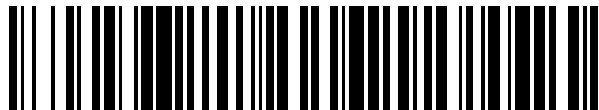


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 942 316**

51 Int. Cl.:

E02D 27/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.09.2017 PCT/IB2017/001123**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2018 WO18055444**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2017 E 17777643 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2023 EP 3516121**

54 Título: **Cimentación para un molino de viento**

30 Prioridad:

26.09.2016 AT 4402016

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

31.05.2023

73 Titular/es:

**HOLCIM TECHNOLOGY LTD (100.0%)
Zürcherstrasse 156
8645 Jona, CH**

72 Inventor/es:

**SCHULDT, CHRISTIAN y
STECHER, ARNE**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 942 316 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

Cimentación para un molino de viento

5 La invención se refiere a una cimentación para un molino de viento que comprende un pedestal circular o poligonal para soportar una torre de molino de viento y una pluralidad de nervios que sobresalen del pedestal radialmente hacia fuera.

10 Además, la invención se refiere a una turbina eólica con una torre de molino de viento que comprende un rotor, estando montada la torre de molino de viento sobre una cimentación.

15 El documento DE 103 21 647 A1 describe una cimentación para un molino de viento que comprende un pedestal circular o poligonal para soportar una torre de molino de viento y una pluralidad de nervios que sobresalen del pedestal radialmente hacia fuera. Los documentos WO2015/185770A1 y US2015/0052841A1 también divulgan cimentaciones para molinos de viento.

20 Una cimentación para un molino de viento del tipo mencionado al comienzo también se divulga en el documento WO 2004/101898 A2. Tal como se describe en el mismo, se requiere un elevado esfuerzo manual y administrativo para la fabricación de la cimentación de instalaciones de energía eólica terrestres, y la producción consume mucho tiempo. Dadas las dimensiones cada vez mayores de las turbinas eólicas modernas, la cimentación está expuesta a cargas muy altas y debe dimensionarse en consecuencia. Las turbinas eólicas actuales tienen una torre de hasta 150 m de altura y generan hasta 6 MW. En la mayor parte de los casos, la torre o mástil de las turbinas eólicas es de hormigón armado y se construye utilizando elementos de hormigón prefabricados. Alternativamente, la torre del molino de viento también puede estar formada por una estructura de acero.

25 Hasta la fecha, las cimentaciones para instalaciones de energía eólica se han producido esencialmente excavando un foso de cimentación, introduciendo una estructura de base granular, erigiendo un elemento de cimentación, realizando los trabajos de encofrado y de refuerzo necesarios y llenando posteriormente el foso de cimentación con hormigón en obra, en las que el hormigón se ha transportado al sitio de trabajo como hormigón preparado por camiones hormigonera y se ha vertido en el foso de cimentación. El elemento de cimentación central presenta habitualmente una configuración cilíndrica hueca y, por lo general, se prefabrica y se transporta como una unidad al lugar de montaje en cuestión.

30 La fabricación de una cimentación para un molino de viento utilizando hormigón en obra está asociada con una serie de desventajas. Requiere una logística compleja para la planificación de las actividades de fabricación en el sitio de construcción y está asociada, con respecto a la erección del encofrado y de la estructura de refuerzo, así como con respecto al transporte y el vertido del hormigón, a procesos en el sitio de construcción que consumen mucho tiempo y son costosos. Esto es especialmente cierto si se considera que es posible que se requieran hasta 1000 m³ de hormigón para cimentaciones grandes.

35 Para mejorar el proceso de construcción de una cimentación, ya en el documento WO 2004/101898 A2 se ha propuesto construir la cimentación con elementos de hormigón prefabricados. Dichos elementos de hormigón se fabrican en una instalación de prefabricación y se transportan al sitio de trabajo donde se posicionan mediante el uso de una grúa y después se conectan entre sí. De esta manera, la duración de los procesos de construcción en el sitio de trabajo puede reducirse significativamente. Los elementos de hormigón prefabricados, cuando se conectan entre sí, forman una cimentación que comprende un pedestal central y una pluralidad de nervios, cada uno de los cuales se proyecta radialmente hacia fuera desde el pedestal. Cada elemento de hormigón prefabricado forma uno de los nervios y una sección circunferencial del pedestal asociada al mismo. Las secciones circunferenciales del pedestal se conectan entre sí mediante bridas atornilladas. Tal como se describe en el documento WO 2004/101898 A2, los elementos de hormigón prefabricados pueden estar reforzados con acero. Una vez formada la cimentación, la torre o mástil del molino de viento se erige sobre el pedestal y se fija sobre el pedestal utilizando pernos de anclaje.

40 Mediante el uso de elementos de hormigón prefabricados, los elementos se pueden fabricar en un entorno controlado, por lo que se puede mejorar la calidad del hormigón endurecido. Desde un punto de vista financiero, los moldes que se usan en una instalación de prefabricación se pueden reutilizar muchas veces antes de que sea necesario reemplazarlos, por lo que el coste del molde o, respectivamente, del encofrado por unidad es menor que en la producción de hormigón en obra, en la que cada vez es necesario construir específicamente un encofrado. Aunque el encofrado se pueda utilizar varias veces, debe transportarse de un lugar a otro y limpiarse adecuadamente.

45 Las turbinas eólicas están sometidas a cargas y esfuerzos de carácter específico que la cimentación debe absorber. El propio viento actúa de forma impredecible y cambiante. Por otra parte, con instalaciones cada vez más grandes, actúan sobre la estructura componentes de carga dinámica debidos a vibraciones y resonancias. Además, las torres con una altura de 100 metros o más, debido al momento de vuelco generado, transfieren cargas excéntricas significativas a la cimentación. A este respecto, el hormigón de la cimentación debe resistir la

compresión que se produce en la zona comprimida y la estructura de refuerzo del hormigón debe absorber las fuerzas de expansión en la parte opuesta de la cimentación debido a que el propio hormigón presenta una resistencia a la expansión relativamente baja. Las cimentaciones constituidas por elementos de hormigón prefabricados armado tienen la ventaja de que las prestaciones y la calidad del hormigón, así como la calidad de la fabricación, en particular del proceso de acabado y endurecimiento, son mayores, lo que se traduce en un menor riesgo de formación de fisuras y una mayor resistencia frente a cargas dinámicas y estáticas.

En general, es deseable montar la torre o mástil del molino de viento directamente sobre la cimentación. Sin embargo, la fijación de la torre a la cimentación no está estandarizada, sino que debe adaptarse a las circunstancias específicas de la construcción del molino de viento respectivo. Así, los molinos de viento varían en las dimensiones y la forma de la torre, en el material de la torre (acero u hormigón) y en el tipo de la fijación prevista (por ejemplo, pernos de anclaje o fijación con cables tensores). Por lo tanto, es necesario adaptar la cimentación a estas circunstancias, lo que, no obstante, es desventajoso en el caso de cimentaciones con piezas prefabricadas de hormigón en el sentido de que no es posible una producción en serie estandarizada de dichas cimentaciones.

Otra desventaja de las cimentaciones montadas a partir de piezas prefabricadas de hormigón es que los elementos de hormigón deben transportarse desde la fábrica hasta el lugar de erección del molino de viento. El objetivo general de minimizar la cantidad de piezas prefabricadas de hormigón que componen la cimentación da como resultado elementos de hormigón grandes y voluminosos, cuyo transporte representa un desafío particular. Sin embargo, para permitir el transporte con los vehículos de transporte por carretera generalmente disponibles, se deben respetar las dimensiones máximas de transporte, que el componente que se va a transportar no debe exceder.

Por lo tanto, la presente invención tiene como objetivo proporcionar una cimentación mejorada para un molino de viento, que consta de elementos de hormigón prefabricados que, en la medida de lo posible, pueden producirse en serie para un campo de aplicación lo más amplio posible, al tiempo que se posibilita una fácil adaptación a las circunstancias específicas de la construcción de la torre respectiva.

Para alcanzar este objetivo, la invención proporciona una cimentación según las reivindicaciones adjuntas 1-19.

Debido al hecho de que el pedestal está dividido en la dirección de la altura en una sección anular de base inferior y una sección anular adaptadora superior, cada una de las cuales está constituida por elementos de hormigón prefabricados, los elementos de hormigón de la sección anular de base siempre se pueden diseñar de forma idéntica sin tener que adoptar adaptaciones específicas del fabricante para la región de la torre. Esto permite la producción en serie de los elementos de hormigón que forman la sección anular de base. Según la invención, las adaptaciones estructurales a la región de la torre se realizan mediante la sección anular adaptadora. La sección anular adaptadora genera la conexión óptima en términos de fuerza entre la cimentación con piezas prefabricadas, es decir, la sección anular de base, y la torre de energía eólica, y da lugar, por lo tanto, a una estandarización mejorada de la cimentación con piezas prefabricadas.

Adicionalmente a las adaptaciones estructurales requeridas por la torre, el diseño de la sección anular adaptadora puede, si se desea, considerar otras funciones. Por ejemplo, pero sin formar parte de la invención reivindicada, la sección anular adaptadora puede incluir una entrada, tal como, por ejemplo, una puerta de entrada a la torre. Además, la sección anular adaptadora puede estar provista de puntos de fijación prefabricados para alojar cables de conexión a la red y/o un sistema de alimentación o presentar un receptáculo prefabricado para instalaciones eléctricas. Además, la sección anular adaptadora puede presentar escaleras dispuestas en el interior del espacio delimitado por la sección anular adaptadora o preparaciones estructurales para ascensores.

La invención proporciona además un procedimiento para fabricar una cimentación de molino de viento según la reivindicación 20.

Otra ventaja del diseño según la invención resulta del hecho de que la división en altura de la cimentación en una sección anular de base y una sección anular adaptadora da lugar a una reducción en la altura de los componentes de los elementos de hormigón prefabricados, de tal manera que se posibilita el cumplimiento de una altura de transporte máxima especificada de, por ejemplo, 4,0 m.

Según la presente invención, la sección anular de base está dividida en una pluralidad de secciones circunferenciales, estando formados cada sección circunferencial de la sección anular de base y un nervio que sobresale hacia fuera desde la sección circunferencial de una sola pieza entre sí como un elemento de hormigón prefabricado. A este respecto, los elementos de hormigón prefabricados presentan preferentemente cada uno una sección interior a modo de segmento anular, formando las secciones interiores a modo de segmento anular de todos los elementos de hormigón que forman la sección anular de base en su posición yuxtapuesta una estructura anular cerrada, que encierra un espacio hueco interior de la cimentación. Además, los elementos de hormigón prefabricados presentan preferentemente cada uno una sección radialmente exterior que forma el nervio mencionado. Los nervios de los elementos de hormigón individuales se disponen preferentemente de forma separada entre sí en el estado montado o ensamblado de la cimentación.

5 En un diseño alternativo no según la invención está previsto que una sección circunferencial de la sección anular de base y un nervio que sobresale hacia fuera desde la sección circunferencial estén formados por al menos dos elementos de hormigón prefabricados que se unen entre sí en dirección radial. Esto permite dividir la estructura formada por la sección circunferencial de la sección anular de base y el nervio asociado en al menos dos secciones radialmente contiguas, cada una de las cuales está formado por un elemento de hormigón prefabricado. Básicamente, la división puede realizarse de cualquier forma. Por ejemplo, la sección circunferencial de la sección anular de base puede estar formada por un elemento de hormigón prefabricado individual y el nervio por un elemento de hormigón prefabricado individual. El nervio en sí mismo puede estar compuesto por al menos dos elementos de hormigón prefabricados radialmente contiguos entre sí. También es posible un diseño en la que la sección circunferencial de la sección anular de base y una subsección radial interior del nervio estén formadas conjuntamente por un único elemento de hormigón prefabricado y que al menos una subsección radial exterior del nervio esté formada por al menos otro elemento de hormigón prefabricado.

15 Según un diseño preferido, la sección anular adaptadora está dividida en al menos dos secciones circunferenciales, estando formado cada sección circunferencial por un elemento de hormigón prefabricado. Los elementos de hormigón prefabricados de la sección anular adaptadora están colocados sobre los elementos de hormigón prefabricados de la sección anular de base en el estado ensamblado de la cimentación.

20 La sección anular adaptadora y la sección anular de base presentan preferentemente una división circunferencial que difiere entre sí. A este respecto, los planos divisorios de la división circunferencial de la sección anular adaptadora discurren preferentemente en forma vertical. Los planos divisorios de la división circunferencial de la sección anular adaptadora están dispuestos preferentemente de forma desplazada con respecto a los planos divisorios de la división circunferencial de la sección anular de base. Las secciones circunferenciales de la sección anular adaptadora presentan preferentemente la misma extensión circunferencial entre sí. Las secciones circunferenciales de la sección anular de base también pueden presentar entre sí la misma extensión circunferencial. Se puede lograr que la sección anular adaptadora y la sección anular de base presenten una división circunferencial diferente, por ejemplo, si la extensión circunferencial de las secciones circunferenciales de la sección anular adaptadora es diferente de la extensión circunferencial de las secciones circunferenciales de la sección anular de base. La sección anular adaptadora presenta preferentemente una división circunferencial de 180°.

35 Una reducción de la altura de los componentes de los elementos de hormigón prefabricados y, por tanto, una simplificación del transporte se consigue según un perfeccionamiento preferido si la sección anular adaptadora presenta al menos dos anillos de elementos de hormigón prefabricados dispuestos uno encima del otro. A este respecto, los anillos pueden estar divididos cada uno en al menos dos secciones circunferenciales y cada sección circunferencial puede estar formada por un elemento de hormigón prefabricado, estando las divisiones circunferenciales preferentemente desplazadas una con respecto a otra, en particular desplazadas 90°. De esta forma se evita un plano divisorio continuo que podría debilitar la cimentación.

40 Como ya se ha mencionado, la sección anular adaptadora está dispuesta sobre la sección anular de base en el estado ensamblado de la cimentación. La subdivisión del pedestal en una sección anular de base y una sección anular adaptadora discurre preferentemente a lo largo de al menos una superficie divisoria que comprende un plano horizontal.

45 La superficie divisoria también puede formar preferentemente al menos un escalón, de modo que entre la sección anular adaptadora y la sección anular de base se produzca una unión por ajuste de forma a lo largo de una superficie preferentemente cilíndrica en dirección radial. Como resultado, la sección anular adaptadora se adapta a la cimentación con piezas prefabricadas en el círculo interior de tal manera que se forma, en la práctica, una estructura continua.

50 Para favorecer el flujo de fuerza desde la sección anular adaptadora hacia los nervios, que generalmente se estrechan hacia fuera en la dirección de la altura, otra forma de realización preferida prevé que una sección del borde exterior de la superficie divisoria esté formada por una superficie anular circular que discurre oblicuamente hacia arriba y hacia fuera.

55 Preferentemente, están previstos elementos de conexión, tales como, por ejemplo, conexiones por tornillo, para la conexión preferentemente separable de la sección anular adaptadora con la sección anular de base. La sección anular adaptadora se conecta preferentemente desde arriba con la sección anular de base utilizando los elementos de conexión mencionados. Los medios de conexión están formados, por ejemplo, por pernos roscados que se enroscan en orificios roscados que discurren preferentemente de forma vertical. Alternativamente, los pernos roscados pueden disponerse de forma que pasen a través de orificios pasantes tanto de la sección anular de base como de la sección anular adaptadora y tensen conjuntamente las secciones mencionadas mediante la aplicación de tuercas en los extremos opuestos.

60 Otro diseño preferido de la invención prevé que la sección anular adaptadora comprenda una superficie de apoyo

horizontal para la torre del molino de viento y medios de anclaje para anclar la torre del molino de viento sobre el pedestal, comprendiendo los medios de anclaje preferentemente unos pernos de anclaje y/o pasos para cables. Los pernos de anclaje están previstos generalmente para la fijación de una torre diseñada como estructura de acero. Los pasos para cables están previstos generalmente para la fijación de torres de hormigón.

5

Los elementos de conexión para conectar la sección anular adaptadora con la sección anular de base están dispuestos preferentemente radialmente en el exterior del medio de anclaje para anclar la torre del molino de viento sobre el pedestal. Alternativamente, los elementos de conexión previstos para conectar la sección anular adaptadora con la sección anular de base, en particular los pernos roscados, también se pueden usar para anclar la torre del molino de viento sobre el pedestal. Para ello, un diseño preferido prevé que los elementos de conexión para conectar la sección anular adaptadora con la sección anular de base estén formados por los medios de anclaje para anclar la torre del molino de viento sobre el pedestal.

10

Los elementos de hormigón prefabricados que forman el pedestal, incluida la sección anular adaptadora y la sección anular de base, así como los nervios, son preferentemente de hormigón armado. Por hormigón armado se entiende, a este respecto, hormigón que presenta elementos de refuerzo, tales como, por ejemplo, un herraje incrustado en el hormigón compuesto por varillas de refuerzo/elementos de construcción de acero y/o elementos tensores para tensar conjuntamente los elementos de hormigón o, respectivamente, pretensar los mismos en el contexto de hormigón pretensado.

15

20

A diferencia de las cimentaciones de hormigón en obra, las cimentaciones de elementos de hormigón prefabricados no proporcionan una estructura monolítica sin medidas adicionales, por lo que deben buscarse soluciones técnicas para conectar de forma segura los elementos de hormigón prefabricados entre sí para imitar una estructura monolítica. Para lograr que la cimentación según la invención se comporte de manera similar a una cimentación monolítica para soportar cargas estáticas y dinámicas elevadas, un diseño preferido prevé que los elementos de hormigón prefabricados de la sección anular de base y los elementos de hormigón prefabricados de la sección anular adaptadora estén constituidos por hormigón armado, que presenta una primera estructura de refuerzo, en particular elementos, varillas o alambres de refuerzo, que están incrustados en los elementos de hormigón prefabricados y/o que están diseñados como elementos tensores para tensar conjuntamente los elementos de hormigón prefabricados, y que se proporcione una segunda estructura de refuerzo que mantiene los elementos de hormigón prefabricados unidos y se acopla a la primera estructura de refuerzo.

25

30

La segunda estructura de refuerzo puede ser de cualquier tipo adecuado para sujetar rígidamente los elementos de hormigón prefabricados para formar una estructura monolítica. La segunda estructura de refuerzo difiere de la primera estructura de refuerzo y, por lo tanto, preferentemente no está incrustada en los elementos de hormigón prefabricados. La segunda estructura de refuerzo se acopla a este respecto a la primera estructura de refuerzo, como resultado de lo cual se posibilita una trayectoria de carga ininterrumpida entre las estructuras de refuerzo, de manera que las fuerzas introducidas en la cimentación se distribuyan de forma eficaz. En el contexto de la invención, el acoplamiento de la primera y la segunda estructura de refuerzo significa que las fuerzas que actúan sobre la primera estructura de refuerzo se transmiten a la segunda estructura de refuerzo sin disponer hormigón entre las mismas, y viceversa. En consecuencia, las estructuras de refuerzo primera y segunda pueden conectarse entre sí directamente o a través de un elemento de conexión rígido diferente al hormigón.

35

40

La primera estructura de refuerzo presenta preferentemente varillas de refuerzo de acero o de un material rígido similar. Preferentemente, las varillas de refuerzo se extienden en la dirección longitudinal de los nervios. Pueden extenderse varillas de refuerzo adicionales de forma perpendicular u oblicua a las varillas de refuerzo que se extienden en la dirección longitudinal de los nervios. También se pueden disponer adicionalmente varillas/perfiles de refuerzo adicionales en el pedestal y extenderse en dirección axial desde el mismo. Las varillas de refuerzo alargadas pueden extenderse preferentemente en dirección radial hacia el centro de la cimentación, pudiendo estar dispuestas las varillas de refuerzo alargadas en un plano horizontal o pudiendo extenderse de forma oblicua con respecto al plano horizontal, en particular de forma ascendente hacia el pedestal. En el último caso mencionado, las varillas de refuerzo están sustancialmente alineadas con la trayectoria de la carga con respecto a las fuerzas derivadas radialmente hacia fuera desde el pedestal.

45

50

La segunda estructura de refuerzo presenta preferentemente una pluralidad de elementos de refuerzo alargados rígidos, en particular perfiles o varillas de acero, cada uno de los cuales conecta entre sí los elementos de hormigón prefabricados de un par de elementos de hormigón prefabricados dispuestos en oposición de tal manera que atraviesen un espacio hueco rodeado por el pedestal. Los elementos de refuerzo alargados de la segunda estructura de refuerzo se acoplan a la primera estructura de refuerzo, en particular a las varillas de refuerzo, preferentemente a las varillas de refuerzo que se extienden en la dirección longitudinal de los nervios. De esta forma, las varillas de refuerzo incrustadas en elementos de hormigón prefabricados dispuestos en oposición están conectadas entre sí por los elementos de refuerzo alargados de la segunda estructura de refuerzo, formando una trayectoria de transmisión de carga entre la primera estructura de refuerzo de los elementos de hormigón prefabricados dispuestos en oposición. Como resultado, la carga de extensión ejercida sobre la cimentación debida a un momento de flexión de la torre no solo es absorbida por la primera estructura de refuerzo dispuesta en un lado de la cimentación, sino que también se transmite a la primera estructura de refuerzo dispuesta en el lado

55

60

65

opuesto de la cimentación.

Según una forma de realización preferida de la invención, cada par de elementos de hormigón prefabricados dispuestos en oposición está conectado a uno de los elementos de refuerzo rígidos alargados. De esta forma, una pluralidad de elementos de refuerzo alargados, en particular varillas o perfiles de acero, atraviesan el espacio hueco rodeado por el pedestal. Debido a que estos elementos de refuerzo alargados que atraviesan el espacio hueco están todos dispuestos diametralmente, se encuentran en el centro del pedestal, de modo que se consigue una disposición simétrica que proporciona una distribución óptima de las fuerzas en el interior de toda la cimentación.

Los elementos de refuerzo alargados pueden atravesar el pedestal en un plano horizontal. Sin embargo, está previsto preferentemente que un par de elementos de hormigón prefabricados dispuestos en oposición comprendan en cada caso un elemento de hormigón prefabricado de la sección anular de base y un elemento de hormigón prefabricado de la sección anular adaptadora.

En este contexto, es ventajoso que los elementos de refuerzo alargados rígidos estén conectados entre sí en su intersección, que está dispuesta en el eje central del pedestal. De esta forma se proporciona un punto central en el eje de simetría de la cimentación, que permite una distribución de carga en diferentes direcciones.

Con respecto al acoplamiento entre la primera estructura de refuerzo y la segunda estructura de refuerzo, una forma de realización preferida prevé que los elementos de refuerzo alargados rígidos de la segunda estructura de refuerzo y la primera estructura de refuerzo, en particular las varillas de refuerzo estén conectados entre sí por una envoltura que está dispuesta en una superficie interna del pedestal. La envoltura puede consistir en una carcasa de chapa de acero fijada a la superficie interior del pedestal. En el caso de un pedestal en forma de cilindro hueco, la envoltura puede estar formada como una envoltura cilíndrica que está dispuesta en la superficie cilíndrica interior del pedestal. La envoltura sirve para dirigir la trayectoria de la carga desde la primera estructura de refuerzo a la segunda estructura de refuerzo y viceversa. Esto se consigue mediante una conexión rígida tanto de las varillas/perfiles de refuerzo de la primera estructura de refuerzo como también de los elementos de refuerzo de la segunda estructura de refuerzo a la envoltura.

En este contexto, una forma de realización preferida prevé que las varillas de refuerzo de la primera estructura de refuerzo estén conectadas a la envoltura mediante soldadura o conexiones por tornillo. Esto puede lograrse ventajosamente disponiendo las varillas de refuerzo de la primera estructura de refuerzo de modo que se proyecten hacia el interior desde los elementos de hormigón prefabricados y preferentemente penetren en las aberturas previstas en la envoltura. En este caso, la soldadura se puede realizar en el lado interior de la envoltura. Alternativamente, la soldadura se puede realizar en el lado exterior de la envoltura.

Además, la segunda estructura de refuerzo se puede conectar a la envoltura mediante soldadura o una conexión por tornillo.

Alternativamente, la segunda estructura de refuerzo se puede fijar mediante soldadura o una conexión por tornillo a piezas de conexión que están integradas, en particular mediante colada, en los elementos de hormigón prefabricados y están acopladas a la primera estructura de refuerzo.

El espacio hueco en el interior del pedestal se puede utilizar para diversos fines, por ejemplo como espacio de almacenamiento o para realizar trabajos de mantenimiento, y puede estar provisto de escaleras, plataformas, etc. Además, el espacio hueco también puede utilizarse para la instalación de cables de postensión, para el acceso a los mismos y para su mantenimiento, disponiéndose los cables de postensión para estabilizar la torre del molino de viento.

Según una forma de realización preferida, los elementos de hormigón prefabricados presentan una placa de base para soportar el nervio y están formados de una sola pieza con la misma. En consecuencia, los elementos de hormigón prefabricados pueden presentar una sección transversal en forma de "T" invertida, estando la barra horizontal de la T formada por la placa de base y la barra vertical de la T vertical por el nervio. Sin embargo, el nervio no tiene necesariamente que tener estrictamente la forma de una barra vertical. El nervio también puede presentar una sección transversal que se estrecha hacia la punta. Alternativamente, los elementos de hormigón prefabricados también pueden presentar una sección transversal en forma de "I". Esta forma se logra, partiendo de la forma de T invertida descrita anteriormente, mediante una barra horizontal superior que es preferentemente paralela a la barra horizontal inferior de la T.

Además, la altura del nervio puede aumentar preferentemente de forma continua hacia el pedestal. Un aumento continuo de la altura del nervio permite que el área de la sección transversal del nervio se adapte a la propagación de la fuerza y se puede realizar, por ejemplo, diseñando la superficie superior o el borde superior del nervio en forma de una rampa que asciende hacia el pedestal. Alternativamente, el nervio puede presentar una configuración curva, es decir, cóncava, de la superficie superior o del borde superior. En cualquier caso, la altura del nervio puede aumentar hacia el pedestal para igualar la altura del pedestal en el punto en el que el nervio se convierte en el

pedestal.

Las varillas de refuerzo incrustadas en el nervio pueden extenderse preferentemente de forma esencialmente paralela al borde superior del nervio, en particular de forma paralela a la rampa ascendente.

5

Las placas de base de los elementos de hormigón prefabricados pueden presentar una forma rectangular. Alternativamente, las placas pueden ensancharse en dirección horizontal al aumentar la distancia desde el centro de la cimentación.

10

Para cerrar el espacio hueco que se encuentra dentro del pedestal en su fondo, una forma de realización preferida de la invención prevé que la placa de base presente una sección de borde que sobresale hacia el interior en el espacio hueco rodeado por el pedestal. En particular, las secciones de borde de todos los elementos de hormigón prefabricados forman conjuntamente un borde circunferencial, en particular circular, que soporta circunferencialmente una placa de fondo central que está dispuesta en el fondo del pedestal.

15

Según otra forma de realización preferida de la invención, los elementos de hormigón prefabricados se aprietan entre sí mediante al menos un cable de postensión dispuesto en un pasaje circunferencial, en particular circular, formado en el pedestal. Dichos cables tienen la función de una estructura de refuerzo adicional, pero a diferencia de la segunda estructura de refuerzo según la invención, los cables no están acoplados a la primera estructura de refuerzo incrustada en los elementos de hormigón prefabricados.

20

Cuando los elementos de hormigón prefabricados se aprietan entre sí, las superficies laterales de las secciones circunferenciales adyacentes del pedestal se presionan una contra otra. Para alinear con precisión las secciones circunferenciales adyacentes entre sí, las superficies laterales pueden presentar elementos de ajuste del tipo de una disposición de lengüeta y ranura, que cooperan entre sí para asegurar la posición relativa de los segmentos.

25

La instalación de los elementos de hormigón prefabricados en el lugar de trabajo se simplifica enormemente si, según una forma de realización preferida, los elementos de hormigón prefabricados adyacentes están espaciados entre sí en dirección circunferencial en sus secciones que sobresalen del pedestal hacia fuera. En particular, las placas de base tienen una dimensión de anchura tal que las placas de base de elementos de hormigón prefabricados adyacentes no entran en contacto entre sí. De esta forma se pueden conseguir las tolerancias de fabricación en la fabricación de los elementos de hormigón prefabricados.

30

El hormigón utilizado en la fabricación de los elementos de hormigón prefabricados puede ser de cualquier tipo utilizado normalmente para el vertido de hormigón en el lugar de utilización. Además de áridos y agua, el hormigón contiene cemento como aglomerante hidráulico.

35

También se puede utilizar hormigón reforzado con fibra para producir los elementos de hormigón prefabricados. Las fibras pueden ser cualquier material de fibra que contribuya a aumentar la integridad estructural, en particularmente la solidez, la resistencia al impacto y/o la durabilidad, de la estructura de hormigón resultante. El hormigón reforzado con fibra contiene fibras de refuerzo cortas y discretas que están distribuidas uniformemente y orientadas al azar.

40

Preferentemente, las fibras de refuerzo son fibras de carbono, fibras sintéticas y, en particular, fibras de polipropileno. Alternativamente, las fibras de refuerzo pueden ser fibras de acero, fibras de vidrio o fibras naturales.

45

A continuación, la invención se describirá en detalle con referencia a una forma de realización que sirve de ejemplo representada en las figuras. La figura 1 muestra un primer diseño de la cimentación de un molino de viento que está constituida por elementos de hormigón prefabricados, la figura 2 muestra un elemento de hormigón prefabricado utilizado en la cimentación de la figura 1, la figura 3 muestra una sección transversal de la cimentación según la figura 1, la figura 4 muestra una vista en planta de la cimentación de la figura 3, la figura 5 es una vista en planta parcial de una forma de realización modificada de la cimentación según la figura 1, la figura 6 muestra un segundo diseño de la cimentación de un molino de viento, la figura 7a muestra una sección transversal a través de la cimentación según la figura 6, la figura 7b muestra una forma de realización modificada con respecto a la figura 7a y la figura 8 muestra una vista parcial de la cimentación según la figura 6 en una vista en planta.

50

55

En la figura 1, está representada una cimentación 1 que presenta una pluralidad de elementos de hormigón prefabricados 3. La cimentación 1 presenta un pedestal 2 circular en forma de cilindro hueco para soportar una torre de molino de viento. La cimentación 1 también presenta una pluralidad de nervios 5 que sobresalen del pedestal 2 radialmente hacia fuera. El pedestal 2 está dividido en una pluralidad de secciones circunferenciales 4 (figura 2), estando, en cada caso, una sección circunferencial 4 y un nervio 5 formados de una sola pieza entre sí como un elemento de hormigón prefabricado 3, tal como se muestra en la figura 2. El elemento de hormigón prefabricado 3 presenta una placa de base 6 que también está formada de una sola pieza con el nervio 5. Los elementos de hormigón prefabricados 3 están fabricados de hormigón armado con varillas de refuerzo incrustadas en los elementos de hormigón prefabricados 3.

60

65

Aunque los nervios se representan en la figura 2 como un elemento de hormigón prefabricado que consiste en una sola pieza, los nervios también pueden estar compuestos por dos o más secciones de nervios. Esto es particularmente ventajoso cuando se debe formar un nervio cuya longitud radial excede la longitud permitida de los dispositivos de transporte ordinarios. En particular, se pueden fabricar dos o más secciones de nervios como elementos de hormigón prefabricados separados que se transportan por separado al lugar de trabajo y se ensamblan rígidamente entre sí en el lugar de trabajo.

Para alinear con precisión las secciones circunferenciales 4 adyacentes entre sí, las superficies laterales pueden presentar elementos de ajuste de forma 16 del tipo de una disposición trapezoidal de lengüeta y ranura que cooperan entre sí para asegurar la posición relativa de los elementos 3. Además, los elementos de hormigón prefabricados 3 pueden fijarse entre sí mediante al menos un cable de postensión, pudiendo disponerse dicho por lo menos un cable de postensión en un pasaje circunferencial, en particular un pasaje de sección transversal circular, formado en el pedestal 2, denotándose la abertura del pasaje con el número de referencia 17. Por supuesto, también se pueden proporcionar una pluralidad de pasajes.

Como puede observarse en la figura 1, el pedestal comprende una sección anular de base 18 y una sección anular adaptadora 19. La sección anular de base está formada por las secciones circunferenciales 4. La sección anular adaptadora 19 está dispuesta sobre la sección anular de base 18 y consiste en dos subsegmentos que se extienden cada uno en un ángulo de 180° y están formados por elementos de hormigón prefabricados. La sección anular adaptadora proporciona una superficie horizontal en su lado superior sobre la que se coloca la torre del molino de viento (no representada). Para fijar la torre del molino de viento están previstos pernos de anclaje 8 (véanse las figuras 3 y 4).

Las varillas de refuerzo incrustadas en los elementos de hormigón prefabricados 3 se representan en la figura 3 y se denotan con el número de referencia 17. También se representan los pernos de anclaje 8, que atraviesan las secciones circunferenciales 4 de la sección anular de base 18 y la sección anular adaptadora 19 del pedestal 2 y sirven para fijar la torre del molino de viento en sus extremos libres, que sobresalen desde la sección anular adaptadora 19.

Una envoltura 9 está dispuesta sobre la superficie cilíndrica interior del pedestal 2. Las varillas de refuerzo 7 están adaptadas para proyectarse hacia el interior desde los elementos de hormigón prefabricados 3 y penetrar en las aberturas previstas en la envoltura 9, de modo que las varillas 7 puedan conectarse a la envoltura 9 en el lado interior mediante soldadura (la conexión por soldadura se muestra con el número de referencia 15 solo como ejemplo en una de las varillas 7). Además, cada uno de los perfiles de acero 10 está conectado a la envoltura 9 mediante una conexión por tornillo, por ejemplo. Los perfiles de acero 10 conectan entre sí elementos de hormigón prefabricados 3 dispuestos en oposición de tal manera que atraviesan un espacio hueco 12 que está rodeado por el pedestal 2. Al menos una parte de los perfiles de acero 10 se extiende oblicuamente para formar una configuración en "X", en la que los perfiles 10 se fijan en cada caso en una región superior a uno de los elementos de hormigón prefabricados 3 dispuestos en oposición y en una región inferior al otro de los elementos de hormigón prefabricados 3 dispuestos en oposición.

Como se puede observar en la figura 3, la placa de base 6 de cada elemento de hormigón prefabricado 3 presenta una sección de borde que sobresale hacia el interior en el espacio hueco 12, formando conjuntamente las secciones de borde de todos los elementos de hormigón prefabricados 3 un borde circular 13 que sostiene circunferencialmente una placa inferior central 11, que está dispuesta en el fondo del pedestal 2.

La figura 4 muestra en una vista en planta de la cimentación de la figura 3 que cada par de elementos de hormigón prefabricados 3 dispuestos en oposición están conectados entre sí mediante perfiles de acero 10.

La figura 5 muestra una forma de realización en la que se forma un puente por encima del espacio intermedio entre dos elementos de hormigón prefabricados 3 adyacentes por medio de una placa de puente 14 respectiva que presenta una dimensión radial tal que sobresale radialmente desde los elementos de hormigón prefabricados 3. La placa de puente 14 se puede fijar a la placa de base 6 de los elementos de hormigón prefabricados 3 mediante pernos.

En las figuras 6, 7 y 8, se muestra un diseño modificado de la cimentación 1. La cimentación 1 comprende de nuevo una pluralidad de elementos de hormigón prefabricados 3 que forman cada uno una sección circunferencial 4 de la sección anular de base 18 del pedestal 2, la placa de base 6 y el nervio 5. Los elementos de hormigón prefabricados 3 están constituidos por hormigón armado con varillas de refuerzo (no representadas) incrustadas en los elementos de hormigón prefabricados 3. Se forman puentes por encima del espacio intermedio entre los elementos de hormigón prefabricados 3 en cada caso por medio de placas de puente 14 que, a diferencia del diseño según las figuras 1 a 5, están divididas en dos partes. Se denota una placa de puente interior con el número de referencia 14' y una placa de puente exterior con el número de referencia 14".

El pedestal 2 está dividido en una sección anular de base 18 y una sección anular adaptadora 19 en la dirección de la altura. La sección anular de base 18 está formada por las secciones circunferenciales 4 de los elementos de

hormigón prefabricados 3. La sección anular adaptadora 19 comprende dos anillos de elementos de hormigón prefabricados dispuestos uno encima del otro, estando formado el anillo inferior por dos segmentos 20 y el superior por dos segmentos 21. Los segmentos 20 y 21 se extienden cada uno en un ángulo de 180° y están formados por elementos de hormigón prefabricados. La división de los anillos está dispuesta de forma desplazada 90°.

5 En la vista en sección según la figura 7a, se puede observar la estructura de refuerzo de la cimentación 1. Además de las varillas de refuerzo de acero (no representadas) incrustadas en los elementos de hormigón prefabricados 3, la estructura de refuerzo también comprende los elementos tensores 22. Los elementos tensores 22 pasan cada uno a través de un paso formado en los elementos de hormigón 3 y están diseñados como varillas tensoras o
10 alambres o, respectivamente, cables tensores fabricados de acero, cuyos extremos salientes del elemento de hormigón presentan elementos de tope que son tensados contra el elemento de hormigón 3, de tal manera que los elementos tensores se encuentran sometidos a una carga de tracción. A los elementos tensores 22 está acoplada una segunda estructura de refuerzo que, como en el diseño según las figuras 1 a 5, está formada por varillas de
15 acero o perfiles de acero 10 que conectan entre sí los elementos tensores 22 de elementos de hormigón 3 dispuestos en oposición en forma de X. El acoplamiento de los perfiles de acero 10 a los elementos tensores 22 se realiza, a este respecto, mediante elementos de acoplamiento 25 representados esquemáticamente, a los que se atornillan o se sueldan los elementos tensores 22 o, respectivamente, los perfiles de acero 10. La configuración en forma de X de los perfiles de acero 10 se consigue mediante la fijación de los perfiles de acero 10 a un elemento central 26 desde el que se extienden los perfiles de acero 10 en forma de estrella.

20 También puede observarse en las figuras 6 y 7a que los elementos de hormigón prefabricados 3 tienen una sección transversal en forma de I, estando la placa de fondo 6 y una placa de cubierta 24 conectadas entre sí formando una sola pieza por el alma del nervio 5.

25 En la forma de realización modificada según la figura 7b, los pernos de anclaje 8 sirven únicamente para tensar la sección anular adaptadora 19 con la sección anular de base 18. La sección anular adaptadora 19 ahora está adaptada para sujetar una torre de hormigón y, por lo tanto, presenta una pluralidad de pasos para cables 28, que están dispuestos preferentemente a lo largo de un círculo. La fijación de los cables procedentes de la torre y guiados a través de los pasos para cables 28 (no representados) se realiza en el espacio hueco que se encuentra
30 por debajo (compartimento para cables).

En la representación según la figura 8, se puede observar que elementos de hormigón prefabricados 3 adyacentes están arriostrados uno contra otro en la región de las secciones circunferenciales 4 del pedestal 2 utilizando
35 elementos tensores 23 que discurren tangencialmente. A este respecto, los elementos tensores 23 pasan a través de unos pasos que están formados en los elementos de hormigón prefabricados 3 y son preferentemente de acero. Los elementos tensores 23 pueden estar formados por varillas o cables tensores. Para proporcionar superficies de tope adecuadas, los elementos de hormigón prefabricados presentan en cada caso secciones de transición 27 que discurren de forma inclinada en la transición de las secciones circunferenciales 4 a los nervios 5, cuyas superficies de tope discurren de forma perpendicular a los elementos tensores 23 tangenciales. A este respecto, a cada
40 elemento de hormigón prefabricado 3 se engancha un primer elemento tensor 23, que arriostra el elemento de hormigón 3 en cuestión con el elemento de hormigón 3 que se encuentra más próximo a su derecha, y un segundo elemento tensor 23, que arriostra el elemento de hormigón 3 en cuestión con el elemento de hormigón 3 que se encuentra más próximo a su izquierda.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cimentación (1) para un molino de viento, que comprende un pedestal (2) circular o poligonal para soportar una torre de molino de viento y una pluralidad de nervios (5) que sobresalen del pedestal (2) radialmente hacia fuera, en la que el pedestal (2) está dividido en la dirección de la altura en una sección anular de base (18) y una sección anular adaptadora (19), en la que la sección anular de base (18) está dividida en una pluralidad de secciones circunferenciales (4) y está compuesta por unos elementos de hormigón prefabricados (3) y en la que la sección anular adaptadora (19) también está compuesta por unos elementos de hormigón prefabricados, caracterizada por que una sección circunferencial (4) de la sección anular de base (18) y un nervio (5) que sobresale de la sección circunferencial (4) hacia fuera están formados, en cada caso, de una sola pieza entre sí como un elemento de hormigón prefabricado (3).
- 10 2. Cimentación según la reivindicación 1, caracterizada por que la sección anular adaptadora (19) está dividida en por lo menos dos secciones circunferenciales y cada sección circunferencial está formada por un elemento de hormigón prefabricado.
- 15 3. Cimentación según la reivindicación 2, caracterizada por que la sección anular adaptadora (19) y la sección anular de base (18) presentan una división circunferencial diferente entre sí.
- 20 4. Cimentación según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que la sección anular adaptadora (19) presenta por lo menos dos anillos de elementos de hormigón prefabricados (20, 21) dispuestos uno encima de otro.
- 25 5. Cimentación según la reivindicación 4, caracterizada por que los anillos, en cada caso, están divididos en por lo menos dos secciones circunferenciales y cada sección circunferencial está formada por un elemento de hormigón prefabricado (20, 21), en la que la división circunferencial está dispuesta preferentemente de forma desplazada una con respecto a otra, en particular desplazada 90°.
- 30 6. Cimentación según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que la subdivisión del pedestal (2) en una sección anular de base (18) y una sección anular adaptadora (19) se extiende a lo largo de por lo menos una superficie divisoria que comprende un plano horizontal.
- 35 7. Cimentación según la reivindicación 6, caracterizada por que la superficie divisoria forma por lo menos un escalón.
- 40 8. Cimentación según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que están previstos unos elementos de conexión, tales como, por ejemplo, unas conexiones por tornillo, para la conexión preferentemente separable de la sección anular adaptadora (19) con la sección anular de base (18).
- 45 9. Cimentación según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada por que la sección anular adaptadora (19) comprende una superficie de apoyo horizontal para la torre del molino de viento, así como unos medios de anclaje para anclar la torre del molino de viento al pedestal (2), en la que los medios de anclaje comprenden preferentemente unos pernos de anclaje (8) y/o unos pasos para cables (28).
- 50 10. Cimentación según la reivindicación 9, caracterizada por que los elementos de conexión para conectar la sección anular adaptadora (19) con la sección anular de base (18) están dispuestos radialmente fuera de los medios de anclaje para anclar la torre del molino de viento sobre el pedestal (2).
- 55 11. Cimentación según la reivindicación 9, caracterizada por que los elementos de conexión para conectar la sección anular adaptadora (19) a la sección anular de base (18) están formados por los medios de anclaje para anclar la torre del molino de viento sobre el pedestal (2).
- 60 12. Cimentación según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que los elementos de hormigón prefabricados (3) de la sección anular de base (18) y los elementos de hormigón prefabricados de la sección anular adaptadora (19) consisten en hormigón armado, que comprende una primera estructura de refuerzo (7, 22), en particular elementos, perfiles, varillas o alambres de refuerzo, que están incrustados en los elementos de hormigón prefabricados (3) y/o que están diseñados como elementos tensores para tensar conjuntamente los elementos de hormigón prefabricados (3), y por que está prevista una segunda estructura de refuerzo (10), que mantiene unidos los elementos de hormigón prefabricados (3) y está acoplada a la primera estructura de refuerzo (7, 22).
- 65 13. Cimentación según la reivindicación 12, caracterizada por que la segunda estructura de refuerzo (10) comprende una pluralidad de elementos de refuerzo alargados rígidos, en particular perfiles o varillas de acero, que, en cada caso, conectan entre sí los elementos de hormigón prefabricados (3) de un par de elementos de hormigón prefabricados (3) dispuestos en oposición, de tal manera que se atraviesa un espacio hueco (12), que está rodeado por el pedestal (2).

14. Cimentación según la reivindicación 13, caracterizada por que cada par de elementos de hormigón prefabricados (3) dispuestos en oposición está conectado con uno de los elementos de refuerzo alargados rígidos.
- 5 15. Cimentación según la reivindicación 13 o 14, caracterizada por que un par de elementos de hormigón prefabricados (3) dispuestos en oposición comprende, en cada caso, un elemento de hormigón prefabricado (3) de la sección anular de base (18) y un elemento de hormigón prefabricado de la sección anular adaptadora (19).
- 10 16. Cimentación según la reivindicación 13, 14 o 15, caracterizada por que los elementos de refuerzo alargados rígidos de la segunda estructura de refuerzo (10) y la primera estructura de refuerzo (7, 22), en particular, las varillas de refuerzo están unidos entre sí a través de una envoltura (9) dispuesta en una superficie interior del pedestal (2).
- 15 17. Cimentación según la reivindicación 16, caracterizada por que los elementos de refuerzo de la primera estructura de refuerzo (7, 22) están fijados a la envoltura mediante soldaduras/conexiones por tornillo (15).
- 20 18. Cimentación según una de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizada por que los elementos de hormigón prefabricados (3) presentan una placa de base (6) que está formada de una sola pieza con los mismos para soportar el nervio (5), en la que la placa de base (6) presenta preferentemente una sección de borde que sobresale hacia el interior en el espacio hueco (12) rodeado por el pedestal (2).
19. Cimentación según una de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizada por que la altura del nervio (5) aumenta de forma continua hacia el pedestal (2).
- 25 20. Procedimiento de fabricación de una cimentación (1) para un molino de viento según una de las reivindicaciones 1 a 19 mediante la utilización de un sistema modular, que comprende un pedestal (2) circular o poligonal para soportar una torre de molino de viento y una pluralidad de nervios (5), que sobresalen del pedestal (2) radialmente hacia fuera, en el que el pedestal (2) comprende una sección anular de base (18), que está dividida en una pluralidad de secciones circunferenciales (4) y está compuesta por unos elementos de hormigón prefabricados (3),
- 30 y en el que el sistema comprende por lo menos dos formas de realización diferentes de una sección anular adaptadora (19), de las cuales se selecciona una y se coloca sobre la sección anular de base (18) y está compuesta por unos elementos de hormigón prefabricados, caracterizado por que dichas por lo menos dos formas de realización de la sección anular adaptadora (19) difieren entre sí en los medios para anclar la torre del molino de viento, en particular en el tipo, el número o la geometría de los medios de anclaje y una primera forma de realización de la sección anular adaptadora (19) comprende unos pernos de anclaje (8) para anclar la torre del molino de
- 35 viento y una segunda forma de realización de la sección anular adaptadora (19) comprende unos pasos para cables (28) para cables tensores para arriostrar la torre del molino de viento.

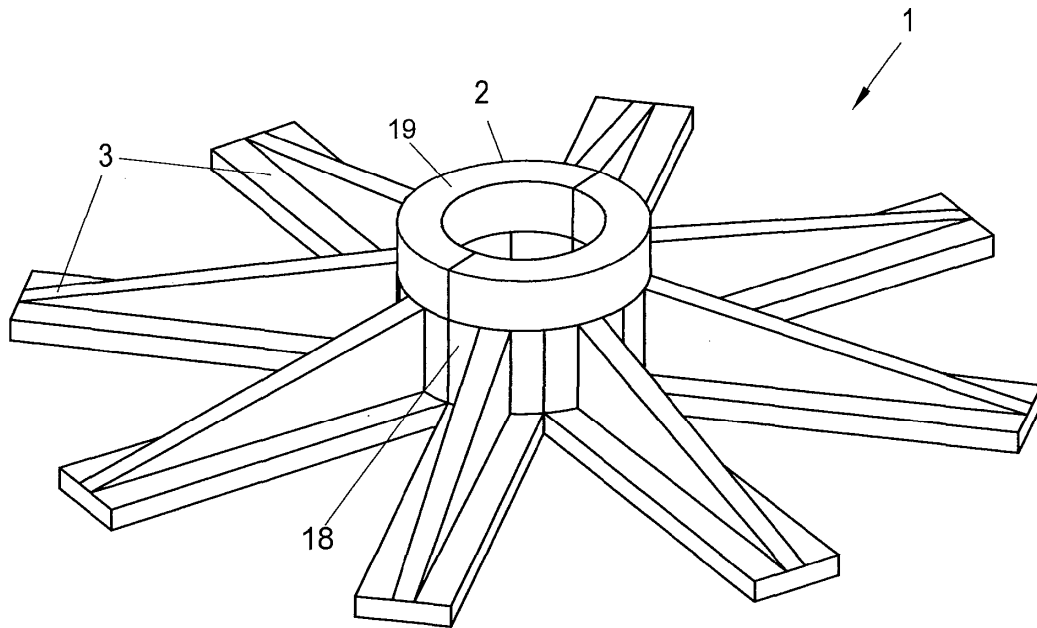


Fig. 1

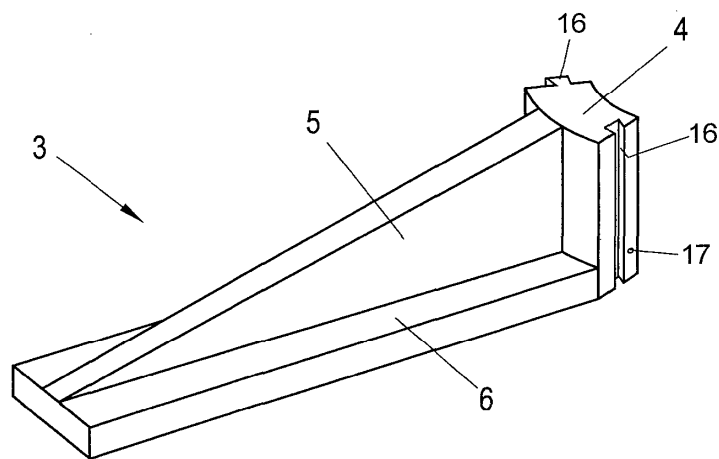


Fig. 2

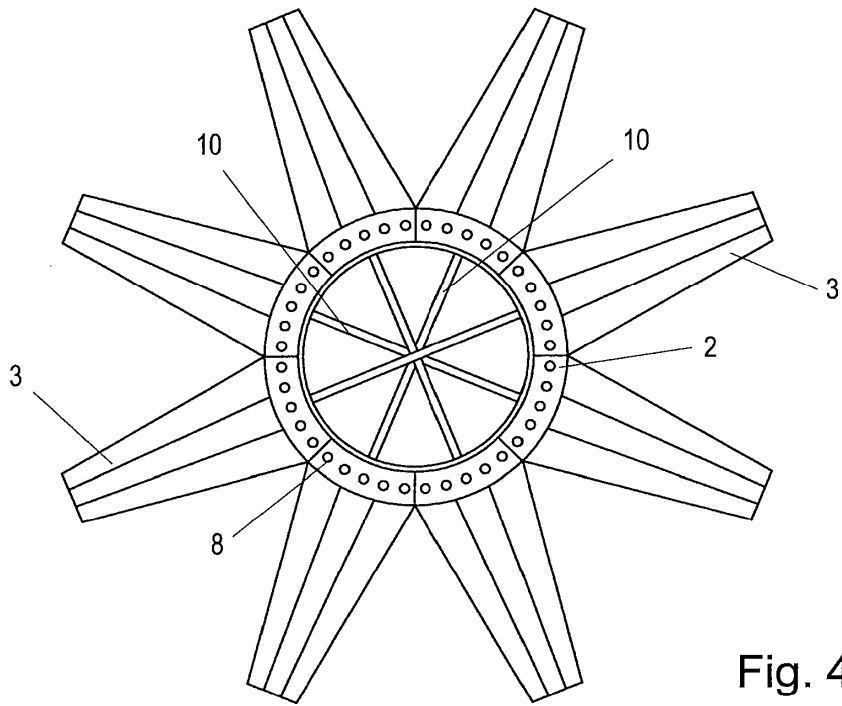


Fig. 4

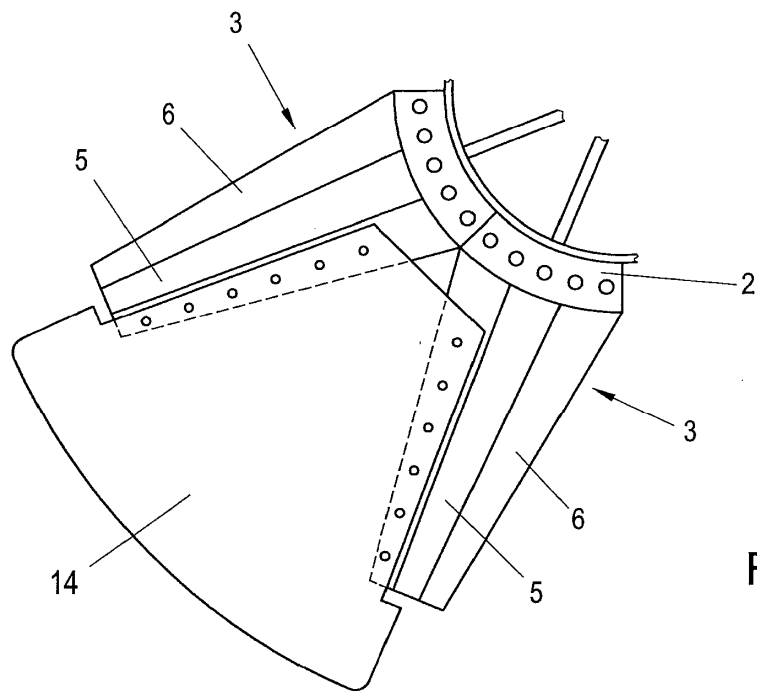


Fig. 5

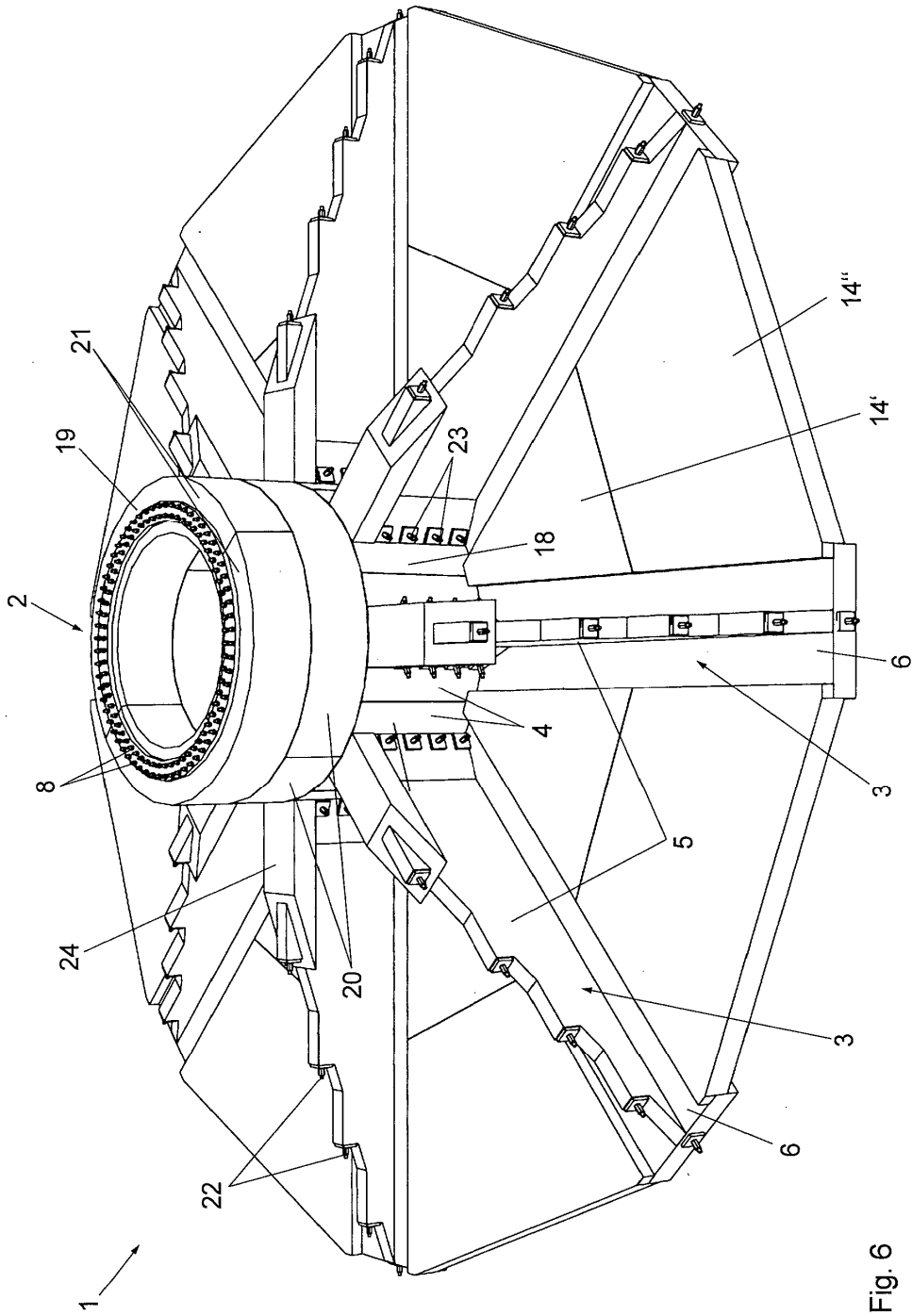


Fig. 6

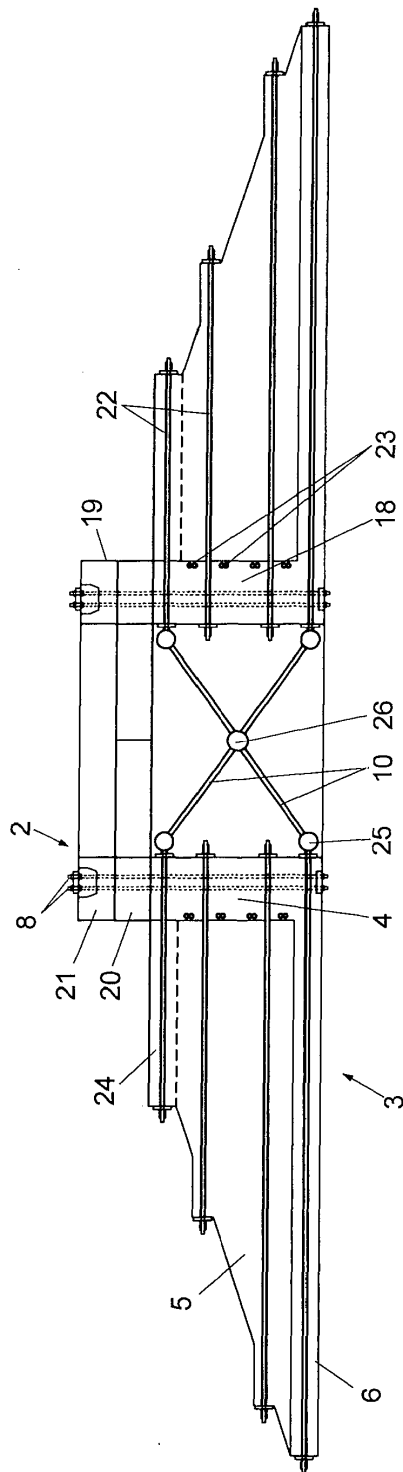


Fig. 7a

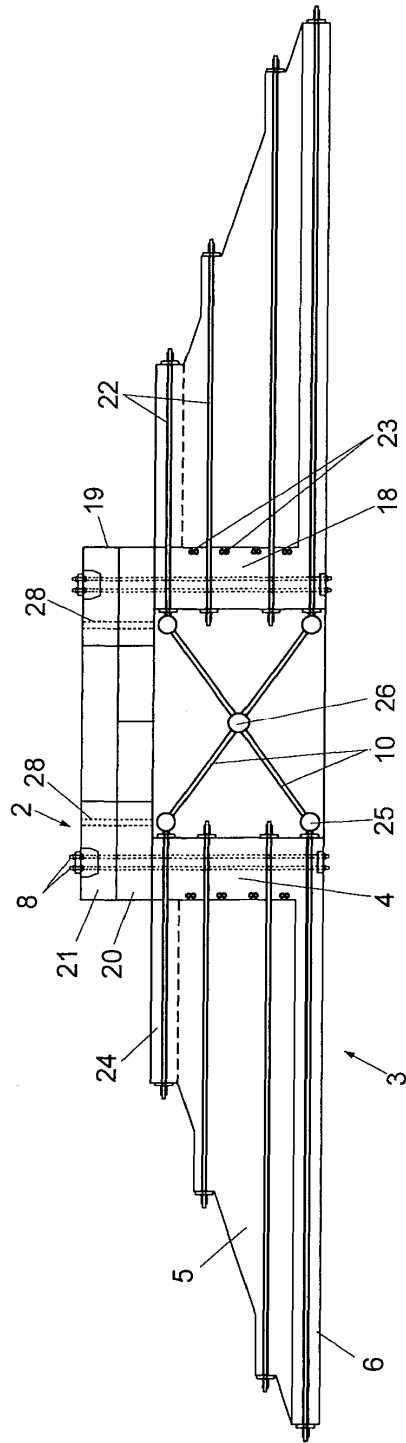


Fig. 7b

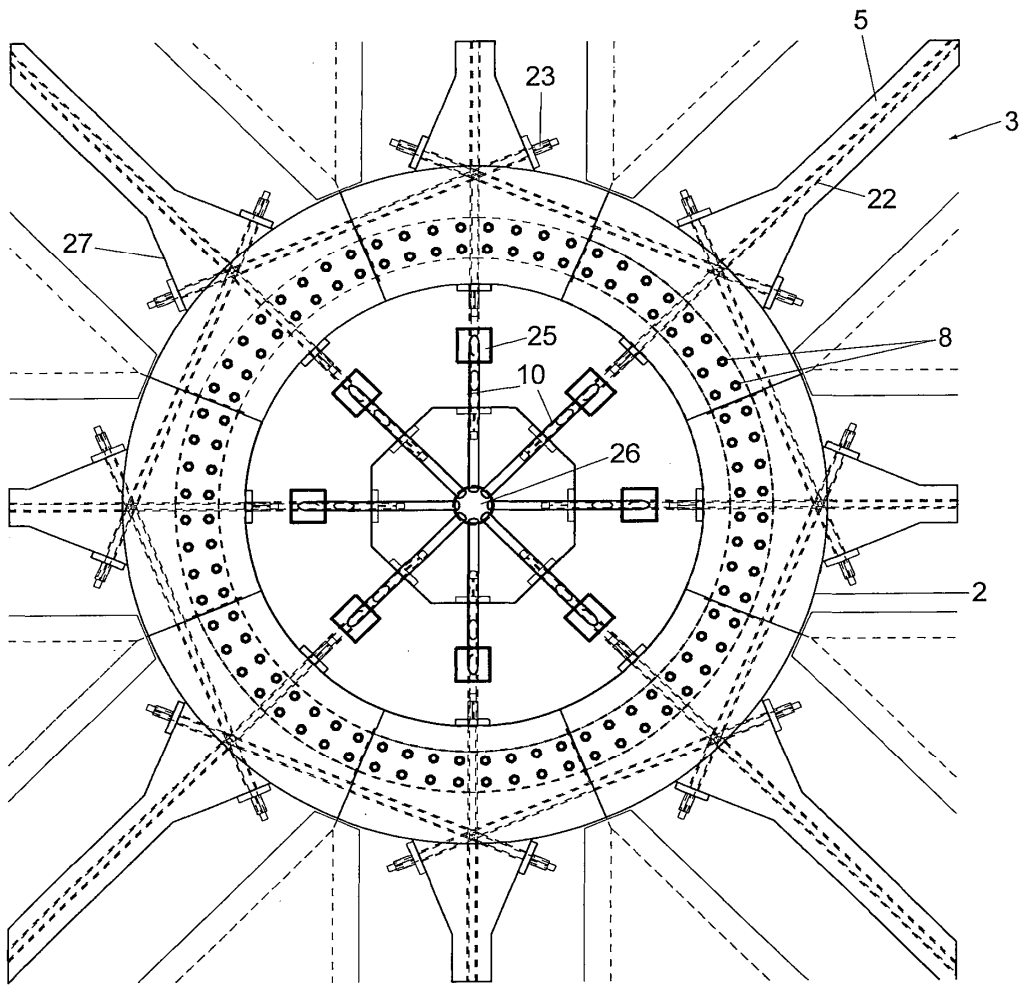


Fig. 8