(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 784 000**

(51) Int. Cl.:
E02D 27/42 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.02.2017 PCT/IB2017/000064**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **24.08.2017 WO17141095**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2017 E 17705952 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3417114**

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

(30) Prioridad:

18.02.2016 AT 882016

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.09.2020

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

SCHULDT, CHRISTIAN y
STECHER, ARNE

(74) Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 784 000 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

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 irradian radialmente hacia fuera del pedestal, en la que el pedestal está dividido en una pluralidad de secciones circunferenciales, en la que una sección circunferencial y un nervio están cada uno de ellos formado de una sola pieza entre sí como un elemento de hormigón prefabricado y en la que los elementos de hormigón prefabricados están realizados en hormigón armado que comprende una primera estructura de refuerzo, en particular unas barras de refuerzo, embebidas en los elementos de hormigón prefabricados.

Además, la invención se refiere a una turbina eólica que comprende un mástil y un rotor montado en el mástil, estando montado el mástil sobre una cimentación.

Una cimentación de molino de viento de la clase inicialmente definida se divulga en el documento WO 2004/101898 A2. Como se describe en la presente memoria, la fabricación de la cimentación de instalaciones de energía eólica costeras requiere un alto esfuerzo manual y administrativo y consume mucho tiempo. Considerando las dimensiones crecientes de las turbinas eólicas modernas, la cimentación está sometida a cargas muy altas y tiene que dimensionarse en consecuencia. Actualmente, las turbinas eólicas presentan una torre que tiene una altura de hasta 150 m y producen hasta 6 MW. En la mayoría de los casos, la torre o mástil de las turbinas eólicas está realizado en hormigón armado y está construido utilizando elementos de hormigón prefabricados.

Hasta ahora, las cimentaciones para instalaciones de energía eólica se han producido esencialmente haciendo una excavación, introduciendo una subbase granular, erigiendo un componente de cimentación, llevando a cabo el trabajo de encofrado necesario y el trabajo de armado y llenando seguidamente la excavación con hormigón, siendo transportado el hormigón al sitio de trabajo por medio de hormigoneras de mezcla preparada y vertiéndolo en la excavación. El componente de cimentación tiene usualmente una configuración huecocilíndrica y es generalmente prefabricado y es transportado como una unidad a la respectiva localización de montaje.

La fabricación de una cimentación de molino de viento por colado in situ del hormigón presenta una pluralidad de desventajas. Requiere logística compleja para planificar las actividades de fabricación in situ e implica operaciones que consumen tiempo y costosas en el sitio de trabajo, tales como la construcción del encofrado y la estructura de refuerzo, así como el transporte del hormigón y la colada del hormigón. Esto es particularmente cierto cuando se considera que para grandes cimentaciones pueden requerirse hasta 1000 m^3 de hormigón.

Con el fin de mejorar el procedimiento de construcción de una cimentación, se ha propuesto ya en el documento WO 2004/101898 A2 construir la cimentación utilizando elementos de hormigón prefabricados. Tales elementos de hormigón son producidos en una planta de prefabricado y son transportados al sitio de trabajo, en donde se ponen en posición utilizando una grúa y conectándose seguidamente uno con otro. De esta manera, la duración de las operaciones de construcción en el sitio de trabajo puede reducirse considerablemente. Los elementos de hormigón prefabricados, cuando se conectan uno con otro, forman una cimentación que comprende un pedestal central y una pluralidad de nervios que irradian radialmente hacia fuera del pedestal. Cada elemento de hormigón prefabricado forma uno de los nervios y una sección circunferencial asociada del pedestal. Las secciones circunferenciales del pedestal están conectadas una a otra por bridas atornilladas. Como se describe en el documento WO 2004/101898 A2, los elementos de hormigón prefabricados pueden ser armados con acero. Después de haber construido la cimentación, la torre o mástil del molino de viento se erige sobre el pedestal y se fija al pedestal utilizando unos pernos de anclaje.

Utilizando elementos de hormigón prefabricados, los elementos pueden producirse en un entorno controlado, de modo que el hormigón tenga la oportunidad de curarse apropiadamente y estar estrechamente vigilado por los empleados de la planta. La calidad del hormigón fraguado puede mejorarse debido a que hay un mayor control de la calidad de los materiales y de la calidad del trabajo en una planta de prefabricado más que en un sitio de construcción. Financieramente, los moldes utilizados en una planta de prefabricado pueden reutilizarse muchas veces antes de que se tengan que sustituir, lo que permite que el coste de encofrado por unidad sea menor que para producción de colada a pie de obra.

Las turbinas eólicas están sometidas a cargas y esfuerzos de naturaleza específica que deben ser absorbidos por la cimentación. Por un lado, el propio viento actúa de una manera impredecible y variable. Por otro lado, a medida que crecen las instalaciones, actúan sobre la estructura componentes de carga dinámica mayores debido a vibraciones y resonancias. Además, alturas de torre de 100 metros y más transfieren una gran carga excéntrica a la cimentación debido a un momento de vuelco sustancial que está ocurriendo. Si la torre está expuesta a un momento de flexión, el hormigón de la cimentación debe resistir la compresión que tiene lugar en la zona comprimida y la estructura de refuerzo del hormigón debe absorber la fuerza de tracción en la parte opuesta de la cimentación debido a que el hormigón como tal presenta una resistencia a la tracción relativamente baja.

Las cimentaciones realizadas en elementos de hormigón armado prefabricado presentan la ventaja de que las prestaciones y la calidad del hormigón son más altas de modo que hay un riesgo reducido de formación de grietas y una mejor capacidad de resistir cargas dinámicas y estáticas. Sin embargo, un inconveniente es que, a diferencia de las cimentaciones coladas in situ, no se proporciona ninguna estructura monolítica, de modo que deben desarrollarse soluciones técnicas para conectar entre sí de forma segura los elementos de hormigón prefabricados, de modo que simulen una estructura monolítica.

Por tanto, la presente invención se dirige a proporcionar una cimentación mejorada para un molino de viento que se construye a partir de elementos de hormigón armado prefabricado, pero que se comporta de manera similar a una cimentación monolítica con el fin de resistir altas cargas estáticas y dinámicas.

Para resolver estos y otros objetivos, la invención proporciona una cimentación para un molino de viento de la clase inicialmente definida, que comprende un pedestal circular o poligonal para soportar una torre de molino de viento y una pluralidad de nervios que irradian radialmente hacia fuera desde el pedestal, en la que el pedestal está dividido en una pluralidad de secciones circunferenciales, en la que una sección circunferencial y un nervio están cada uno de ellos formado de una sola pieza entre sí como un elemento de hormigón prefabricado y en la que los elementos de hormigón prefabricados están realizados en hormigón armado que comprende una primera estructura de refuerzo, en particular unas barras de refuerzo, embebidas en los elementos de hormigón prefabricados, que está caracterizada por que está prevista una segunda estructura de refuerzo que mantiene juntos los elementos de hormigón prefabricados y que está acoplada a la primera estructura de refuerzo.

La segunda estructura de refuerzo puede ser de cualquier clase adecuada para sujetar rígidamente entre sí los elementos de hormigón prefabricados de manera que formen una estructura monolítica. La segunda estructura de refuerzo es diferente de la primera estructura de refuerzo y, por tanto, no está preferentemente embebida en los elementos de hormigón prefabricados. Según una característica de la invención, la segunda estructura de refuerzo está acoplada a la primera estructura de refuerzo, que permite una trayectoria de carga ininterrumpida entre dichas estructuras de refuerzo, de modo que las fuerzas introducidas en la cimentación se distribuyan efectivamente. Dentro del contexto de la invención, acoplar la primera y la segunda estructuras de refuerzo significa que las fuerzas que actúan sobre la primera estructura de refuerzo se transmiten a la segunda estructura de refuerzo sin que se interponga hormigón y viceversa. Así, las primera y segunda estructuras de refuerzo pueden estar directamente conectadas una a otra o a través de un elemento de conexión rígido además de hormigón.

La primera estructura de refuerzo comprende preferentemente unas barras de refuerzo realizadas en acero o en un material rígido similar. Preferentemente, las barras de refuerzo se extienden en la dirección longitudinal de los nervios. Las barras de refuerzo adicionales pueden extenderse perpendicular u oblicuamente a las barras de refuerzo que se extienden en la dirección longitudinal de los nervios. Las barras de refuerzo adicionales pueden disponerse también en el pedestal y se extienden en la dirección axial del mismo. Las barras de refuerzo longitudinales pueden extenderse preferentemente en una dirección radial hacia el centro de la cimentación, pudiendo disponerse las barras de refuerzo longitudinales en un plano horizontal o extendiéndose oblicuamente al plano horizontal, en particular ascendiendo hacia el pedestal. En el último caso, las barras de refuerzo están sustancialmente alineadas con la trayectoria de carga con respecto a las fuerzas que son desviadas del pedestal en dirección radial hacia fuera.

La segunda estructura de refuerzo comprende preferentemente una pluralidad de elementos de refuerzo rígidos longitudinales, en particular vigas o barras de acero, que cada uno de ellos conecta los elementos de hormigón prefabricados de un par de elementos de hormigón prefabricados dispuestos de modo opuesto entre sí de una manera que atraviesa un espacio hueco rodeado por el pedestal. Los elementos de refuerzo longitudinales de la segunda estructura de refuerzo están acoplados con la primera estructura de refuerzo, en particular con las barras de refuerzo, preferentemente con las barras de refuerzo que se extienden en la dirección longitudinal de los nervios. De esta manera, las barras de refuerzo embebidas en unos elementos de hormigón prefabricados dispuestos de modo opuesto están conectadas entre sí por medio de los elementos de refuerzo longitudinales de la segunda estructura de refuerzo, estando formada una trayectoria de transmisión de carga entre la primera estructura de refuerzo de dichos elementos de hormigón prefabricados dispuestos de manera opuesta. Esto resulta en que la carga de tensión que se ejerce sobre la cimentación debido a un momento de flexión de la torre no será absorbida solamente por la primera estructura de refuerzo dispuesta en un lado de la cimentación, sino que dicha carga de tensión se transfiere también a la primera estructura de refuerzo dispuesta en el lado opuesto de la cimentación.

Según una forma de realización preferida de la invención, cada par de elementos de hormigón prefabricados dispuestos de manera opuesta está conectado por uno de dichos elementos de refuerzo longitudinales rígidos. De esta manera, una pluralidad de elementos de refuerzo longitudinales, en particular barras o vigas de acero, atraviesan el espacio hueco rodeado por el pedestal. Puesto que estos elementos de refuerzo longitudinales pasantes están dispuestos todos ellos diametralmente, coinciden en el centro del pedestal, de modo que se consiga una disposición simétrica que proporciona una distribución óptima de las fuerzas dentro de toda la cimentación.

Los elementos de refuerzo longitudinales pueden atravesar el pedestal en un plano horizontal. Preferentemente,

sin embargo, los elementos de refuerzo longitudinales rígidos están fijados cada uno de ellos a uno de entre dicho par de elementos prefabricados dispuestos de manera opuesta en una región superior de los mismos y al otro de dicho par de elementos de hormigón prefabricados dispuestos de manera opuesta en una región inferior de los mismos, de modo que se extiendan oblicuamente con respecto a un plano horizontal. Por tanto, las barras de refuerzo de elementos de hormigón prefabricados dispuestos de manera opuesta están acopladas una a otra en por lo menos dos planos diferentes, tales como el plano superior y el plano inferior.

En esta conexión es ventajoso si los elementos de refuerzo longitudinales rígidos están conectados uno a otro en su intersección que está dispuesta en un eje central del pedestal. De esta manera, está previsto un punto central en el eje de simetría de la cimentación que permite una distribución de carga en diversas 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 longitudinales rígidos de la segunda estructura de refuerzo y la primera estructura de refuerzo, en particular las barras de refuerzo estén conectados entre sí a través de una camisa dispuesta en una superficie interior del pedestal. Dicha camisa puede estar formada a partir de una carcasa de chapa de acero que está fijada a la superficie interior del pedestal. En caso de un pedestal en forma de un cilindro hueco, la camisa puede realizarse como una camisa cilíndrica dispuesta en la superficie cilíndrica interior del pedestal. La camisa sirve para dirigir la trayectoria de carga a partir de la primera estructura de refuerzo hacia la segunda estructura de refuerzo y viceversa. Esto se consigue conectando rígidamente a la camisa tanto las barras de refuerzo de la primera estructura de refuerzo como los elementos de refuerzo de la segunda estructura de refuerzo.

En esta conexión, una forma de realización preferida prevé que las barras de refuerzo de dicha primera estructura de refuerzo se fijen a la camisa por soldadura. Esto puede conseguirse ventajosamente disponiendo las barras de refuerzo de dicha primera estructura de refuerzo de manera que sobresalgan hacia dentro de los elementos de hormigón prefabricados y penetren preferentemente en aberturas previstas en la camisa. La soldadura puede materializarse en este caso en el lado interior de la camisa. Alternativamente, la soldadura puede materializarse en el lado exterior de la camisa.

Además, la segunda estructura de refuerzo puede fijarse a la camisa por soldadura o por conexión roscada.

El espacio hueco dentro del pedestal puede utilizarse para diferentes finalidades, por ejemplo, como un espacio de almacenamiento o para emprender trabajos de mantenimiento y, por tanto, puede estar equipado con escaleras, plataformas, etc. Además, el espacio hueco puede utilizarse también para instalar, acceder y mantener cables de postensión que están concebidos para estabilizar la torre o mástil del molino de viento.

Según una forma de realización preferida, los elementos de hormigón prefabricados comprenden una placa de base para soportar el nervio y formada de una sola pieza con el mismo. El elemento de hormigón prefabricado puede presentar así una sección transversal en forma de una “T” invertida, estando formada la barra horizontal de la T por la placa de base y estando formada la barra vertical de la T por el nervio. Sin embargo, el nervio no debe materializarse necesariamente de forma estricta en forma de una barra vertical. El nervio puede presentar también una sección transversal que se estrecha hacia la parte superior. Además, la altura del nervio puede incrementarse preferentemente de manera continua en una dirección hacia el pedestal. Una altura continuamente creciente del nervio permite adaptar el área en sección transversal del nervio a la progresión de fuerza y puede materializarse, por ejemplo, con la superficie superior o el reborde superior del nervio que está diseñado como una rampa ascendente en una dirección hacia el pedestal. Alternativamente, el nervio puede presentar una configuración curvada, principalmente cóncava, de la superficie superior o reborde superior. En cualquier caso, la altura del nervio puede aumentar en una dirección hacia el pedestal, de modo que alcance la altura del pedestal en el punto en el que el nervio se fusiona con el pedestal.

Las barras de refuerzo embebidas en el nervio pueden extenderse preferentemente de manera sustancialmente paralela al reborde superior del nervio, en particular paralela a la rampa ascendente.

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

Con el fin de cerrar el espacio hueco dentro del pedestal en su parte inferior, una forma de realización preferida de la invención prevé que dicha placa de base comprenda una sección de reborde que sobresale hacia dentro en el espacio hueco rodeado por el pedestal. En particular, las secciones de reborde de todos los elementos de hormigón prefabricados forman conjuntamente un reborde circunferencial, en particular circular, que soporta circunferencialmente una placa inferior central que está dispuesta en la parte inferior del pedestal.

Según una forma de realización preferida adicional de la invención, los elementos de hormigón prefabricados están constreñidos uno contra otro por medio de por lo menos un cable de postensión que está dispuesto en un paso circunferencial, en particular circular, realizado en el pedestal. Dichos cables presentan la función de una estructura

de refuerzo adicional, pero al contrario que la segunda estructura de refuerzo de la invención, los cables no están acoplados con la primera estructura de refuerzo embebida en los elementos de hormigón prefabricados.

Cuando se constriñen los elementos de hormigón prefabricados uno a otro, las superficies laterales de secciones circunferenciales contiguas del pedestal son presionadas una contra otra. Para alinear con precisión las secciones circunferenciales contiguas una con otra, dichas caras laterales pueden comprender elementos de ajuste por arrastre de forma, tales como una disposición de machihembrado, que cooperan uno con otro a fin de asegurar la posición relativa de los segmentos.

La instalación de los elementos de hormigón prefabricados en el sitio de trabajo se simplifica sustancialmente si, de acuerdo con una forma de realización preferida, los elementos de hormigón prefabricados contiguos, en sus secciones que irradian hacia fuera del pedestal, están espaciados uno de otro en una dirección circunferencial. En particular, las placas de base presentan una dimensión de anchura de modo que las placas de base de los elementos de hormigón prefabricados contiguos no contactan uno con otro. De esta manera, pueden acomodarse las tolerancias de producción en la producción de los elementos de hormigón prefabricados.

Una contribución sustancial a la estabilidad de una cimentación se consigue rellenando la excavación con tierra u otro material de relleno sobre los elementos de hormigón prefabricados de la cimentación. De esta manera, el peso del material de relleno puede utilizarse para producir una carga vertical sobre los elementos de hormigón prefabricados que contrarresta un eventual momento de vuelco. La carga actúa muy efectivamente sobre superficies verticales de la cimentación, tales como las placas de base de los elementos de hormigón prefabricados. Sin embargo, a fin de ahorrar costes de fabricación y transporte, las placas de base pueden presentar una anchura limitada de modo que permanezca un huelgo entre placas de base contiguas. En la región de dicho huelgo, el material de relleno no puede ejercer una carga vertical sobre la cimentación que contrarrestaría el momento de vuelco del molino de viento.

En general, cuanto mayor es el diámetro de la cimentación, mejor puede resistir la cimentación el momento de vuelco del molino de viento. Sin embargo, las instalaciones de transporte disponibles para transportar los elementos de hormigón prefabricados desde la planta de prefabricado hasta el sitio de trabajo limitan la posible longitud de los mismos.

A la luz de lo anterior, sería deseable aumentar la estabilidad de una cimentación de molino de viento, en particular su resistencia a un momento de vuelco, sin incrementar la longitud y/o anchura de los elementos de hormigón prefabricados que forman el pedestal y los nervios de la cimentación. Con este fin, una forma de realización preferida de la invención prevé que el huelgo entre dos elementos de hormigón prefabricados contiguos esté cada vez puenteada por una placa de puenteado, presentando dicha placa de puenteado preferentemente una extensión radial de modo que sobresalga radialmente desde los elementos de hormigón prefabricados. Las placas de puenteado se materializan preferentemente como placas de hormigón prefabricadas. Dado que las placas de puenteado son elementos que están separados de los elementos de hormigón prefabricados que forman el pedestal y los nervios de la cimentación, pueden manipularse y transportarse por separado. Las placas de puenteado extienden el área de la superficie horizontal sobre la cual el material de relleno ejerce una fuerza vertical que contrarresta el momento de vuelco del molino de viento. En particular, el área de la superficie se extiende hasta por lo menos parte del huelgo entre las placas de base contiguas y, opcionalmente, hasta un área que está radialmente fuera del diámetro de la cimentación como se define por los elementos de hormigón prefabricados que forman el pedestal y los nervios. Las placas de puenteado, por lo menos a lo largo de parte de su borde, están soportadas por las placas de base, de modo que la carga vertical ejercida por el material de relleno sobre las placas de puenteado puede transferirse sobre la cimentación incluyendo los elementos de hormigón prefabricados.

Alternativa o adicionalmente, puede disponerse un material flexible plano, tal como un material laminar textil, una esterilla o una geomembrana para cubrir las placas de base, los nervios y/o las placas de puenteado. El material plano puede cumplir la misma función que las placas de puenteado, la cual consiste en extender la superficie sobre la cual está reposando el peso del material de relleno. El material flexible plano puede fijarse al pedestal y/o los nervios y/o las placas de puenteado por medio de elementos de conexión adecuados, tales como, por ejemplo, ganchos, argollas o conexiones roscadas.

El hormigón utilizado para producir los elementos de hormigón prefabricados puede ser cualquier tipo de hormigón que se utilice también típicamente para colar hormigón in situ. Además de áridos y agua, el hormigón contiene cemento portland como un aglutinante hidráulico que produce fases de creación de resistencia reaccionando y solidificándose en contacto con agua.

El hormigón armado con fibra puede utilizarse también para producir los elementos de hormigón prefabricados. Las fibras pueden estar realizadas en cualquier material fibroso que contribuya a incrementar la integridad estructural, en particular la resistencia, la resistencia al impacto y/o la durabilidad, de la estructura de hormigón resultante. El hormigón armado con fibra contiene fibras de refuerzo discretas cortas que se distribuyen uniformemente y se orientan aleatoriamente.
Preferentemente, las fibras de refuerzo son fibras de carbono, fibras sintéticas, en particular fibras de polipropileno. Alternativamente,

las fibras de refuerzo pueden ser fibras de acero, fibras de vidrio o fibras naturales.

En funcionamiento, la cimentación soporta una turbina eólica costera que comprende un mástil y un rotor montado en el mástil, en la que el mástil está montado sobre el pedestal de la cimentación de la invención con medios convencionales, tales como por medio de pernos de anclaje. El rotor presenta un eje de rotación horizontal.

A continuación, la invención se describirá con más detalle por referencia a un ejemplo de forma de realización mostrado en los dibujos. La figura 1 ilustra una cimentación de molino de viento que consiste en elementos de hormigón prefabricados, la figura 2 muestra un elemento de hormigón prefabricado como se utiliza en la cimentación de la figura 1, la figura 3 muestra una sección transversal de la cimentación según la invención, la figura 4 muestra una vista superior de la cimentación de la figura 3 y la figura 5 es una vista superior parcial de una forma de realización modificada de la cimentación.

En la figura 1 se muestra una cimentación 1 que comprende una pluralidad de elementos de hormigón prefabricados 3. La cimentación 1 comprende un pedestal circular 2 en forma de un cilindro hueco para soportar una torre de molino de viento. La cimentación 1 comprende además una pluralidad de nervios 5 que irradian radialmente hacia fuera del pedestal 2. El pedestal 2 está divido en una pluralidad de secciones circunferenciales 4 (figura 2), en el que una sección circunferencial 4 y un nervio 5 están cada uno de ellos formado de una sola pieza entre sí como un elemento de hormigón prefabricado 3, como se muestra en la figura 2. El elemento de hormigón prefabricado 3 comprende además una placa de base 6 que está también formada de una sola pieza con el nervio 5. Los elementos de hormigón prefabricados 3 están realizados en hormigón armado que comprende unas barras de refuerzo que están embebidas en los elementos de hormigón prefabricados 3.

Aunque los nervios se muestran en la figura 2 como un elemento de hormigón prefabricado realizado en una sola pieza, los nervios pueden ensamblarse también a partir de dos o más secciones de nervio. Esto es particularmente ventajoso, si tiene que materializarse un nervio que presenta una longitud radial que excede la longitud permisible de instalaciones de transporte usuales. En particular, pueden producirse dos o más secciones de nervio como elementos de hormigón prefabricados independientes, transportadas al sitio de trabajo por separado y montadas rígidamente de manera conjunta en el sitio de trabajo.

Para alinear con precisión las secciones circunferenciales contiguas 4 una con otra, dichas caras laterales pueden comprender elementos de ajuste por arrastre de forma 16, tales como una disposición de machihembrado trapezoidal, que cooperan uno con otro a fin de asegurar la posición relativa de los elementos 3. Además, los elementos de hormigón prefabricados 3 pueden constreñirse uno contra otro por medio de por lo menos un cable de postensión que puede disponerse en un paso circunferencial, en particular circular, realizado en el pedestal 2, señalándose con 17 la abertura del paso. Por supuesto, puede preverse una pluralidad de pasos.

Las barras de refuerzo embebidas en los elementos de hormigón prefabricados 3 se muestran en la figura 3 y se designan por el número de referencia 7. Además, se muestran unos pernos de anclaje 8 que están embebidos en las secciones circunferenciales 4 del pedestal 2 y sirven para fijar la torre del molino de viento en los extremos libres del mismo que sobresalen del pedestal 2.

Una camisa 9 está dispuesta en la superficie cilíndrica interior del pedestal 2. Las barras de refuerzo 7 están concebidas de manera que sobresalgan hacia dentro de los elementos de hormigón prefabricados 3 y penetren en las aberturas previstas en la camisa 9, de modo que las barras 7 puedan conectarse a la camisa 9 en el lado interior de la misma por soldadura (la conexión por soldadura se muestra en 15 como un ejemplo solo en una de las barras 7). Además, las vigas de acero 10 están conectadas cada una de ellas a la camisa 9, por ejemplo, por una conexión atornillada. Las vigas de acero 10 conectan unos elementos de hormigón prefabricados 3 dispuestos de manera opuesta uno con otro de una manera que atraviesa un espacio hueco 12 rodeado por el pedestal 2. Por lo menos parte de las vigas de acero 10 se extienden oblicuamente de modo que formen una configuración en “X”, estando fijada cada una de las vigas 10 a uno de los elementos prefabricados 3 dispuestos de manera opuesta en una región superior de los mismos y al otro de los elementos de hormigón prefabricados 3 dispuestos de manera opuesta en una región inferior de los mismos.

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

La figura 4, en una vista superior de la cimentación de la figura 3, muestra que cada par de elementos de hormigón prefabricados 3 dispuestos de manera opuesta está conectado uno con otro por vigas de acero 10.

La figura 5 muestra una forma de realización, en la que el huelgo entre dos elementos de hormigón prefabricados contiguos 3 está puenteado cada uno por una placa de puenteado 14 que presenta una extensión radial de manera que sobresalga radialmente desde los elementos de hormigón prefabricados 3. La placa de puenteado 14 puede fijarse a la placa de base 6 de los elementos de hormigón prefabricados 3 por medio de unos pernos.

REIVINDICACIONES

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 que irradian radialmente hacia fuera del pedestal (2), en la que el pedestal (2) está dividido en una pluralidad de secciones circunferenciales (4), en la que una sección circunferencial (4) y un nervio (5) están cada uno de ellos formado de una sola pieza uno con otro como un elemento de hormigón prefabricado (3), en la que los elementos de hormigón precolado (3) están realizados en hormigón armado que comprende una primera estructura de refuerzo, en particular unas barras de refuerzo (7), embebidas en los elementos de hormigón prefabricados (3), caracterizada por que está prevista una segunda estructura de refuerzo (10), que mantiene juntos los elementos de hormigón prefabricados (3) y que está acoplada a la primera estructura de refuerzo, estando la primera y segunda estructura de refuerzo acopladas directamente una con otra.

2. Cimentación (1) según la reivindicación 1, en la que la segunda estructura de refuerzo comprende una pluralidad de elementos de refuerzo longitudinales rígidos, en particular unas vigas (10) o barras de acero, que cada uno de ellos conecta los elementos de hormigón prefabricados (3) de un par de elementos de hormigón prefabricados (3) dispuestos de modo opuesto entre sí de una manera que atraviesa un espacio hueco (12) rodeado por el pedestal (2).

3. Cimentación (1) según la reivindicación 2, en la que cada par de elementos de hormigón prefabricados (3) dispuestos de modo opuesto está conectado mediante uno de dichos elementos de refuerzo longitudinales rígidos.

4. Cimentación (1) según la reivindicación 2 o 3, en la que los elementos de refuerzo longitudinales rígidos están fijados cada uno de ellos a uno de entre dicho par de elementos prefabricados (3) dispuestos de modo opuesto en una región superior de los mismos y al otro de entre dicho par de elementos de hormigón prefabricados dispuestos de manera opuesta en una región inferior de los mismos.

5. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que los elementos de refuerzo longitudinales rígidos están conectados entre sí en su intersección que está dispuesta sobre un eje del pedestal (2).

6. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en la que los elementos de refuerzo longitudinales rígidos y la primera estructura de refuerzo, en particular las barras de refuerzo (7), están conectados entre sí por medio de una camisa (9) dispuesta en una superficie interior del pedestal (2).

7. Cimentación (1) según la reivindicación 6, en la que las barras de refuerzo (7) de dicha primera estructura de refuerzo están fijadas a la camisa (9) por soldadura.

8. Cimentación (1) según la reivindicación 6 o 7, en la que las barras de refuerzo de dicha primera estructura de refuerzo están dispuestas para sobresalir hacia dentro desde los elementos de hormigón prefabricados (3) y penetrar preferentemente en unas aberturas previstas en la camisa (9).

9. Cimentación (1) según la reivindicación 6, 7 u 8, en la que la segunda estructura de refuerzo está fijada a la camisa (9) por soldadura o por una conexión roscada (15).

10. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que los elementos de hormigón prefabricados (3) comprenden una placa de base (6) para soportar el nervio (5) y formada de una sola pieza con el mismo, comprendiendo preferentemente dicha placa de base (6) una sección de reborde que sobresale radialmente hacia dentro en el espacio hueco (12) rodeado por el pedestal (2).

11. Cimentación (1) según la reivindicación 10, en la que las secciones de reborde de todos los elementos de hormigón prefabricados (3) forman juntos un reborde (13) circunferencial, en particular circular, que soporta circunferencialmente una placa inferior central (11) que está dispuesta en la parte inferior del pedestal (2).

12. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la altura del nervio (5) aumenta continuamente en una dirección hacia el pedestal (2).

13. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que los elementos de hormigón prefabricados (3) están constreñidos entre sí por medio de por lo menos un cable de postensión que está dispuesto en un paso circunferencial, en particular circular, realizado en el pedestal (2).

14. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en la que los elementos de hormigón prefabricados (3) contiguos, en sus secciones que irradian hacia fuera del pedestal (2), están espaciados uno de otro en una dirección circunferencial.

15. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que el huelgo entre dos elementos de

hormigón prefabricados (3) contiguos está puenteado cada uno por una placa de puenteado, presentando preferentemente dicha placa de puenteado (14) una extensión radial de manera que sobresalga radialmente de los elementos de hormigón prefabricados (3).

16. Cimentación (1) según la reivindicación 15, en la que las placas de puenteado están realizadas como unas placas de hormigón prefabricadas.

17. Turbina eólica que comprende un mástil y un rotor montado sobre el mástil, en la que el mástil está montado sobre una cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16.

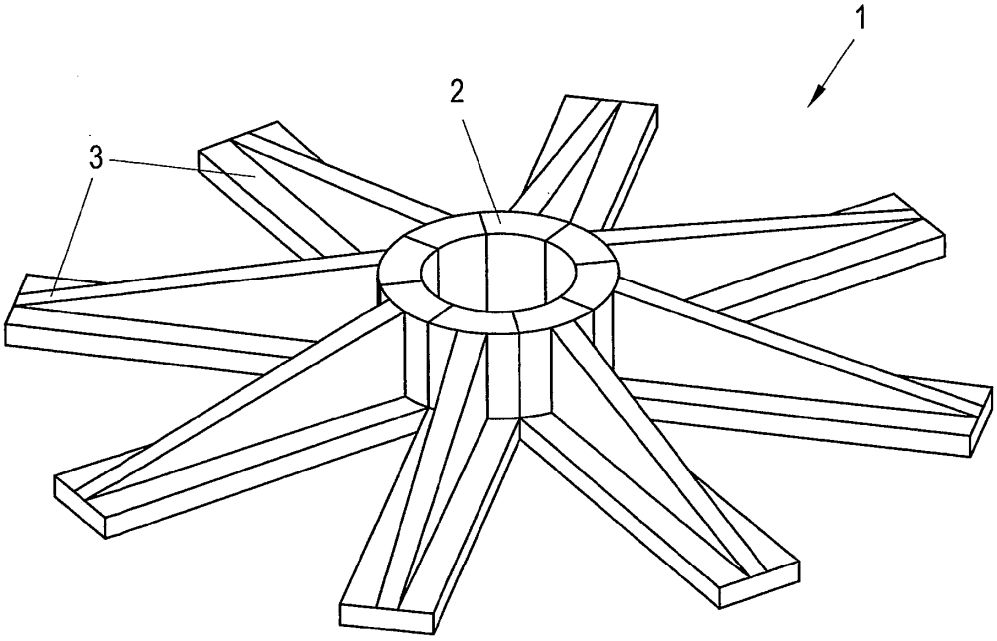

Fig. 1

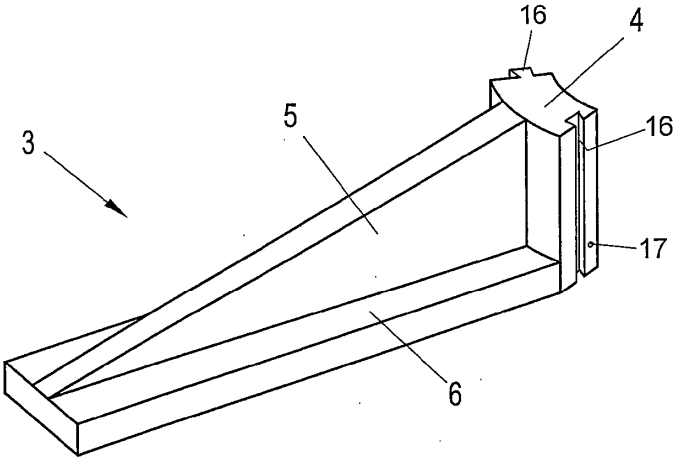

Fig. 2

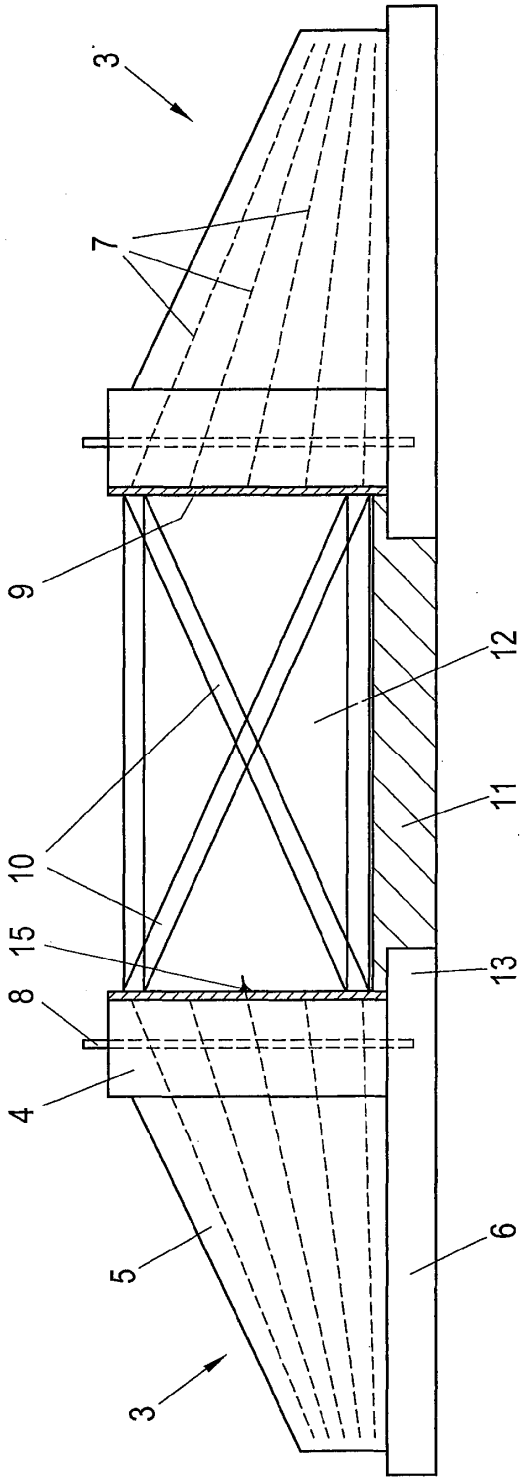

Fig. 3

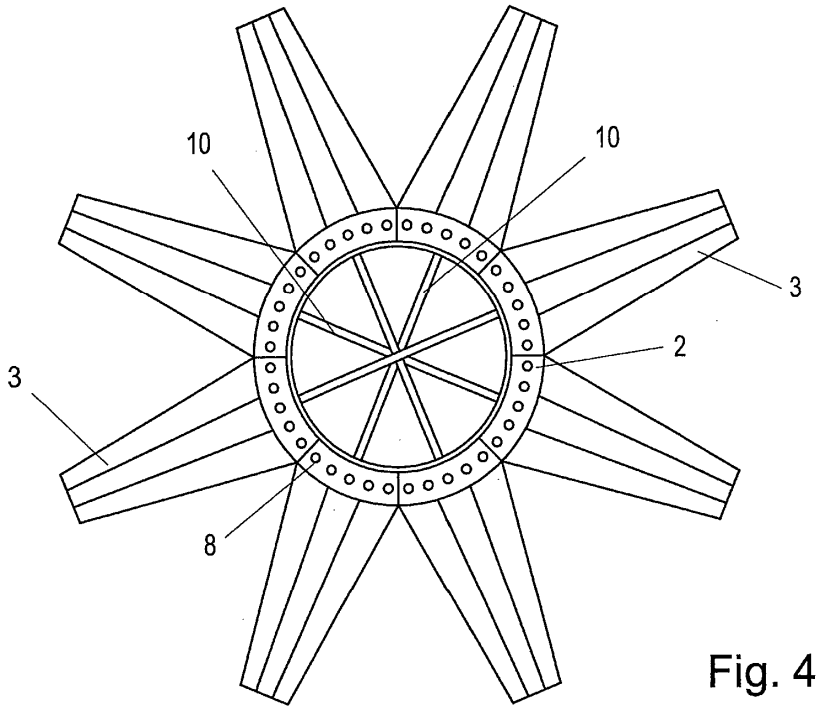

Fig. 4

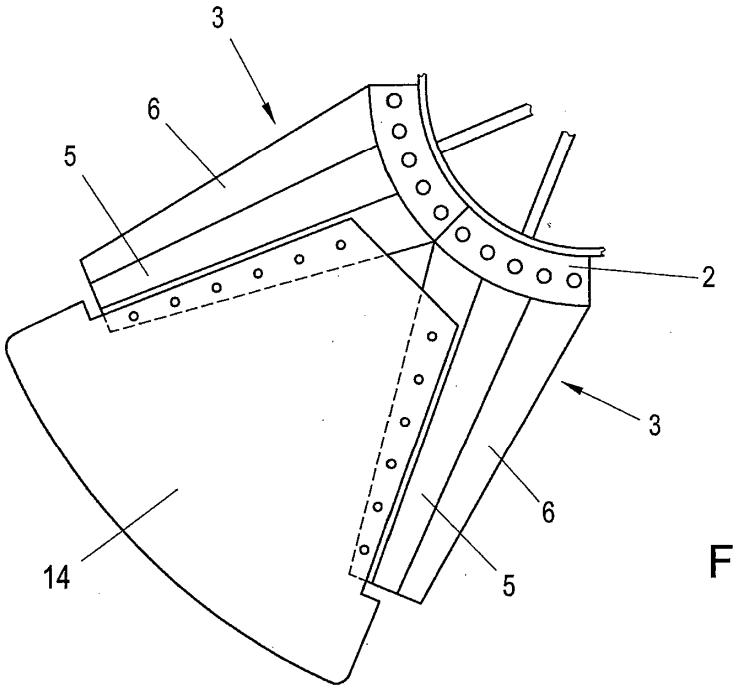

Fig. 5