las juntas transversales (7) tanto a cimentación como entre tramos, si procede, mediante un regruessamiento (13) a modo de valona en los extremos de cada pieza de pared, perforado en el sentido de la generatriz de la pieza de modo que permita el cosido mediante barras de acero (12) de alta resistencia que se postensarán en obra en el momento del montaje y de longitud suficiente para garantizar la continuidad del pretensado en todas las secciones de la torre, a
20 pesar de la pérdida de pretensión en las zonas de anclaje de los torones.

15.- Torre según las anteriores reivindicaciones, en la que las piezas prefabricadas de hormigón (2) y (3) intercaladas de arranque y las intercaladas de culminación de la torre son de distinta altura, preferentemente de la mitad de longitud, quedando las uniones transversales (7) entre piezas de los sucesivos tramos o fustes (1), a
25 distintos niveles, permitiendo el montaje de la torre sin necesidad de estructuras o elementos auxiliares de montaje.

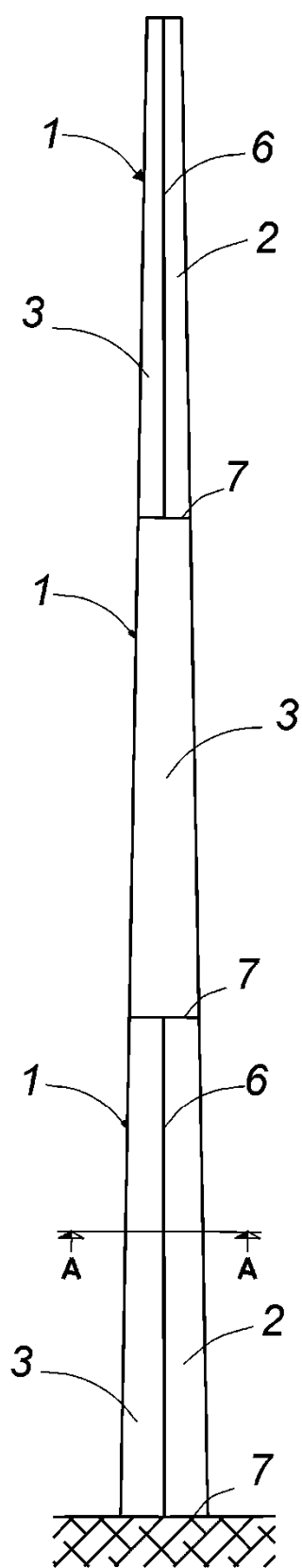


Fig. 1

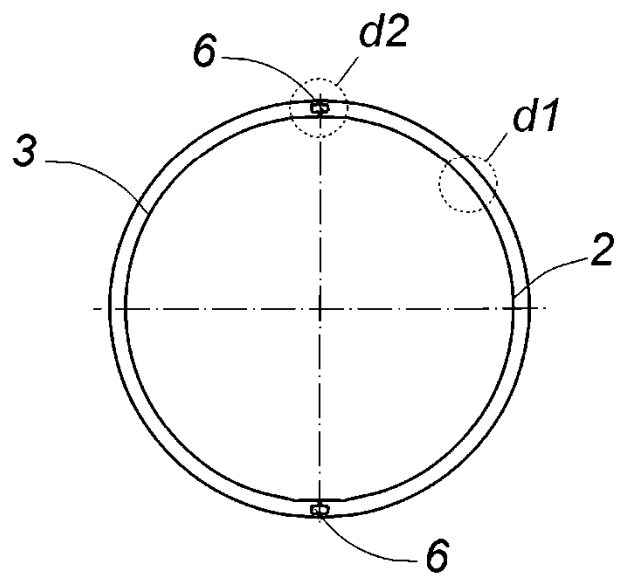


Fig. 2

Fig. 3

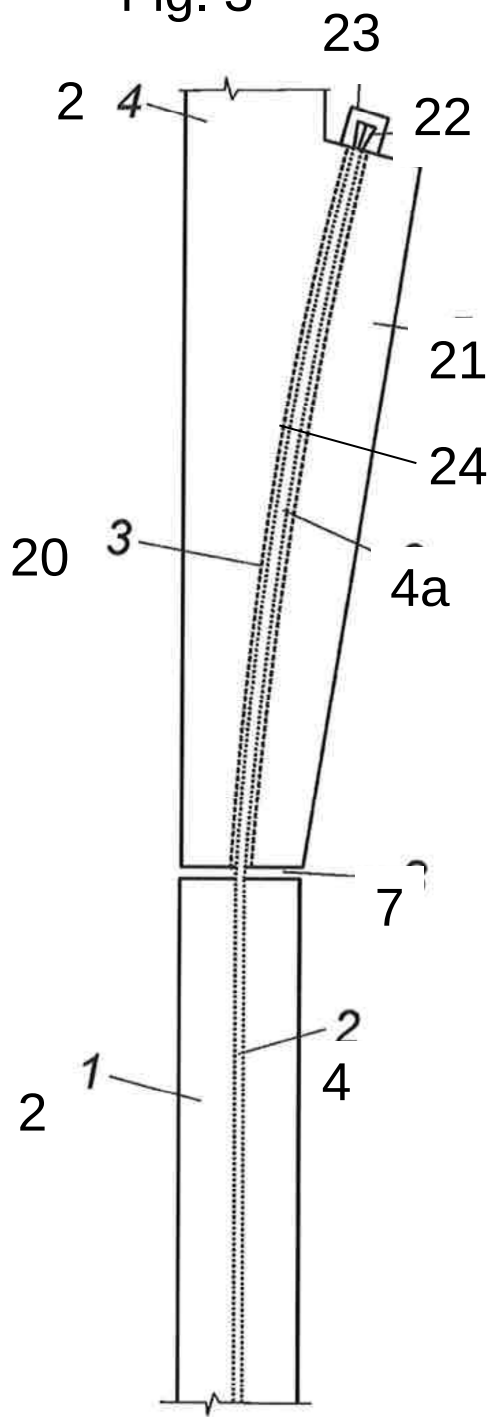
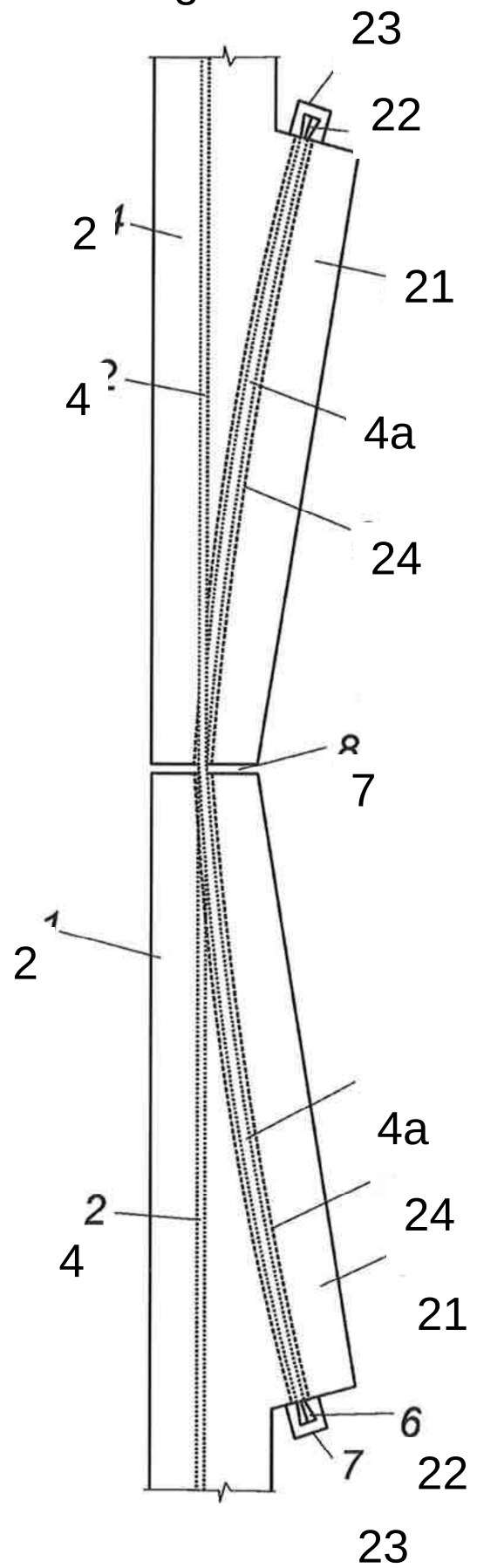


Fig. 4



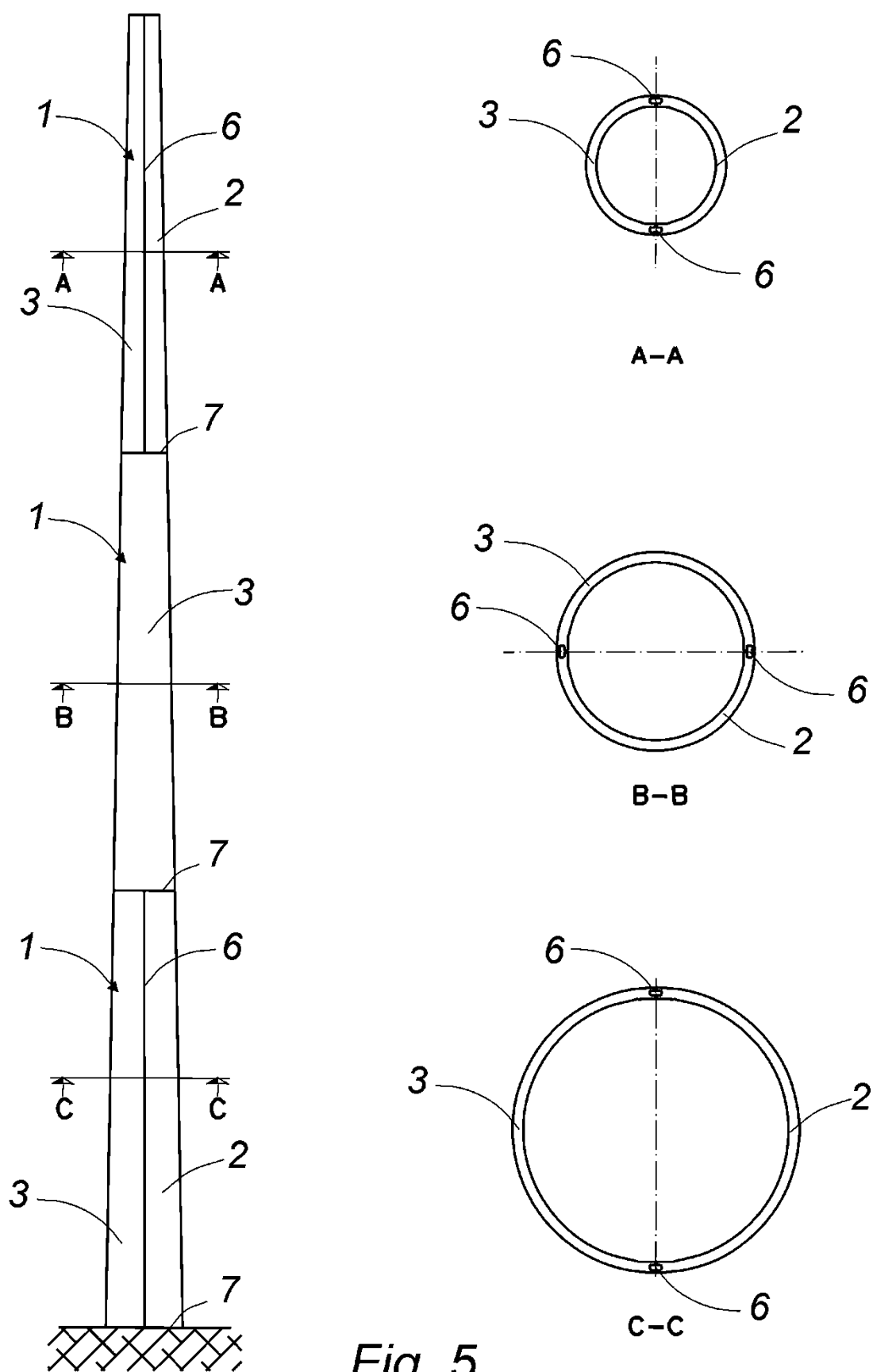


Fig. 5

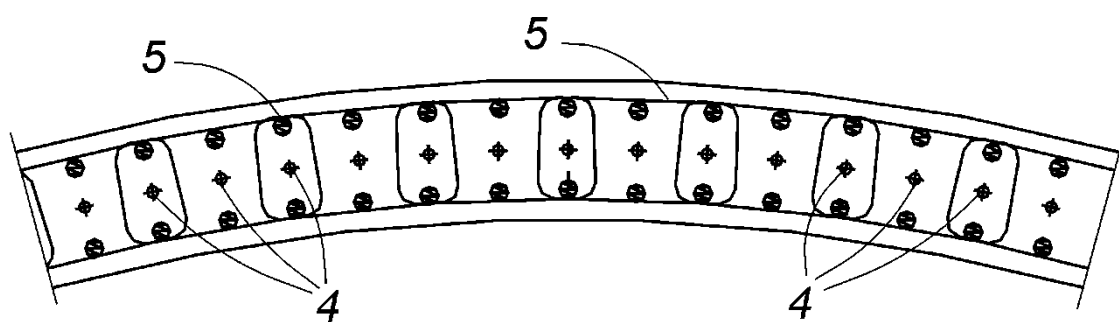


Fig. 6

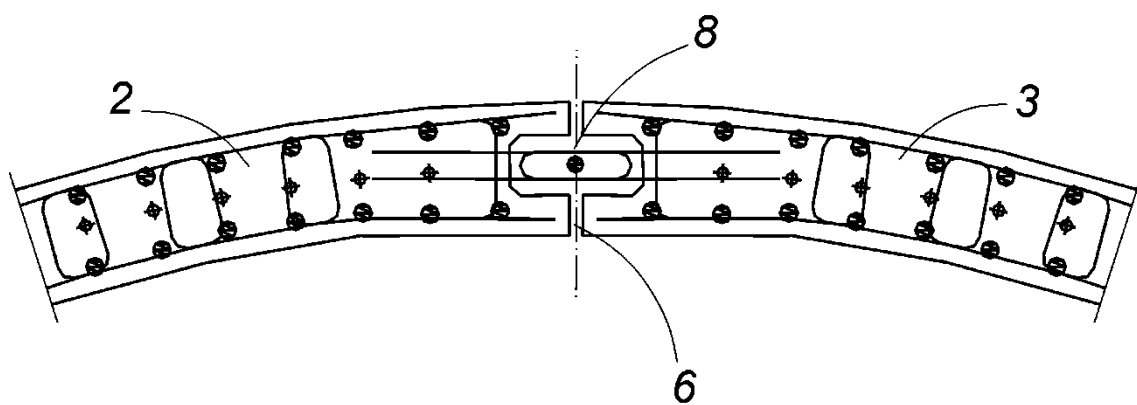


Fig. 7

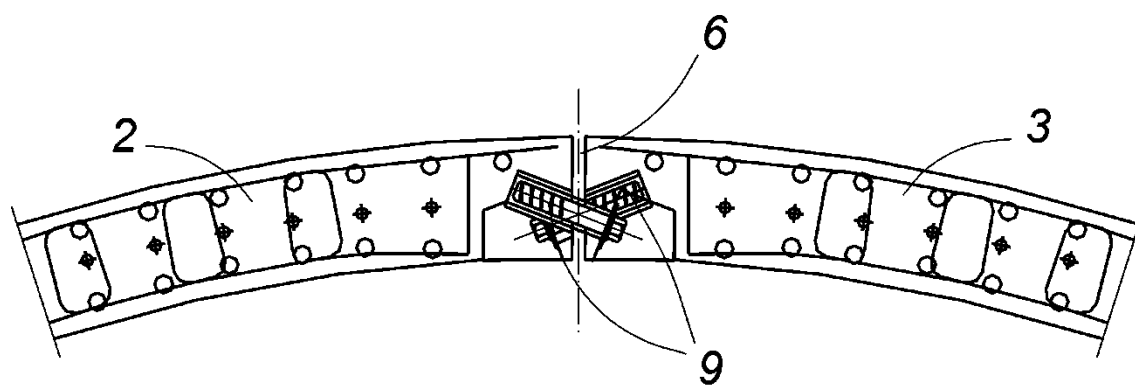


Fig. 8

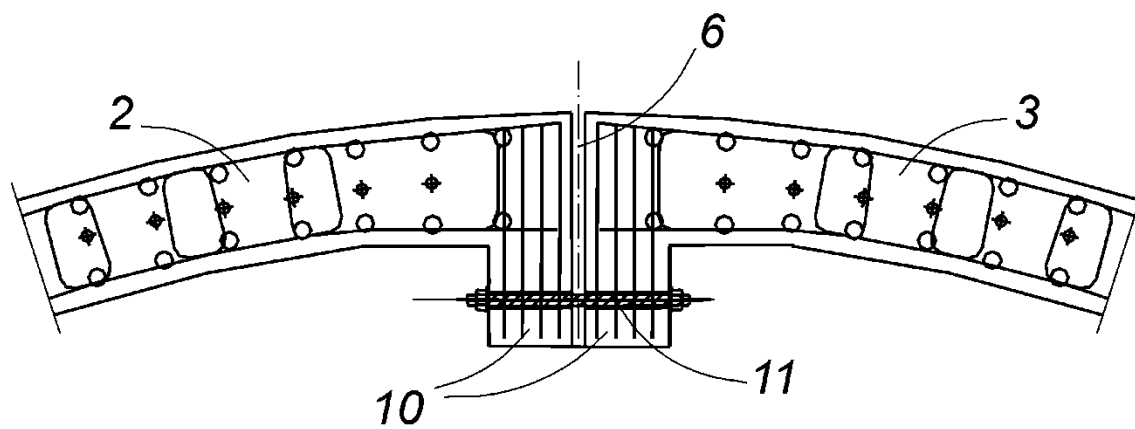


Fig. 9

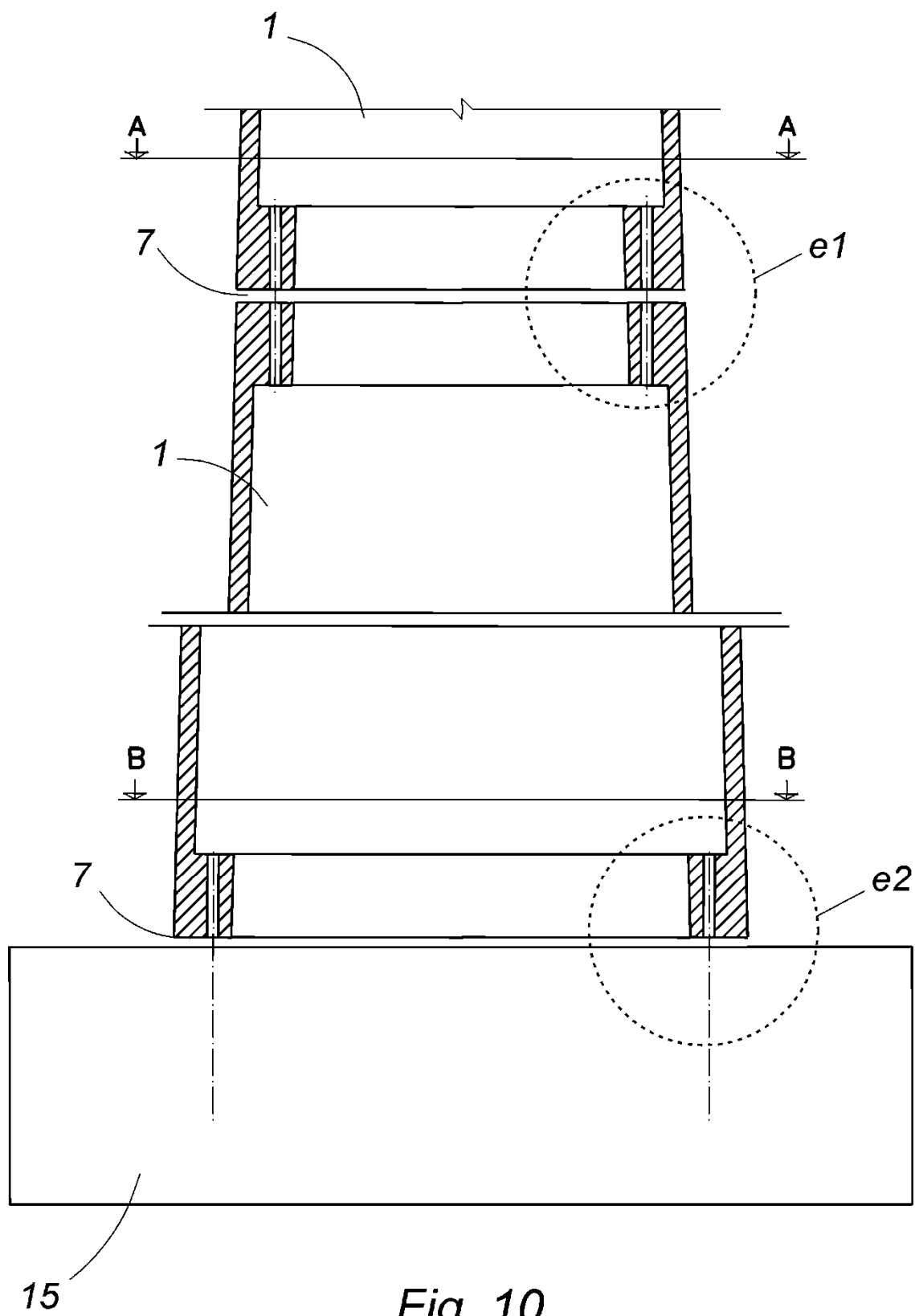


Fig. 10

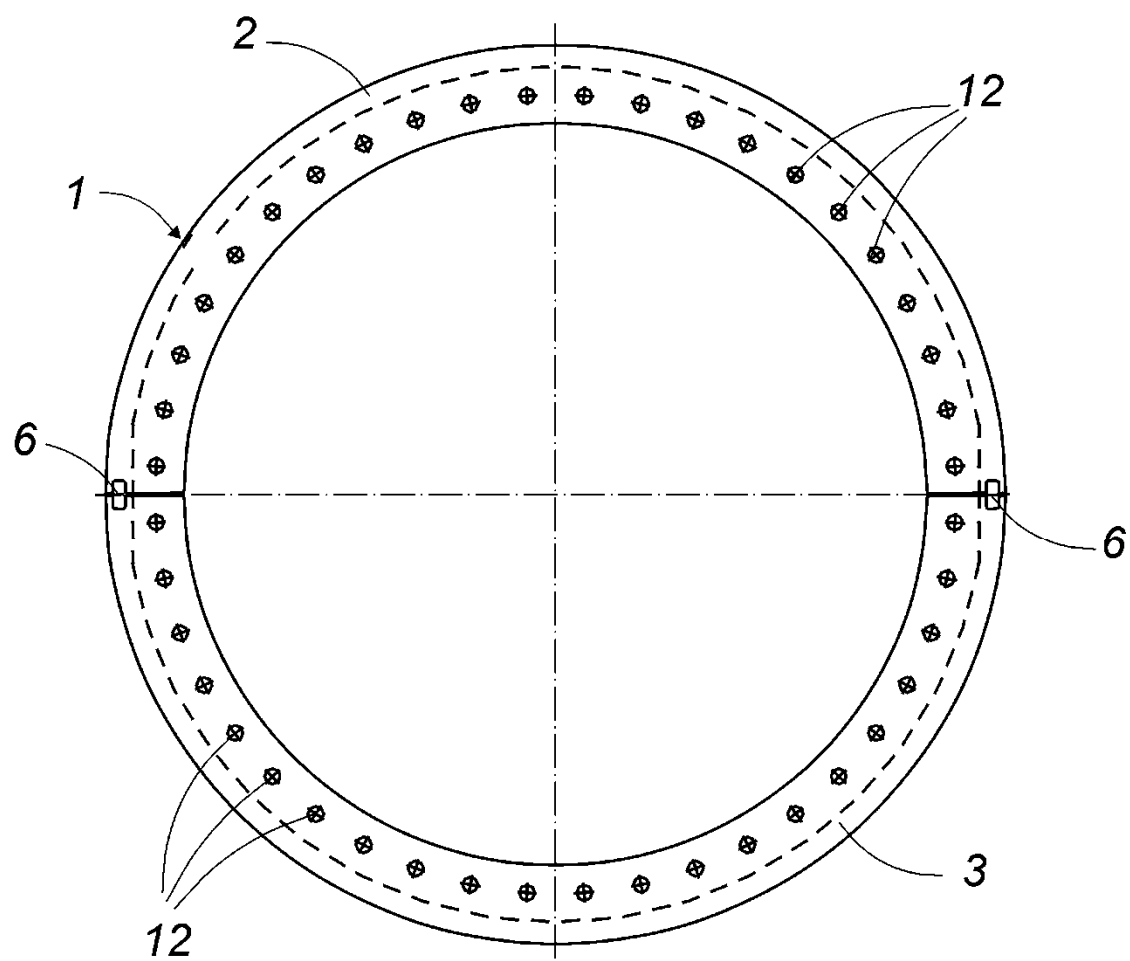


Fig. 11

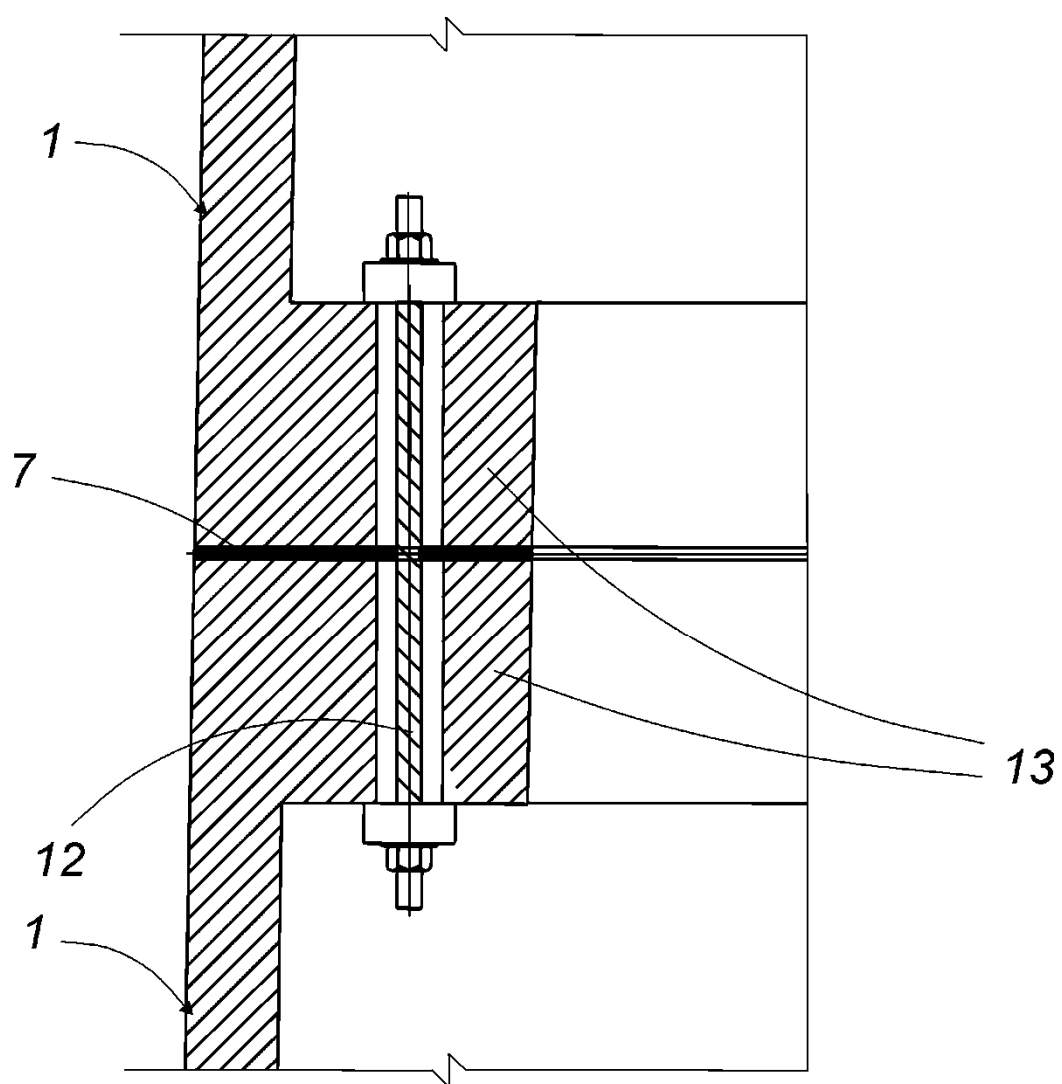


Fig. 12

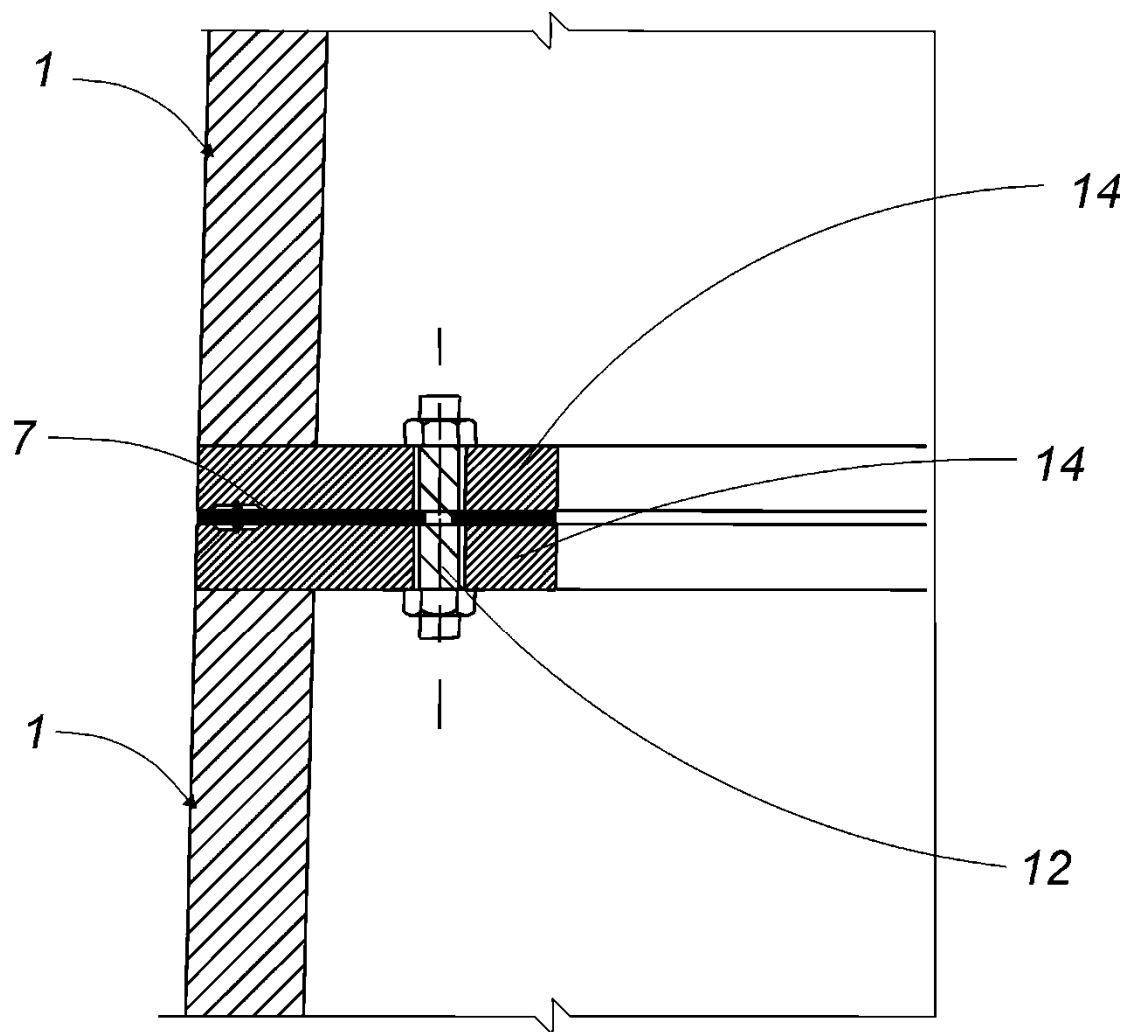


Fig. 13

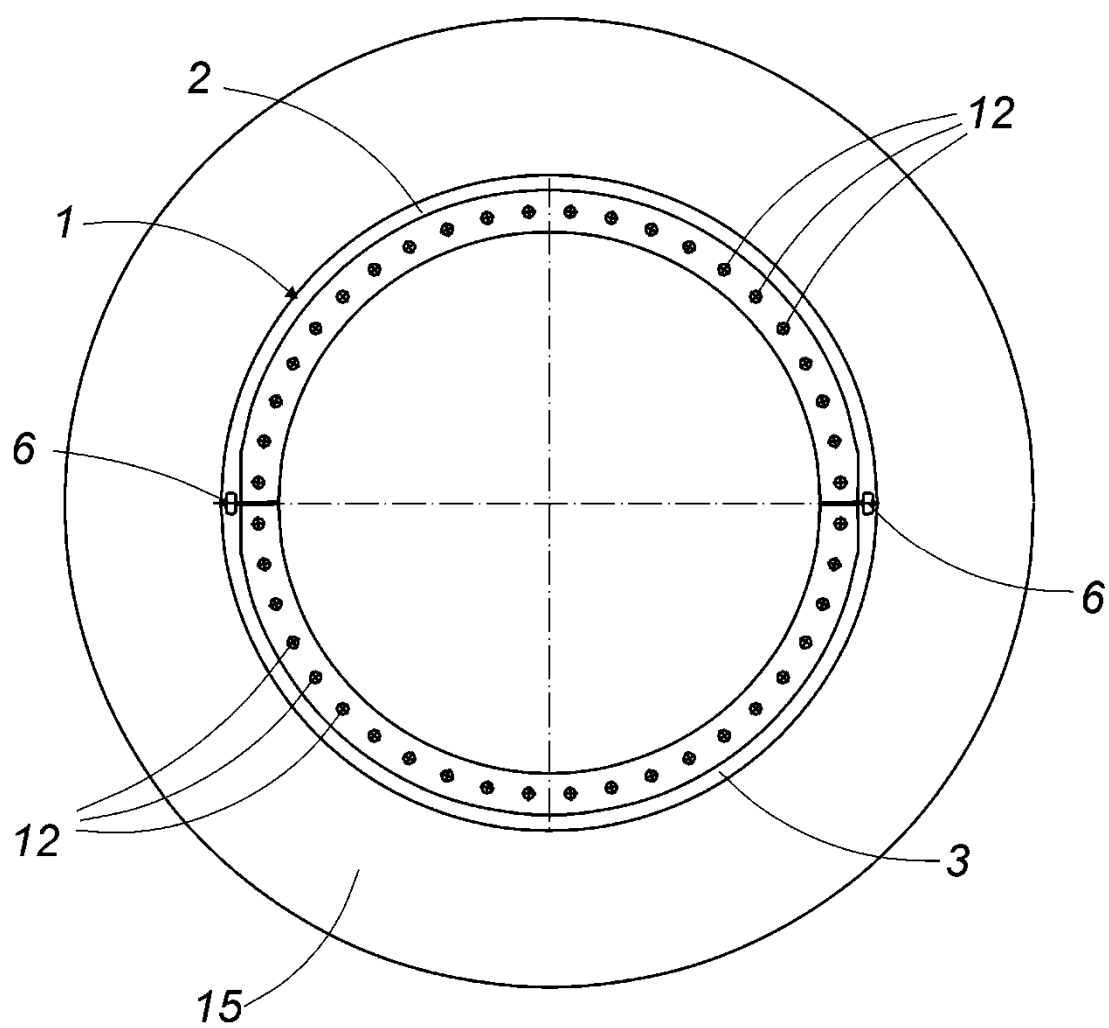


Fig. 14

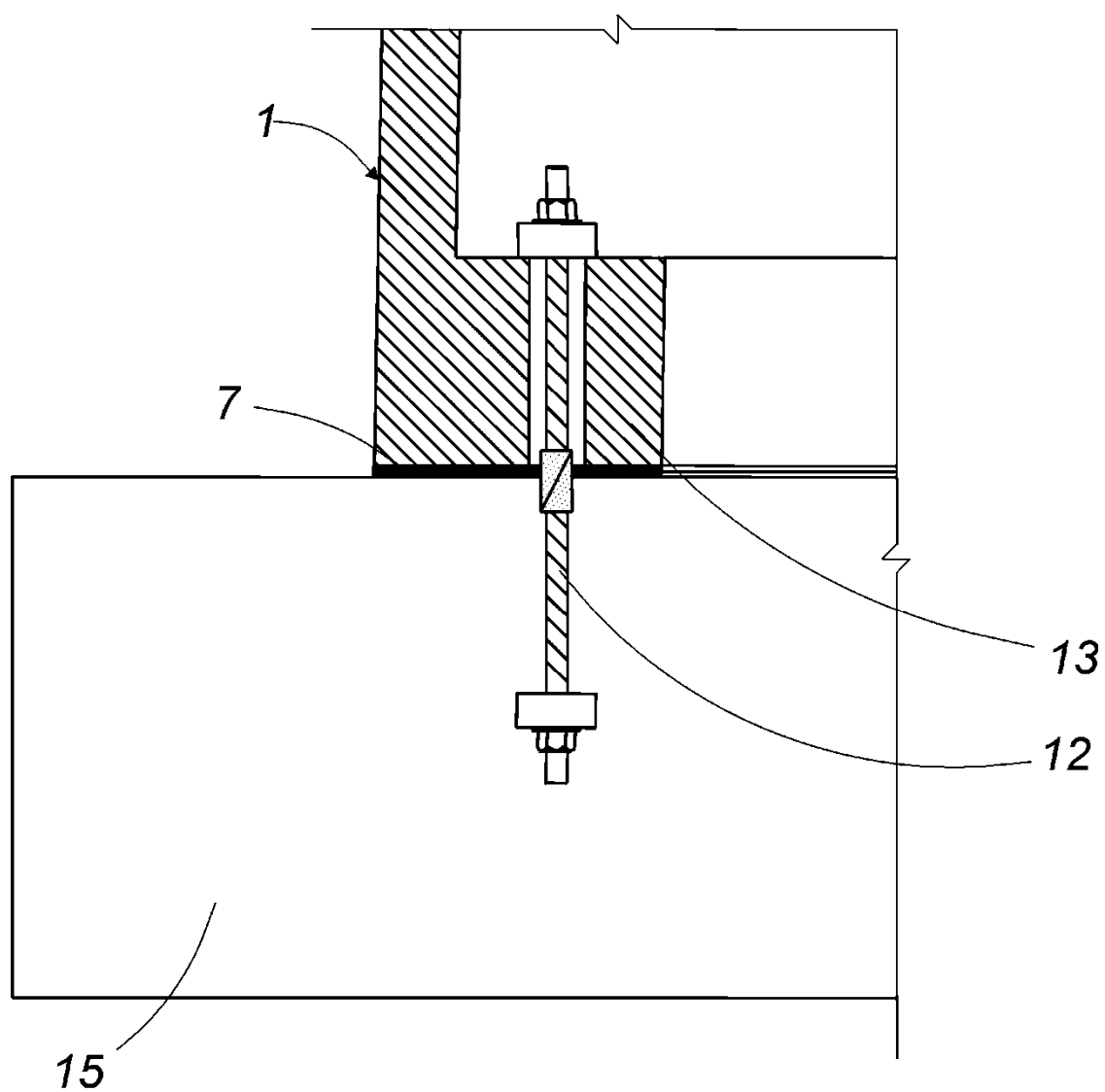


Fig. 15

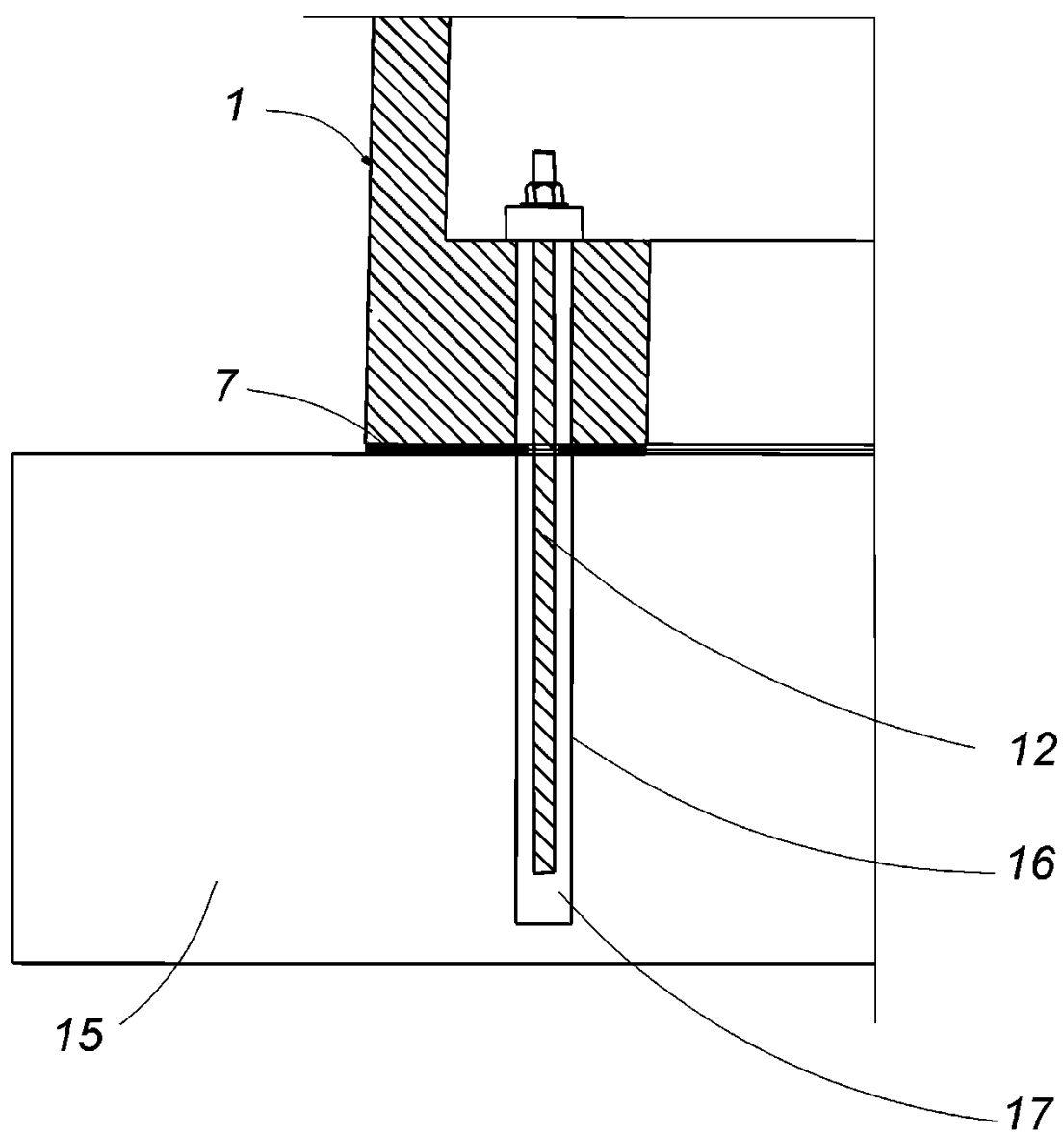
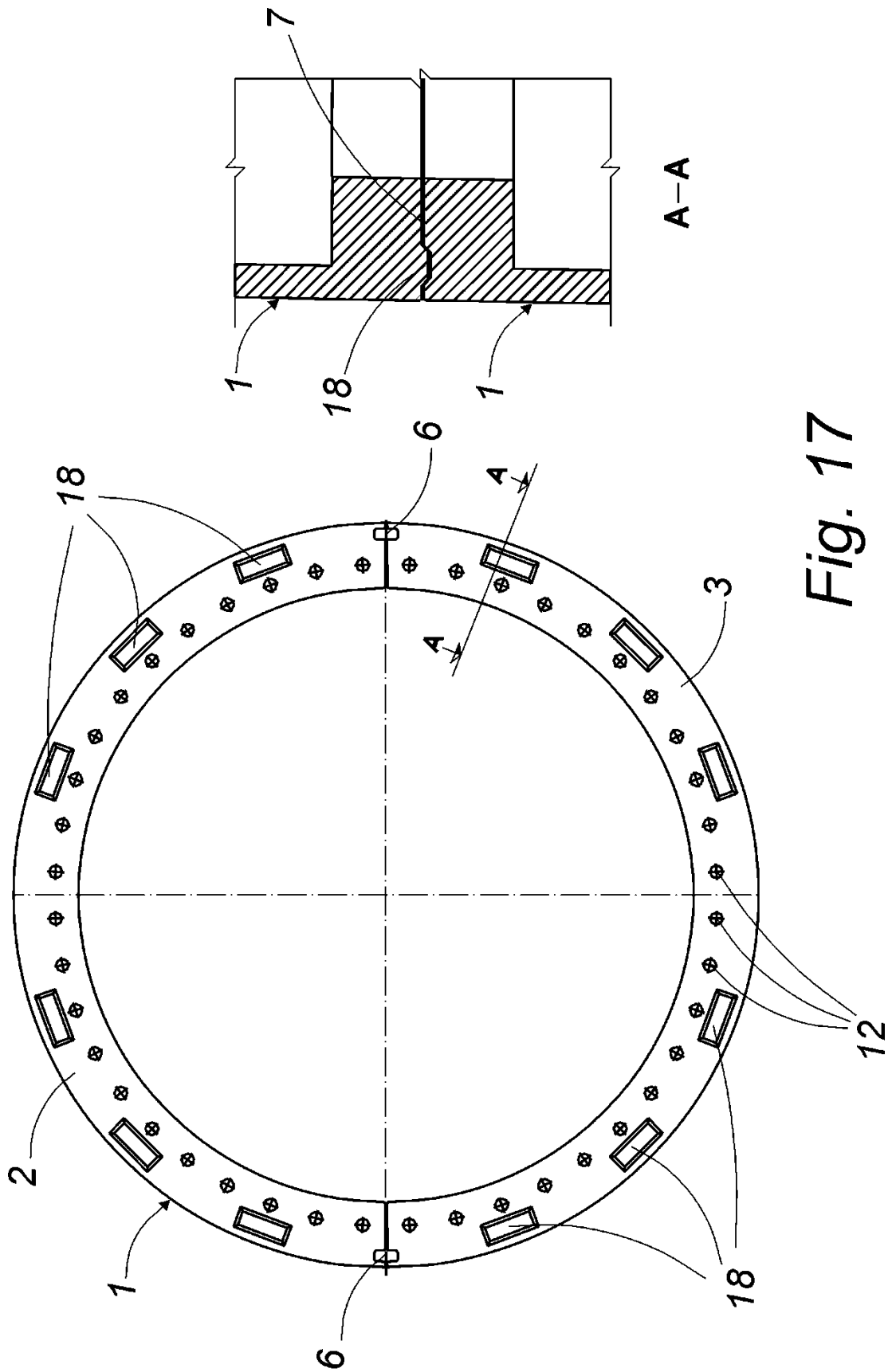


Fig. 16



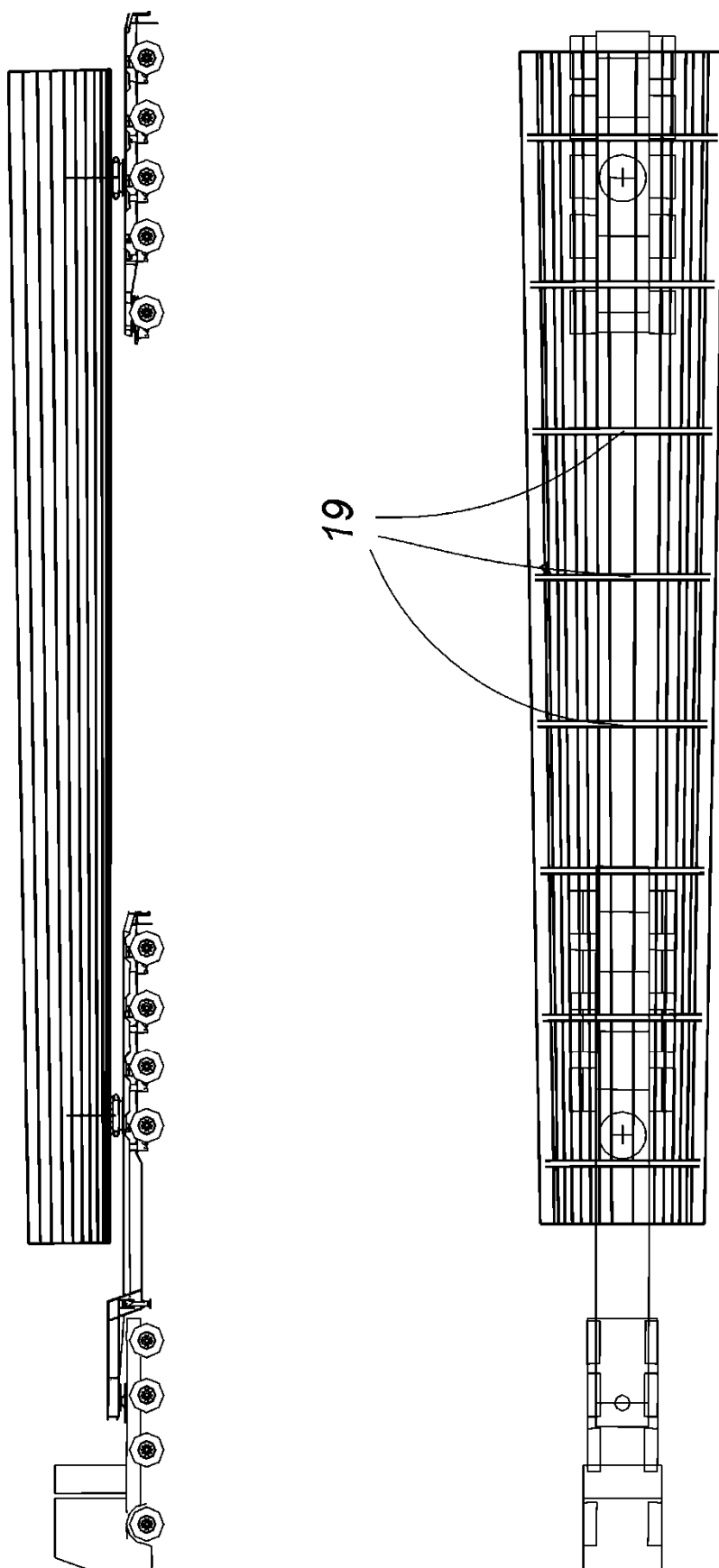


Fig. 18

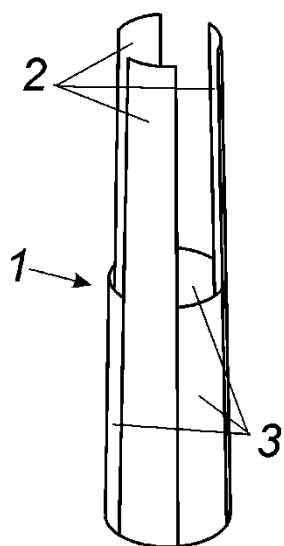


Fig. 19

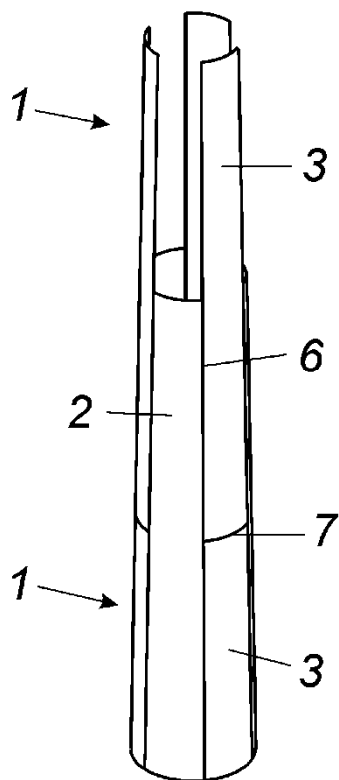


Fig. 20

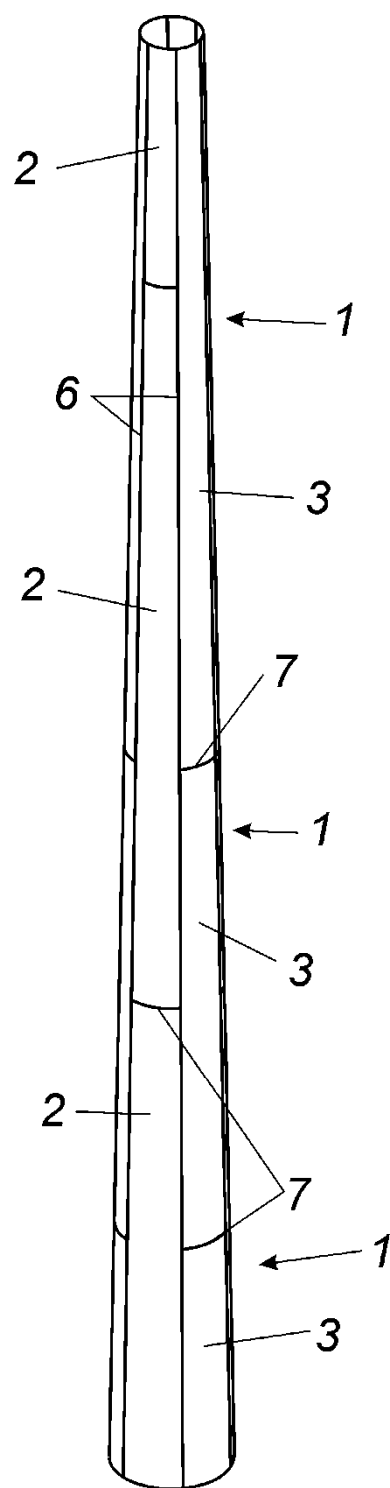


Fig. 21