

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 475**

51 Int. Cl.:

**E02D 27/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2017 PCT/IB2017/000103**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.08.2017 WO17141098**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2017 E 17709168 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3417115**

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

30 Prioridad:

**18.02.2016 AT 872016**

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

**27.11.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHULDT, CHRISTIAN y  
STECHE, ARNE**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

**ES 2 796 475 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 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 formados cada uno de ellos de una sola pieza uno con otro, o cada uno de ellos están formados como un elemento de hormigón precolado, estando los elementos de hormigón precolados realizados en hormigón armado que comprende una primera estructura de refuerzo, en particular unas barras de refuerzo, embebidas en los elementos de hormigón precolados.

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

15 En el documento WO 2004/101898 A2 se divulga una cimentación de molino de viento del tipo definido inicialmente. Tal como se describe en dicho documento, la fabricación de la cimentación de las instalaciones de energía eólica terrestre precisa un gran esfuerzo manual y administrativo y requiere mucho tiempo. Teniendo en cuenta el aumento de las dimensiones en las turbinas eólicas modernas, la cimentación se somete a cargas muy elevadas y se debe dimensionar en concordancia. En la actualidad, las turbinas eólicas están provistas de una torre que presenta 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 se realiza en hormigón armado y se construye utilizando elementos de hormigón precolados.

20 Hasta ahora, la cimentación para las instalaciones de energía eólica se ha producido esencialmente excavando un foso, introduciendo una subbase granular, erigiendo un componente de cimentación, realizando el encofrado necesario y el trabajo de refuerzo y llenando a continuación dicho foso con hormigón, siendo dicho hormigón transportado al lugar de trabajo mediante camiones de premezclado y vertido en el foso. El componente de cimentación suele presentar una configuración cilíndrica hueca y generalmente se prefabrica y se transporta como una unidad a la ubicación de ensamblaje respectiva.

25 La fabricación de una cimentación de molino de viento mediante el hormigonado en campo adolece de una serie de desventajas. Requiere una logística compleja para planificar las actividades de fabricación en el campo e implica tareas costosas y que requieren mucho tiempo en el lugar de trabajo, como por ejemplo la construcción del encofrado y la estructura de refuerzo, así como el transporte de hormigón y el hormigonado. Esto es especialmente cierto si se considera que se pueden precisar hasta 1000 m<sup>3</sup> de hormigón para cimentaciones de gran tamaño.

30 Con el fin de mejorar el proceso de construcción de una cimentación, en el documento WO 2004/101898 A2 ya se propone la construcción de la cimentación utilizando elementos de hormigón precolados. Dichos elementos de hormigón se producen en una planta de precolados y se transportan al lugar de trabajo, donde se colocan mediante una grúa y a continuación, se conectan entre sí. De esta manera, se puede reducir considerablemente la duración de las tareas de construcción en el lugar de trabajo. Los elementos de hormigón precolados, cuando se conectan entre sí, forman una cimentación que comprende un pedestal central y una pluralidad de nervios que irradian radialmente hacia afuera desde el pedestal. Cada elemento de hormigón precolado forma una de los nervios y una sección circunferencial asociada del pedestal. Las secciones circunferenciales de dicho pedestal se encuentran conectadas entre sí mediante pestañas atornilladas. Tal como se describe en el documento WO 2004/101898 A2, los elementos de hormigón precolados pueden estar reforzados con acero. Después de haber construido la cimentación, se erige la torre o mástil del molino de viento sobre el pedestal y se fija al mismo utilizando pernos de anclaje.

35 Mediante el uso de elementos de hormigón precolados, los elementos se pueden producir en un entorno controlado, de modo que se permita que el hormigón pueda curar adecuadamente y que los empleados de la planta los puedan supervisar de cerca. La calidad del hormigón endurecido se puede mejorar debido a que tiene lugar un mayor control de la calidad de los materiales y de la mano de obra en una planta de precolados con respecto a un lugar de construcción. Financieramente, los moldes utilizados en una planta de precolados se pueden reutilizar muchas veces antes de que se deban reemplazar, lo que permite que el coste del encofrado por unidad sea menor que el de la producción de hormigonado en el campo.

40 Las turbinas eólicas se someten a cargas y tensiones de naturaleza específica que la cimentación debe asumir. Por un lado, el propio viento actúa de manera impredecible y variada. Por otro lado, a medida que las instalaciones son más grandes, los componentes de carga dinámica actúan sobre la estructura debido a vibraciones y resonancias. Además, las alturas de torre de 100 metros y mayores transfieren una carga excéntrica importante a la cimentación debido a un importante momento de vuelco que tiene lugar. Si la torre se expone 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 asumir la fuerza de tracción en la parte opuesta de la cimentación, ya que el hormigón como tal presenta una resistencia a la tracción relativamente baja.

65

Las cimentaciones realizadas a partir de elementos de hormigón armado precolados presentan la ventaja de que el rendimiento y la calidad del hormigón son mayores, de modo que existe un riesgo reducido de formación de grietas y una mejor capacidad para resistir cargas dinámicas y estáticas. Sin embargo, una desventaja es que el elemento de hormigón precolado no debe exceder ciertas dimensiones para que pueda ser transportado desde la planta de precolados al lugar de trabajo.

Se consigue una contribución sustancial a la estabilidad de una cimentación rellenando el foso con tierra u otro material de relleno sobre los elementos de hormigón precolados de la cimentación. De esta manera, se puede usar el peso del material de relleno para producir una carga vertical sobre los elementos de hormigón precolados que contrarrestan un eventual momento de vuelco. La carga actúa más eficazmente sobre superficies verticales de la cimentación, como las placas de base de los elementos de hormigón precolados. Sin embargo, para ahorrar costes de fabricación y transporte, las placas de base pueden presentar una anchura limitada, de modo que quede un huelgo entre las placas de base contiguas. En la zona de dicho huelgo, el material de relleno no puede ejercer una carga vertical sobre la cimentación, que contrarrestaría el momento de vuelco del viento de la turbina eólica.

En general, cuanto mayor es el diámetro de la cimentación, mejor puede soportar la cimentación el momento de vuelco del molino de viento. Sin embargo, las infraestructuras de transporte disponibles para transportar los elementos de hormigón precolados desde la planta de precolados al lugar 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 aumentar la longitud y/o la anchura de los elementos de hormigón precolados que forman el pedestal y los nervios de la cimentación.

Con el fin de solucionar estos y otros objetivos, la invención proporciona una cimentación para un molino de viento del tipo definido inicialmente, 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 dicho pedestal, en la que el pedestal se divide en una pluralidad de secciones circunferenciales, en las que una sección circunferencial y un nervio están formados cada uno de ellos de una sola pieza uno con otro, o están formados cada uno de ellos como un elemento de hormigón precolado, estando dichos elementos de hormigón precolados realizados en hormigón armado que comprende una primera estructura de refuerzo, en particular unas barras de refuerzo, embebidas en los elementos de hormigón precolados, que está caracterizada por que el huelgo entre dos elementos de hormigón precolados contiguos está cada uno puentado por una placa de puentado. Dicha placa de puentado preferentemente presenta una extensión radial de modo que sobresalga radialmente de los elementos de hormigón precolados. Las placas de puentado preferentemente se realizan como placas de hormigón precoladas. Como las placas de puentado son elementos que se encuentran espaciados de los elementos de hormigón precolados que forman el pedestal y los nervios de la cimentación, se pueden manipular y transportar por separado. Las placas de puentado extienden el área de superficie horizontal, sobre la que el material de relleno ejerce una fuerza vertical que contrarresta el momento de vuelco del molino de viento. En particular, el área de superficie se extiende por lo menos a una parte del huelgo entre las placas de base contiguas y, opcionalmente, a un área que se encuentra radialmente fuera del diámetro de la cimentación, tal como se define mediante los elementos de hormigón precolados que forman el pedestal y los nervios. Las placas de puentado, por lo menos a lo largo de parte de su borde, se soportan por las placas de base, de modo que la carga vertical ejercida por el material de relleno en las placas de puentado se pueda transferir a la cimentación, incluidos los elementos de hormigón precolados. Con el fin de realizar un soporte de las placas de puentado por las placas de base en una dirección vertical, los lados enfrentados de las placas de puentado y de las placas de base se pueden configurar con una junta machihembrada.

De forma alternativa o adicional, se puede disponer un material plano flexible, como por ejemplo un material de lámina textil, una estera o una geomembrana, para cubrir las placas de base, los nervios y/o las placas de puentado. El material plano puede desempeñar la misma función que las placas de puentado, que es extender la superficie sobre la que descansa el peso del material de relleno. El material flexible plano se puede fijar al pedestal y/o a los nervios y/o a las placas de puentado mediante elementos de conexión adecuados, como, por ejemplo, ganchos, conexiones roscadas o de argolla.

Además, se puede utilizar el material flexible plano, como un material de lámina textil, una estera o una geomembrana, para extender aún más el área de superficie horizontal sobre la que el material de relleno ejerce una fuerza vertical que contrarresta el momento de vuelco del molino de viento. Para ello, el material flexible plano se puede fijar a las placas de puentado y/o los nervios y disponerse de manera que sobresalga radialmente de los elementos de hormigón precolados en una dirección hacia afuera. El material flexible plano se puede fijar a las placas de puentado y/o a los nervios por medios de conexión convencionales. Preferentemente, las placas de puentado comprenden una placa superior y una inferior dispuestas una encima de la otra, en las que se aprisiona el material flexible plano entre la placa superior y la inferior.

Además, se puede fijar un material de anclaje o medios de anclaje, como una barra tirante, al elemento de hormigón precolado, en particular, a la placa de puentado, y se extiende más allá de la cimentación.

De acuerdo con una forma de realización preferida adicional, la placa de puentado prevé por lo menos una abertura, estando dispuesta dicha por lo menos una abertura preferentemente cerca de la periferia exterior de la placa de puentado, como por ejemplo dentro del tercio externo de la extensión radial de dicha placa de puentado.  
 5 La abertura actúa para encauzar elementos de refuerzo de metal, como barras de refuerzo metálicas, que sobresalen de un pilote de cimentación de pilotes dispuesto debajo de las placas de puentado. Mediante el acoplado o la conexión de los extremos que sobresalen de los elementos de refuerzo a las placas de puentado, se forma un paso de transmisión de carga entre los elementos de hormigón precolados de la cimentación del molino de viento y el pilote de cimentación. La conexión entre el pilote de la cimentación de pilotes y la placa de puentado se puede concebir de manera que transmita fuerzas que actúen hacia abajo desde la placa de puentado al pilote y/o que evite que la placa de puentado se levante del pilote en caso de fuerzas que actúen hacia arriba.

De acuerdo con una forma de realización preferida, las placas de puentado se comportan como punto de anclaje para cables de amarre, siendo dichos cables adecuados para soportar la torre de la turbina eólica. En particular, las placas de puentado pueden comprender medios de sujeción para cables de amarre.

Además, las placas de puentado se pueden cargar con peso, como bloques de hormigón o material a granel.

20 Otra desventaja de una cimentación realizada a partir de elementos de hormigón precolados es que, a diferencia de las cimentaciones hormigonadas en el campo, no se proporciona una estructura monolítica, por lo que se deben desarrollar soluciones técnicas para conectar de forma segura los elementos de hormigón precolados entre sí, de modo que se simule una estructura monolítica.

25 A este respecto, una forma de realización preferida de la invención proporciona una segunda estructura de refuerzo que mantiene unidos los elementos de hormigón precolados y que se acopla a la primera estructura de refuerzo. Dicha segunda estructura de refuerzo puede ser de cualquier tipo adecuado para mantener unidos fuertemente los elementos de hormigón precolados, de modo que se forme una estructura monolítica. La segunda estructura de refuerzo es diferente de la primera estructura de refuerzo y, por lo tanto, preferentemente, no se incorpora en los elementos de hormigón precolados. De acuerdo con una característica preferida de la invención, la segunda estructura de refuerzo se acopla a la primera estructura de refuerzo, lo que permite un paso de carga ininterrumpida entre dichas estructuras de refuerzo, de manera que se distribuyan las fuerzas introducidas en la cimentación de forma efectiva. Dentro del contexto de la invención, el acoplamiento de la primera y la segunda estructuras de refuerzo implica que las fuerzas que actúan sobre la primera estructura de refuerzo se transmitan a la segunda estructura de refuerzo sin que se interponga hormigón y viceversa. De este modo, la primera y segunda estructuras de refuerzo pueden estar conectadas entre sí directamente o mediante un elemento de conexión rígido que no sea hormigón.

40 La primera estructura de refuerzo preferentemente comprende barras de refuerzo realizadas en acero o en un material rígido similar. Preferentemente, dichas barras de refuerzo se extienden en la dirección longitudinal de los nervios. Las barras de refuerzo adicionales se pueden extender perpendicular u oblicuamente a las barras de refuerzo que se extienden en la dirección longitudinal de los nervios. También se pueden disponer unas barras de refuerzo adicionales en el pedestal y que se extienden en la dirección axial del mismo. Las barras de refuerzo longitudinales preferentemente se pueden extender en una dirección radial hacia el centro de la cimentación, donde se pueden disponer las barras de refuerzo longitudinales en un plano horizontal o se pueden extender oblicuamente al plano horizontal, en particular ascendiendo hacia el pedestal. En el último caso, las barras de refuerzo se encuentran sustancialmente alineadas con el paso de carga con respecto a las fuerzas que se alejan del pedestal radialmente hacia afuera.

50 La segunda estructura de refuerzo preferentemente comprende una pluralidad de elementos de refuerzo longitudinales rígidos, en particular vigas o barras de acero, que conectan cada uno de ellos los elementos de hormigón precolados de un par de elementos de hormigón precolados dispuestos opuestos entre sí de una manera que cruzan un espacio hueco rodeado por el pedestal. Los elementos de refuerzo longitudinales de la segunda estructura de refuerzo se acoplan a la primera estructura de refuerzo, en particular a las barras de refuerzo, preferentemente, a las barras de refuerzo que se extienden en la dirección longitudinal de los nervios. De esta manera, las barras de refuerzo embebidas en elementos de hormigón precolados dispuestos opuestamente se conectan entre sí por medio de los elementos de refuerzo longitudinal de la segunda estructura de refuerzo, en la que se forma un paso de transmisión de carga entre la primera estructura de refuerzo de dichos elementos de hormigón precolados dispuestos de forma opuesta. Esto da lugar a que la carga de tensión que se ejerce sobre la cimentación debido al momento de flexión de la torre no solo será asumida por la primera estructura de refuerzo dispuesta en un lado de la cimentación, sino que dicha carga de tensión también se transfiere a la primera estructura de refuerzo dispuesta en el lado opuesto de la cimentación.

65 De acuerdo con una forma de realización preferida de la invención, cada par de elementos de hormigón precolados dispuestos de manera opuesta se encuentra 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, cruza el espacio hueco rodeado por el pedestal. Dado que la totalidad de dichos elementos de refuerzo longitudinal cruzados se encuentra dispuesta diametralmente, coinciden en el centro del pedestal, de modo que se logra una disposición simétrica, que proporciona una distribución óptima de las fuerzas en la totalidad de la cimentación.

5

Los elementos de refuerzo longitudinales pueden atravesar el pedestal en un plano horizontal. Sin embargo, preferentemente, los elementos de refuerzo longitudinales rígidos están fijados a uno de entre dicho par de elementos precolados opuestos en una región superior del mismo y al otro de entre dicho par de elementos de hormigón precolados dispuestos opuestamente en una región inferior del mismo, de modo que se extiendan de forma oblicua con respecto a un plano horizontal. Por lo tanto, las barras de refuerzo de elementos de hormigón precolados dispuestos opuestamente se acoplan entre sí por lo menos en dos planos diferentes, como el plano superior y el plano inferior.

10

A este respecto, resulta ventajoso que los elementos de refuerzo longitudinales rígidos se conecten entre sí en su intersección que está dispuesta en un 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 varias direcciones.

15

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 están conectadas entre sí a través de una camisa dispuesta en una superficie interna del pedestal. Dicha camisa se puede formar a partir de una envoltura de chapa de acero que se fija a la superficie interna del pedestal. En el caso de un pedestal en forma de cilindro hueco, la camisa se puede realizar como una camisa cilíndrica dispuesta en la superficie cilíndrica interna del pedestal. Dicha camisa permite dirigir el paso de carga desde la primera estructura de refuerzo a la segunda estructura de refuerzo y viceversa. Esto se consigue conectando fuertemente tanto las barras de refuerzo de la primera estructura de refuerzo como los elementos de refuerzo de la segunda estructura de refuerzo a la camisa.

20

25

A este respecto, una forma de realización preferida prevé que las barras de refuerzo de dicha primera estructura de refuerzo se fijen a la camisa mediante soldadura. Ventajosamente, esto se puede conseguir disponiendo las barras de refuerzo de dicha primera estructura de refuerzo de manera que sobresalgan hacia la parte interior de los elementos de hormigón precolados y, preferentemente, que se introduzcan en las aberturas provistas en la camisa. En este caso, la soldadura se puede realizar en el lado interno de la camisa. De forma alternativa, la soldadura se puede realizar en el lado externo de la camisa.

30

35

Además, la segunda estructura de refuerzo se puede fijar a la camisa mediante soldadura o mediante una conexión roscada.

El espacio hueco del interior del pedestal se puede utilizar para diferentes propósitos, por ejemplo, como espacio de almacenamiento o para realizar trabajos de mantenimiento y, por lo tanto, puede estar equipado con escaleras, plataformas, etc. Además, el espacio hueco también se puede utilizar para instalar, acceder y mantener cables de postensión que se disponen para estabilizar la torre o el mástil del molino de viento.

40

De acuerdo con una forma de realización preferida, los elementos de hormigón precolados comprenden una placa de base para soportar el nervio y forman una sola pieza con la misma. Por lo tanto, el elemento de hormigón precolado puede presentar una sección transversal en forma de una "T" invertida, donde la barra en forma de T horizontal se forma mediante la placa de base y la barra en forma de T vertical se forma mediante el nervio. Sin embargo, el nervio no necesariamente se debe realizar estrictamente en forma de una barra vertical. El nervio también puede presentar una sección transversal que se estreche hacia la parte superior. Además, preferentemente, la altura del nervio puede aumentar de manera continua en una dirección hacia el pedestal. Una altura cada vez mayor del nervio permite adaptar el área de sección transversal del nervio a la progresión de la fuerza y, por ejemplo, se puede realizar con la superficie superior o el borde superior del nervio concebido como una rampa ascendente en una dirección hacia el pedestal. De forma alternativa, el nervio puede presentar una configuración curva, es decir, cóncava, de la superficie superior o borde superior. En cualquier caso, la altura del nervio puede aumentar en una dirección hacia el pedestal de manera que alcance la altura del pedestal en el punto en el que el nervio se une con dicho pedestal.

45

50

55

Las barras de refuerzo embebidas en el nervio se pueden extender, preferentemente, sustancialmente paralelas al borde superior del nervio, en particular paralelas a la rampa ascendente.

60

Las placas de base de los elementos de hormigón precolados pueden presentar una forma rectangular. Alternativamente, dichas placas se pueden ensanchar en dirección horizontal aumentando la distancia desde el centro de la cimentación.

Con el fin de cerrar el espacio hueco del interior 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 se proyecte hacia la parte

65

interior en el espacio hueco rodeado por el pedestal. En particular, las secciones de borde de todos los elementos de hormigón precolados conjuntamente forman un borde circunferencial, en particular circular, que soporta circunferencialmente una placa central inferior que se encuentra en la parte inferior del pedestal.

5 De acuerdo con una forma de realización preferida adicional de la invención, los elementos de hormigón precolados se encuentran 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. Dichos cables tienen la función de una estructura de refuerzo adicional, pero, al contrario de la segunda estructura de refuerzo de la invención, los cables no se acoplan a la primera estructura de refuerzo embebida en los elementos de hormigón precolados.

10 Al constreñir los elementos de hormigón precolados entre sí, se presionan entre sí las superficies laterales de las secciones circunferenciales contiguas del pedestal. Para alinear con precisión dichas secciones circunferenciales contiguas entre sí, dichas caras laterales pueden comprender elementos de encaje de forma, como por ejemplo una disposición machihembrada, que cooperan entre sí para asegurar la posición relativa de los segmentos.

15 La instalación de los elementos de hormigón precolados en el lugar de trabajo se simplifica sustancialmente si, de acuerdo con una forma de realización preferida, los elementos de hormigón precolados contiguos, en sus secciones que irradian hacia afuera desde el pedestal, se encuentran espaciados entre sí en una dirección circunferencial. En particular, las placas de base presentan una dimensión de anchura de manera que las placas de base de los elementos de hormigón precolados contiguos no se toquen entre sí. De este modo, se pueden acomodar las tolerancias de producción en la producción de elementos de hormigón precolados.

20 El hormigón utilizado para producir los elementos precolados de hormigón puede ser cualquier tipo de hormigón que también se use típicamente para hormigonar en campo. Además de los agregados y el agua, el hormigón contiene cemento Portland como aglutinante hidráulico, que produce fases de formación de resistencia al reaccionar y solidificarse en contacto con el agua.

25 También se puede utilizar hormigón armado con fibra para producir elementos de hormigón precolados. Las fibras pueden estar realizadas en cualquier material fibroso que contribuya a aumentar la integridad estructural, en particular la solidez, 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 están distribuidas uniformemente y orientadas al azar.

30 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.

35 En funcionamiento, la cimentación soporta una turbina eólica terrestre que comprende un mástil y un rotor montado en el mástil, en la que dicho mástil se monta en el pedestal de la cimentación de la invención con medios convencionales, como por medio de pernos de anclaje. El rotor prevé un eje de giro horizontal.

40 A continuación, la invención se describirá con más detalle haciendo referencia a una forma de realización a título de ejemplo que se muestra en los dibujos. La figura 1 ilustra una cimentación de molino de viento que consta de elementos de hormigón precolados, la figura 2 muestra un elemento de hormigón precolado tal como se utiliza en la cimentación de la figura 1, la figura 3 muestra una sección transversal de la cimentación, la figura 4 muestra una vista superior de la cimentación de la figura 3, la figura 5 es una vista superior parcial de una forma de realización de la cimentación de acuerdo con la invención, la figura 6 muestra una sección transversal de la cimentación con una lámina flexible que está fijada a la cimentación y la figura 7 muestra una sección transversal de la cimentación que está conectada a una cimentación de pilotes.

45 En la figura 1, se muestra una cimentación 1 que comprende varios elementos de hormigón precolados 3. Dicha cimentación 1 comprende un pedestal circular 2 en forma de cilindro hueco para soportar una torre de molino de viento. Dicha cimentación 1 comprende además una pluralidad de nervios 5 que irradian radialmente hacia afuera desde el pedestal 2. Dicho pedestal 2 se divide en una pluralidad de secciones circunferenciales 4 (figura 2), en las que se forman una sección circunferencial 4 y un nervio 5 formando una sola pieza entre sí como un elemento precolado de hormigón 3, tal como se muestra en figura 2. El elemento de hormigón precolado 3 comprende además una placa de base 6 que también forma una sola pieza con el nervio 5. Los elementos de hormigón precolados 3 se realizan en hormigón armado que comprende barras de refuerzo que están embebidas en los elementos de hormigón precolados 3.

50 Aunque en la figura 2 se muestran los nervios como un elemento de hormigón precolado realizado en una sola pieza, dichos nervios también se pueden ensamblar a partir de dos o más secciones de nervios. Este aspecto resulta particularmente ventajoso si se va a realizar un nervio que presente una longitud radial que exceda la longitud permitida de las infraestructuras de transporte habituales. En particular, se pueden producir dos o más secciones de nervios como elementos de hormigón precolados separados, transportarlas al lugar de trabajo por separado y montarlas conjuntamente de forma rígida en el lugar de trabajo.

65

Con el fin de alinear con precisión las secciones circunferenciales contiguas 4 entre sí, dichas caras laterales pueden comprender unos elementos de encaje de forma 16, como por ejemplo una disposición trapezoidal machihembrada, que cooperen entre sí para asegurar la posición relativa de los elementos 3. Además, los elementos de hormigón precolados 3 pueden estar constreñidos entre sí por medio de por lo menos un cable de postensión que se puede disponer en un paso circunferencial, en particular circular, realizado en el pedestal 2, indicándose la abertura de dicho paso con el número de referencia 17. Obviamente, se puede proporcionar una pluralidad de pasos.

En la figura 3, se muestran barras de refuerzo embebidas en los elementos de hormigón precolados 3 y se designan con el número de referencia 7. Además, se muestran los 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 sus extremos libres que sobresalen del pedestal 2.

Una camisa 9 está dispuesta en la superficie cilíndrica interior del pedestal 2. Las barras de refuerzo 7 están dispuestas de manera que sobresalgan hacia la parte interior desde los elementos de hormigón precolados 3 y que se introduzcan en las aberturas previstas en la camisa 9, de modo que dichas barras 7 se puedan conectar a dicha camisa 9 en el lado interno de la misma mediante soldadura (la conexión de soldadura se muestra con el número de referencia 15 a título de ejemplo solo en una de las barras 7). Además, cada una de las vigas de acero 10 se conecta a la camisa 9 mediante, por ejemplo, una conexión roscada. Las vigas de acero 10 conectan entre sí elementos de hormigón precolados dispuestos opuestos 3, de manera cruzada en 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", en la que cada una de dichas vigas 10 está fijada a uno de entre los elementos precolados opuestos 3 en una región superior del mismo y al otro de entre los elementos de hormigón precolados opuestos 3 en una región inferior del mismo.

Tal como se puede apreciar en la figura 3, la placa de base 6 de cada elemento de hormigón precolado 3 comprende una sección de reborde que sobresale hacia dentro en el espacio hueco 12, en el que las secciones de borde de todos los elementos de hormigón precolados 3 forman conjuntamente un borde circular 13, que soporta circunferencialmente una placa inferior central 11 que se dispone en la parte inferior 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 precolados opuestos 3 están conectados entre sí mediante unas vigas de acero 10.

La figura 5 muestra la forma de realización de la invención, en la que el huelgo entre dos elementos de hormigón precolados contiguos 3 está puentado por una placa de puentado 14, que presenta una extensión radial de modo que sobresalga radialmente de los elementos de hormigón precolados 3. La placa de puentado 14 se puede fijar a la placa de base 6 de los elementos de hormigón precolados 3 por medio de pernos.

La figura 6 es una sección transversal de la forma de realización de la invención, en la que se muestra la placa de puentado 14, que está compuesta por una placa superior 18 y una placa inferior 19. Se aprisiona un material flexible plano 20, como por ejemplo un material de lámina textil, una estera o una geomembrana, entre la placa superior 18 y la placa inferior 19. Dicho material flexible plano se extiende radialmente hacia afuera de la placa de puentado 14, extendiendo así el área de superficie horizontal sobre la que el material de relleno ejerce una fuerza vertical que contrarresta el momento de vuelco del molino de viento.

La figura 7 muestra otra forma de realización de la invención en una vista en sección transversal. La placa de puentado 14 presenta una abertura 23, en cuyo interior se proyecta un pilote 21 de una cimentación de pilotes. Sobresalen barras de refuerzo 22 del extremo superior del pilote 21. Se dispone una placa 24 para cerrar la abertura 23 desde arriba y descansa sobre la cara superior de dicha placa de puentado 14. La placa 24 comprende agujeros para permitir que las barras de refuerzo 22 se introduzcan en la placa 24, de modo que se puedan enroscar tuercas 26 en una porción extrema roscada de dichas barras de refuerzo 22. El número de referencia 25 indica una placa de refuerzo realizada en metal. De esta manera, se forma un paso de transmisión de carga entre los elementos de hormigón precolados de la cimentación del molino de viento y la cimentación de pilotes. Opcionalmente, se puede proporcionar un paso de transmisión de carga adicional mediante la disposición de un elemento de sujeción 27 en el pilote, sobre el que se puede apoyar la placa de puentado 24. De este modo, se conectan entre sí la placa de puentado 24 y el pilote 21, a fin de transmitir fuerzas en ambas direcciones de acuerdo con la flecha 28.

Aunque la figura 7 muestra únicamente un pilote 21, la cimentación de dicho pilote puede comprender una pluralidad de pilotes 21 que se pueden conectar a la cimentación de la turbina eólica de la misma manera que se muestra haciendo referencia al pilote 21 de la figura 7.

**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 (5) que irradian radialmente hacia afuera desde dicho 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 formados de una sola pieza uno con otro, o están formados cada uno de ellos como un elemento de hormigón precolado (3), en la que los elementos de hormigón precolados (3) están realizados en hormigón armado comprendiendo una primera estructura de refuerzo, en particular unas barras de refuerzo (7,22), embebidas en los elementos de hormigón precolados (3), caracterizada por que los elementos de hormigón precolados (3) contiguos, en sus secciones que irradian hacia afuera desde el pedestal (2), están espaciados entre sí en una dirección circunferencial y por que el huelgo entre dos elementos de hormigón precolados (3) contiguos está puentado cada uno por una placa de puentado (14).
2. Cimentación (1) según la reivindicación 1, en la que dicha placa de puentado (14) presenta una extensión radial de manera que sobresalga radialmente de los elementos de hormigón precolados (3).
3. Cimentación (1) según la reivindicación 1 o 2, en la que las placas de puentado (14) están realizadas como unas placas de hormigón precoladas.
4. Cimentación (1) según la reivindicación 1, 2 o 3, en la que está prevista una segunda estructura de refuerzo, que mantiene unidos conjuntamente los elementos de hormigón precolados (3) y que se acopla a la primera estructura de refuerzo.
5. Cimentación (1) según la reivindicación 4, en la que la segunda estructura de refuerzo comprende una pluralidad de elementos de refuerzo longitudinales rígidos, en particular unas vigas (10) o barras (7, 22) de acero, que cada uno de ellos conecta los elementos de hormigón precolados (3) de un par de elementos de hormigón precolados (3) dispuestos de modo opuesto entre sí de una manera que atraviesan un espacio hueco (12) rodeado por el pedestal (2).
6. Cimentación (1) según la reivindicación 5, en la que cada par de elementos de hormigón precolados opuestos (3) está conectado mediante uno de dichos elementos de refuerzo longitudinales rígidos.
7. Cimentación (1) según la reivindicación 5 o 6, en la que cada uno de los elementos de refuerzo longitudinales rígidos está fijado a uno de entre dicho par de elementos precolados opuestos en una región superior del mismo y al otro de entre dicho par elementos de hormigón precolado (3) dispuestos de modo opuesto en una región inferior del mismo.
8. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, 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).
9. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en la que los elementos de refuerzo longitudinales rígidos y la primera estructura de refuerzo, en particular las barras de refuerzo (7, 22), están conectados entre sí mediante una camisa (9) dispuesta en una superficie interna del pedestal (2).
10. Cimentación (1) según la reivindicación 9, en la que las barras de refuerzo (7, 22) de dicha primera estructura de refuerzo están fijadas a la camisa (9) por soldadura.
11. Cimentación (1) según la reivindicación 9 o 10, en la que las barras de refuerzo (7, 22) de dicha primera estructura de refuerzo están dispuestas para sobresalir hacia dentro de los elementos de hormigón precolados (3) y, preferentemente, para penetrar en las aberturas previstas en la camisa (9).
12. Cimentación (1) según la reivindicación 9, 10 u 11, en la que la segunda estructura de refuerzo está fijada a la camisa (9) por soldadura o por una conexión roscada (15).
13. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que los elementos de hormigón precolados (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 hacia dentro en el espacio hueco (12) rodeado por el pedestal (2).
14. Cimentación (1) según la reivindicación 13, en la que las secciones de borde de todos los elementos de hormigón precolados (3) forman juntos un borde circunferencial (13), en particular circular, que soporta circunferencialmente una placa inferior central (11) que está dispuesta en la parte inferior del pedestal (2).
15. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que la altura del nervio (5) aumenta continuamente en una dirección hacia el pedestal (2).

16. Cimentación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en la que los elementos de hormigón precolados (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).

5

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

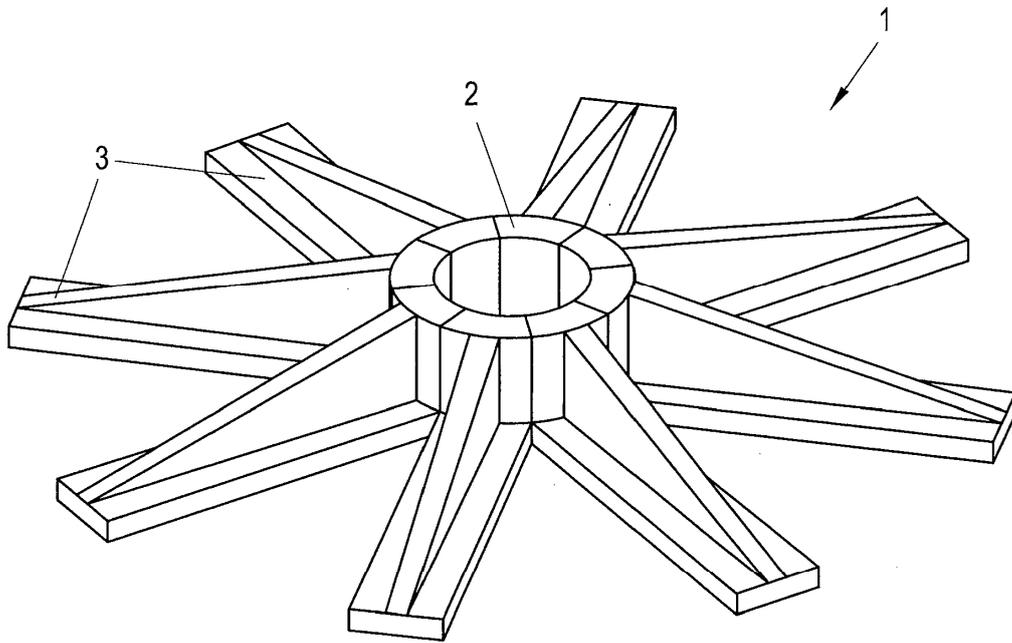


Fig. 1

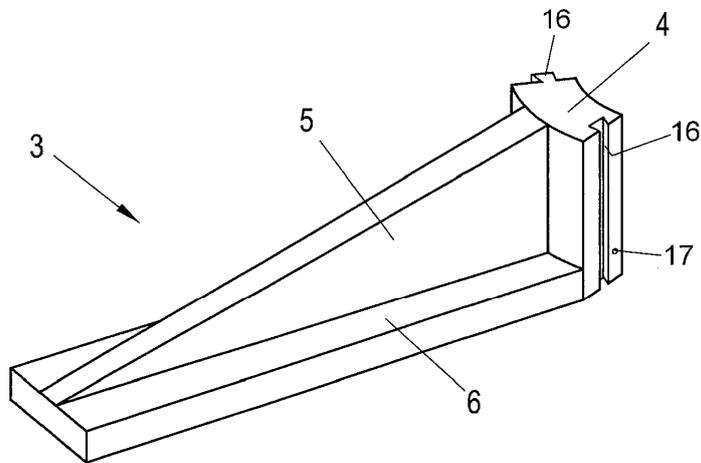


Fig. 2

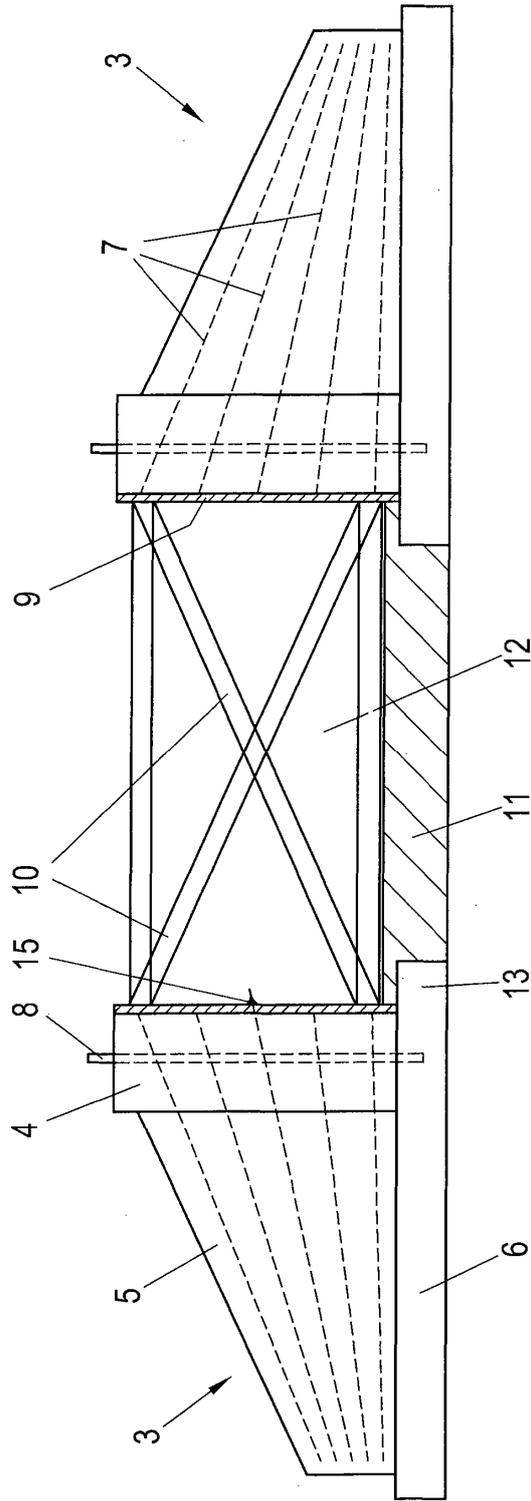


Fig. 3

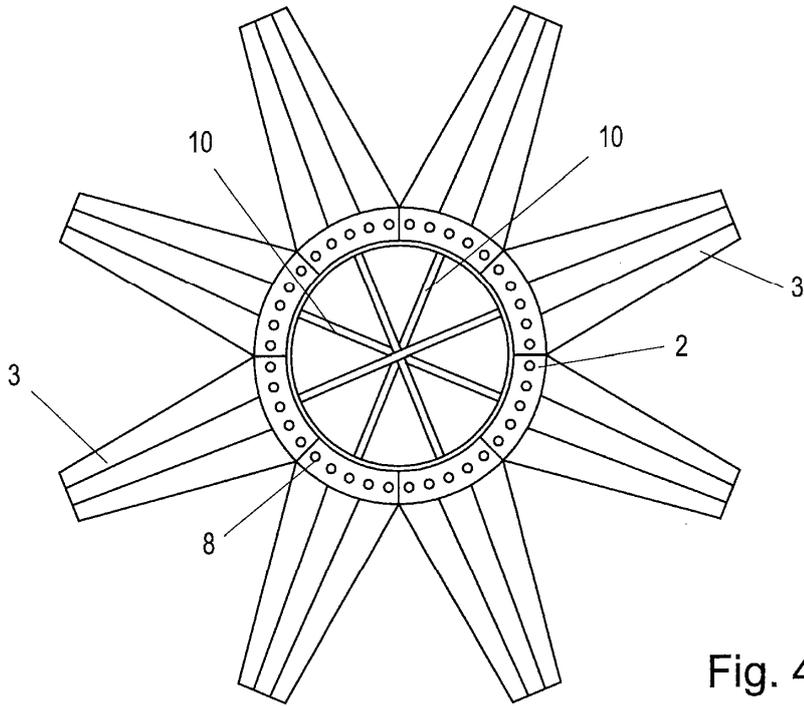


Fig. 4

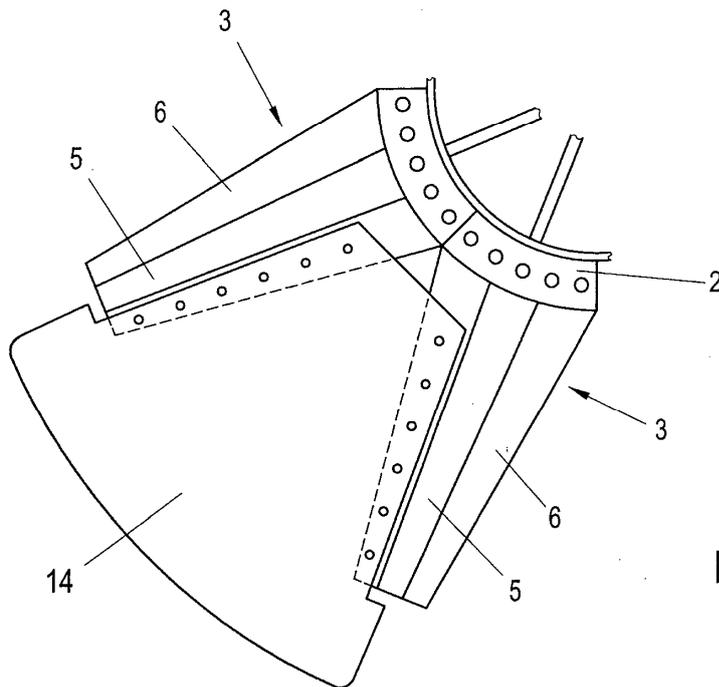


Fig. 5

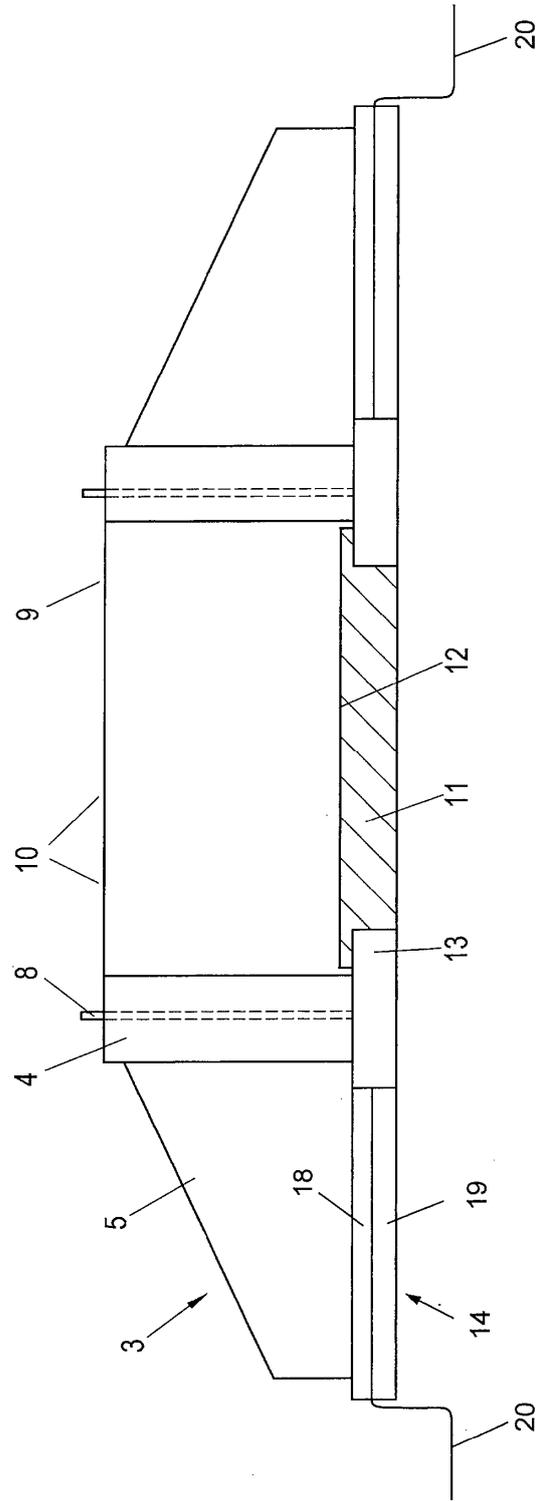


Fig. 6

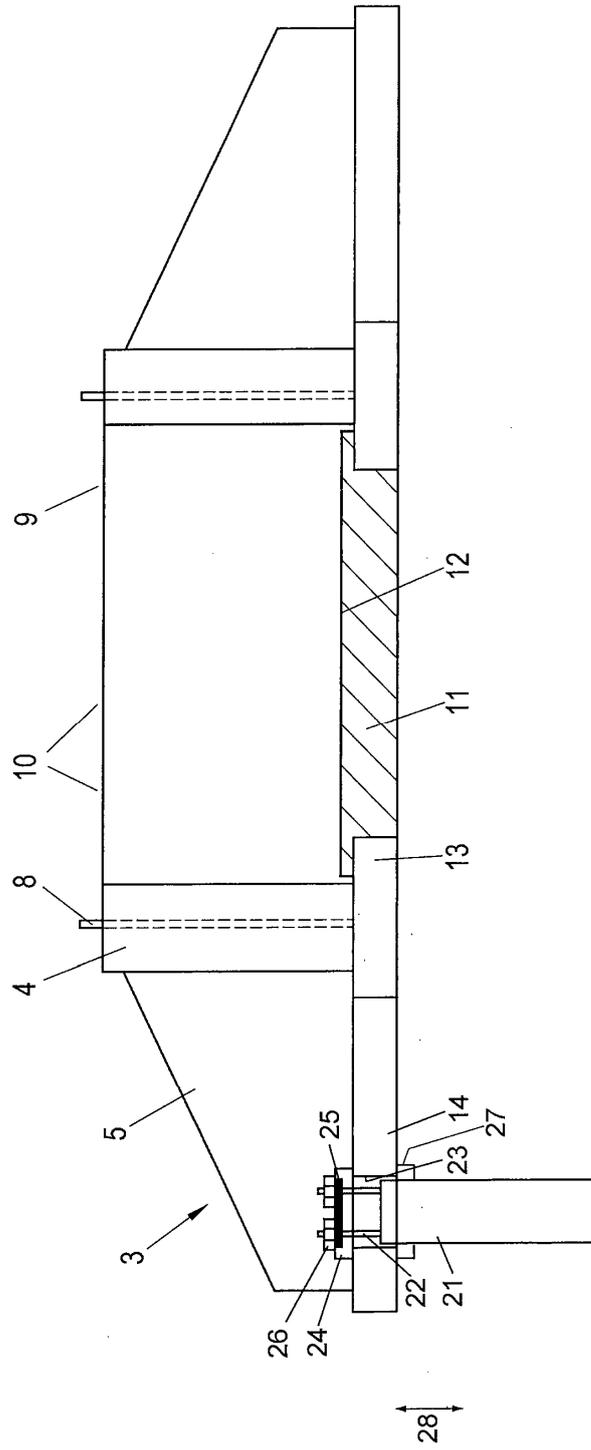


Fig. 7