

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 021 584**

51 Int. Cl.:

E02D 27/42 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

E04H 12/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2020** **PCT/IB2020/051465**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2020** **WO20174334**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2020** **E 20708673 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2025** **EP 3931399**

54 Título: **Cimentación para un aerogenerador**

30 Prioridad:

28.02.2019 AT 792019

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

27.05.2025

73 Titular/es:

HOLCIM TECHNOLOGY LTD (100.00%)
Grafenauweg 10
6300 Zug, CH

72 Inventor/es:

SCHULDT, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 3 021 584 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 aerogenerador

5 La invención se refiere a una cimentación para un aerogenerador con un pedestal circular o poligonal dividido en varias secciones anulares para soportar una torre y con unos elementos de soporte que se extienden radialmente hacia fuera desde el pedestal, estando las secciones anulares y los elementos de soporte configurados como elementos de hormigón prefabricados o estando compuestos por los mismos y estando espaciados entre sí los elementos de soporte adyacentes en dirección periférica.

10 La invención se refiere además a un aerogenerador con una torre que soporta un rotor, que está montada sobre una cimentación según la invención. El documento DK200000612A describe una cimentación para un aerogenerador que contiene las características del preámbulo de la reivindicación 1.

15 Otra cimentación del tipo mencionado al principio se describe, por ejemplo, en el documento WO 2017/141098 A1 y consta sustancialmente de elementos de hormigón prefabricados. Estos elementos de hormigón se fabrican en una planta de prefabricación y se transportan hasta el lugar de utilización, donde se colocan en posición utilizando una grúa y después se pueden unir entre sí. De esta manera, se puede reducir significativamente la duración del proceso de construcción en el lugar de utilización. Al conectarse entre sí, los elementos de hormigón prefabricados forman una cimentación con un pedestal central y varias nervaduras o elementos de soporte, cada uno de los cuales sobresale radialmente hacia fuera desde el pedestal. Cada elemento de hormigón prefabricado forma uno de los elementos de soporte y una sección periférica asociada del pedestal. Después de que haya montado la cimentación de esta manera, se levanta la torre o mástil del aerogenerador sobre el pedestal y se fija al pedestal utilizando pernos de anclaje.

25 Al utilizar elementos de hormigón prefabricados, los elementos pueden fabricarse en un entorno controlado, de modo que se facilita la posibilidad de que el hormigón se endurezca en condiciones óptimas y que el proceso se controle al detalle. La calidad del hormigón endurecido se puede mejorar porque en una planta de prefabricación existe un mejor control de la calidad del material y de la ejecución del trabajo que en una obra.

30 Los aerogeneradores están expuestos a cargas y sollicitaciones de naturaleza específica que deben ser absorbidas por la cimentación. El propio viento actúa de manera impredecible y cambiante. En instalaciones más grandes, participan componentes de carga dinámica como consecuencia de vibraciones y resonancias. Además, las torres con alturas de 100 metros y más transfieren considerables cargas excéntricas a la cimentación debido al notable momento de vuelco. Cuando la torre es sometida a un momento flector, 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 dilatación en la parte opuesta de la cimentación porque el propio hormigón presenta una resistencia a la dilatación relativamente pequeña.

40 Las cimentaciones de elementos de hormigón reforzados prefabricados tienen la ventaja de que el rendimiento y la calidad del hormigón son mayores, de modo que se da un menor riesgo de fisuración y una mayor capacidad para resistir cargas dinámicas y estáticas. Sin embargo, una desventaja consiste en que los elementos de hormigón prefabricados individuales no deben superar determinadas dimensiones para poder transportarlos desde la planta de prefabricación hasta el lugar de utilización.

45 Una contribución significativa a la estabilidad de una cimentación se consigue rellenando una zanja que aloja la cimentación con tierra u otro material de relleno, con lo que este se coloca sobre los elementos de hormigón prefabricados de la cimentación. De esta manera, el peso del material de relleno se puede utilizar para aplicar una carga vertical a los elementos de hormigón prefabricados que contrarreste un posible momento de vuelco.

50 Para aumentar la estabilidad de una cimentación de un molino de viento, en particular su capacidad de resistencia a un momento de vuelco, sin aumentar la longitud y/o la anchura de los elementos de hormigón prefabricados, en el documento WO 2017/141098 A1 se propuso salvar el espacio entre dos elementos de hormigón prefabricados adyacentes mediante una respectiva placa puente. Las placas puente proporcionan una superficie de apoyo adicional para el material de relleno, por lo que puede aumentarse la componente de carga vertical que contrarresta el momento de vuelco. Además, las placas puente conducen a una estabilización y a un apoyo mutuo de los elementos de soporte adyacentes, ya que los elementos de soporte están conectados entre sí para formar una estructura uniforme, particularmente en la zona radialmente exterior, es decir, retirada del pedestal. Para asegurar la posición de las placas puente, su fijación a los elementos de soporte se realiza, por ejemplo con ayuda de uniones roscadas, lo que, sin embargo, implica un elevado esfuerzo de instalación.

60 Por tanto, la presente invención tiene como objetivo crear una configuración de la cimentación que conserve por lo menos parcialmente las ventajas mencionadas de las placas puente, pero evite el elevado esfuerzo de instalación de las placas puente.

65 Para lograr este objetivo, la invención consiste en una cimentación según la reivindicación 1.

La conexión de dos elementos de soporte adyacentes que se extienden radialmente mediante una viga tangencial genera una estructura de soporte formada por varios triángulos a partir de la estructura de soporte en forma de estrella formada anteriormente solo por los elementos de soporte. Esto lleva a una mejor distribución y disipación de la fuerza, en particular en la zona de la cimentación comprimida como consecuencia de los momentos de vuelco. La disposición de vigas según la invención, al igual que en el caso de las placas puente, garantiza la estabilización y el apoyo mutuo de elementos de soporte adyacentes sin que sean absolutamente necesarias las placas puente. Por tanto, se puede eliminar el esfuerzo asociado con el transporte y la instalación de placas puente. Debido a la configuración de los triángulos de soporte que rodean el pedestal, los elementos de soporte que se extienden radialmente se pueden dimensionar de forma más esbelta y, por tanto, de forma optimizada en cuanto al peso, porque el apoyo de la torre ya no se basa exclusivamente en un modelo en voladizo de los elementos de soporte radiales.

Por supuesto, también es posible utilizar, no obstante, las vigas según la invención en combinación con placas puente. En este caso, sin embargo, se puede prescindir de la fijación separada de las placas puente a los elementos de soporte con ayuda de tornillos si las propias vigas garantizan un soporte radial de las placas puente. Las vigas forman en este caso un mecanismo de seguridad por arrastre de forma para evitar que las placas puente se alejen radialmente del pedestal.

Por viga en el sentido de la invención debe entenderse un elemento de hormigón alargado cuya extensión longitudinal, que se extiende en la dirección tangencial de la cimentación, excede significativamente la anchura y la altura, correspondiendo la extensión longitudinal preferentemente por lo menos al doble, preferentemente por lo menos a cinco veces la anchura y/o la altura.

El término "tangencial" se refiere a un eje vertical de la cimentación alrededor del cual se dispone el pedestal circular o poligonal, y pone de manifiesto que las vigas previstas según la invención se aplican de forma sustancialmente tangencial a un círculo imaginario por cuyo centro se extiende dicho eje.

Las vigas según la invención pueden discurrir de forma preferentemente recta. Sin embargo, también son posibles formas diferentes, como por ejemplo vigas con un recorrido curvo.

Según la invención, está previsto que cada par de elementos de soporte adyacentes esté conectado entre sí por medio de una respectiva viga, de modo que las vigas forman un polígono que encierra el pedestal o los elementos de soporte radiales. En otras palabras, dos vigas se extienden desde cada elemento de soporte, una conduce al elemento de soporte adyacente derecho y otra conduce al elemento de soporte adyacente izquierdo.

La conexión de las vigas con los elementos de soporte se puede realizar de diferentes maneras, debiendo garantizarse en cualquier caso que sea posible una transmisión de fuerza entre la viga y el elemento de soporte en dirección radial y, si es necesario, también tangencial. Una configuración preferida prevé en este caso que la viga esté fijada en sus extremos a los elementos de soporte adyacentes por arrastre de forma o con ayuda de medios de conexión.

Ventajosamente, las vigas están fijadas sobre el extremo de los elementos de soporte adyacentes opuesto al pedestal. Las vigas están fijadas así a los extremos libres de los elementos de soporte, de modo que todas las vigas juntas forman un límite periférico y poligonal de la cimentación.

Las vigas asumen además la función de un soporte periférico, concretamente, si la viga según la invención presenta un perfil en sección transversal con dos patas, en particular un perfil en forma de L, estando una pata fijada a los elementos de soporte adyacentes y configurando la otra pata una estructura de soporte que sobresale radialmente hacia fuera desde los elementos de soporte y se puede apoyar contra el suelo. Una estructura de soporte adicional de este tipo permite dimensionar los elementos de soporte radiales de forma más esbelta, consiguiendo así en conjunto una optimización del peso. Además, los elementos de soporte radiales se pueden configurar más cortos en su extensión radial debido al apoyo radial adicional creado por las vigas, de modo que se facilita el cumplimiento de una longitud máxima de transporte.

La estructura de soporte que sobresale radialmente hacia fuera también se puede utilizar como punto de asentamiento para asentar elementos de soporte adicionales, de modo que se puede aumentar aún más la extensión radial de la cimentación.

Según la invención, el espacio entre dos elementos de soporte adyacentes se puentea, como ya se ha mencionado, respectivamente por medio de por lo menos una placa puente, que preferentemente está diseñada como placa de hormigón prefabricada. En este caso se puede prescindir de la previsión de uniones roscadas entre la por lo menos una placa puente y los elementos de soporte radiales, ya que la por lo menos una placa puente se puede apoyar radialmente hacia fuera contra la viga.

El espacio entre dos elementos de soporte adyacentes también se puede puentear mediante una pluralidad de placas puente paralelas, que están diseñadas como placas de hormigón prefabricadas. En particular, las placas puente se extienden en este caso sustancialmente en una dirección tangencial, uniéndose entre sí una pluralidad de placas puente visto en dirección radial.

Las placas puente proporcionan una superficie horizontal sumamente grande sobre la cual el material de relleno amontonado puede ejercer una fuerza vertical que contrarresta el momento de vuelco del molino de viento. Las placas puente se apoyan en este caso sobre los elementos de soporte por lo menos a lo largo de una parte de sus bordes laterales, de modo que la carga vertical ejercida por el material de relleno sobre las placas puente se puede transferir a los elementos de soporte radiales y, por tanto, a toda la cimentación.

Para minimizar el número de elementos de hormigón prefabricados que debe montarse en el lugar de utilización, un perfeccionamiento preferido de la invención prevé que una sección anular y un elemento de soporte asociado estén formados de una sola pieza entre sí como un elemento de hormigón prefabricado.

Preferentemente, los elementos de hormigón prefabricados constan de hormigón reforzado que tiene una estructura de refuerzo, en particular elementos, perfiles, barras o alambres de refuerzo, que están incrustados en los elementos de hormigón prefabricados y/o que están configurados como elementos tensores para tensar juntos los elementos de hormigón prefabricados para formar elementos de hormigón pretensado.

Una desventaja de una cimentación que está compuesta de elementos de hormigón prefabricados consiste en que, a diferencia de las cimentaciones fundidas en el sitio de utilización a partir de hormigón *in situ*, no se proporciona una estructura monolítica, de modo que se deben desarrollar soluciones técnicas para la conexión segura de los elementos de hormigón prefabricados para replicar una estructura monolítica.

En este contexto, una forma de realización preferida de la invención prevé que se proporcione una estructura de conexión que mantiene unidos los elementos de hormigón prefabricados que forman los elementos de soporte y el pedestal y esté preferentemente acoplada a la estructura de refuerzo.

La estructura de conexión puede ser de cualquier tipo que sea adecuado para mantener unidos rígidamente los elementos de hormigón prefabricados para formar una estructura monolítica. La estructura de conexión se diferencia de la estructura de refuerzo y, por tanto, preferentemente, no se incrusta en los elementos de hormigón prefabricados. Según una característica preferida de la invención, la estructura de conexión se acopla a la estructura de refuerzo, con lo que se permite un trayecto de carga ininterrumpido entre las estructuras de refuerzo de manera que las fuerzas introducidas en la cimentación se distribuyan eficazmente. En el contexto de la invención, el acoplamiento de la estructura de conexión y la estructura de refuerzo significa que las fuerzas que actúan sobre la estructura de refuerzo se transfieren a la estructura de conexión sin que se disponga hormigón entre ellas, y viceversa. Por consiguiente, la estructura de conexión y la estructura de refuerzo pueden conectarse entre sí directamente o mediante un elemento de conexión rígido distinto del hormigón.

Sin embargo, la estructura de conexión también puede no presentar un acoplamiento directo con la estructura de refuerzo. Por ejemplo, las secciones anulares del pedestal o los elementos de soporte se pueden afianzar entre sí con ayuda de cables tensores periféricos. Los cables tensores acumulados pueden disponerse en este caso en por lo menos un canal periférico de la sección anular y/o de los elementos de soporte.

Una configuración preferida prevé en este caso que el pedestal o sus secciones anulares tengan en su o sus extremos orientados hacia el pedestal de la torre un saliente periférico que se extiende radialmente hacia fuera desde el pedestal con por lo menos un canal previsto en el saliente y que se extiende en dirección periférica para alojar un cable tensor. Dado que se crea un saliente periférico que se extiende radialmente hacia fuera desde el pedestal y que se fija en la zona superior, es decir, en el extremo con la superficie del pedestal, se genera la posibilidad de no utilizar el atornillamiento de los elementos de hormigón prefabricados, ya que por lo menos un cable tensor, pero normalmente una pluralidad de cables tensores, se pueden guiar sobre una periferia relativamente grande para tensar juntos los elementos de hormigón prefabricados juntos en la zona superior de la cimentación. Un cable tensor guiado sobre una gran periferia puede desarrollar una mejor fuerza de tensado y de unión que los cables tensores que se extienden sobre una pequeña periferia, de modo que con la medida según la invención se consigue un afianzamiento muy eficiente de los elementos de hormigón prefabricados. Por tanto, se puede prescindir en gran medida o totalmente del atornillamiento de los elementos de hormigón. Para insertar y tensar los cables tensores es suficiente que los elementos de hormigón prefabricados se posicionen lo más cerca posible unos de otros en el lugar deseado, aunque no debe realizarse ninguna alineación precisa de los orificios de perforación. A continuación, el cable tensor o la pluralidad de cables tensores se pueden introducir y juntar en el canal que se extiende por el saliente. En este caso, los elementos de hormigón prefabricados se unen y se alinean entre sí y la cimentación terminada se obtiene sin atornillamientos.

El hormigón utilizado para fabricar los elementos de hormigón prefabricados puede ser de cualquier tipo que se utilice habitualmente también para verter hormigón en el lugar de utilización. Además de los áridos y el agua, el hormigón contiene cemento Portland como aglutinante hidráulico.

El hormigón reforzado con fibras también se puede utilizar preferentemente para producir los elementos de hormigón prefabricados. Las fibras pueden ser de cualquier material de fibra que contribuya a aumentar la integridad estructural, particularmente el espesor, la resistencia a los impactos y/o la durabilidad, de la estructura de hormigón resultante. El hormigón reforzado con fibras contiene fibras de refuerzo cortas y discretas que están distribuidas uniformemente y orientadas aleatoriamente.

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. Además también es posible el uso de HPC (High Performance Concrete - Hormigón de Alto Rendimiento) y UHPC (Ultra High Performance Concrete - Hormigón de Ultra Alto Rendimiento). Estos tipos de hormigón son aglutinantes muy finos con áridos especiales muy finos y aditivos correspondientes y se consideran ventajosos debido a su peso relativamente bajo.

Durante el funcionamiento, la cimentación soporta una turbina eólica terrestre con una torre y un rotor montado en la torre, estando la torre montada en el pedestal de la cimentación según la invención mediante medios convencionales, por ejemplo, pernos de anclaje. El rotor tiene un eje de giro sustancialmente horizontal.

La invención se describe con más detalle a continuación con referencia a los ejemplos de realización mostrados en el dibujo. En la figura 1 se muestra una cimentación para un aerogenerador que consta de elementos de hormigón prefabricados, la figura 2 muestra un elemento de hormigón prefabricado que se utiliza en la cimentación de la figura 1, y la figura 3 muestra una configuración según la invención de la cimentación con placas puente y vigas de soporte exteriores.

En la figura 1 se muestra una cimentación 1 que presenta una pluralidad de elementos de hormigón prefabricados 3. La cimentación 1 presenta un pedestal circular 2 en forma de cilindro hueco para soportar una torre de un aerogenerador. La cimentación 1 presenta además varios elementos de soporte 5 que sobresalen radialmente hacia fuera del pedestal 2. El pedestal 2 se divide en varias secciones periféricas 4 (figura 2), estando configurados respectivamente una sección periférica 4 y un elemento de soporte 5 de una sola pieza entre sí como un elemento de hormigón prefabricado 3, como se muestra en la figura 2. El elemento de soporte 5 o el elemento de hormigón prefabricado 3 presenta además una placa base 6, que también está formada de una sola pieza con el elemento de soporte 5. Los elementos de hormigón prefabricados 3 consisten en hormigón reforzado con barras de refuerzo que están incrustadas en los elementos de hormigón prefabricados 3.

Aunque los elementos de soporte de la figura 2 se muestran como un elemento de hormigón prefabricado que consta de una única pieza, los elementos de soporte también pueden estar compuestos de dos o más secciones. Esto es especialmente ventajoso cuando se debe realizar un elemento de soporte cuya longitud radial excede la longitud admisible de los dispositivos de transporte convencionales. En particular, se pueden fabricar dos o más secciones como elementos de hormigón prefabricados separados, que se transportan por separado al lugar de utilización y se ensamblan rígidamente entre sí en el lugar de utilización.

Para una alineación precisa de las secciones periféricas adyacentes 4 entre sí, las superficies laterales presentan unos elementos ajustados 8 y 9 que encajan entre sí a la manera de una disposición de lengüetas y ranuras con forma trapezoidal, que cooperan entre sí para garantizar la posición relativa de los elementos 3. Además, los elementos de hormigón 3 prefabricados pueden apretarse entre sí mediante por lo menos un cable tensor, pudiendo disponerse el por lo menos un cable tensor en un paso periférico, en particular circular, que está formado en el pedestal 2, estando designada la abertura del paso con 7. Naturalmente, también se pueden proporcionar varios pasos.

La figura 3 muestra la forma de realización según la invención, en la que el espacio entre dos elementos de hormigón prefabricados 3 adyacentes se puentea mediante unas placas puente 11 y 12. Las placas puente 11 y 12 no deben fijarse a la placa base 6 de los elementos de hormigón prefabricados 3 mediante pernos, sino que pueden apoyarse simplemente sobre los elementos de soporte por arrastre de forma. Para fijar las placas puente 11, 12, están previstas unas vigas tangenciales 13, cada una de las cuales conecta entre sí dos elementos de soporte adyacentes 3. Las vigas tangenciales 13 forman un tope que impide que las placas puente 11 y 12 se alejen del pedestal 2. Para mayor claridad, en la figura 3 solo se muestra una de las vigas 13. Dado que cada par de elementos de soporte adyacentes 3 está conectado entre sí por medio de una viga 13, en el presente ejemplo están previstas un total de ocho vigas 13, de modo que las vigas 13 formen juntas un borde exterior poligonal, en particular octogonal, de la cimentación.

En la configuración según la figura 3, las vigas 13 están configuradas como soportes angulares que presentan una sección transversal en forma de L con una primera pata 14 y una segunda pata 15. La segunda pata 15 se extiende radialmente hacia fuera y tiene una superficie de apoyo en el suelo con la que la viga 13 puede apoyarse en el suelo. De esta manera, se proporciona un apoyo adicional de la cimentación.

Una sección inferior de la torre del aerogenerador que debe fijarse al pedestal 3 está designada con 10 en la figura 3.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cimentación (1) para un aerogenerador con un pedestal (2) circular o poligonal dividido en varias secciones anulares para soportar una torre y con unos elementos de soporte (5) que se extienden radialmente hacia fuera desde el pedestal (2), en la que las secciones anulares y los elementos de soporte (5) están configurados como unos elementos de hormigón prefabricados (3) o están compuestos por los mismos y en la que los elementos de soporte (5) adyacentes están distanciados uno de otro en dirección periférica y en la que los elementos de soporte (5) adyacentes respectivamente están unidos entre sí por medio de una viga (13) que se extiende tangencialmente, 10 configurada a modo de elemento de hormigón prefabricado, caracterizada por que la viga (13) presenta un perfil en sección transversal con dos patas (14, 15), en particular un perfil en forma de L, estando una pata (14) fijada a los elementos de soporte (5) adyacentes y formando la otra pata (15) una estructura de soporte que sobresale radialmente hacia fuera desde los elementos de soporte (5) y que puede apoyarse contra el suelo, siendo el espacio entre dos elementos de soporte (5) adyacentes respectivamente puentado por medio de por lo menos 15 una placa puente (11, 12) que está configurada preferentemente a modo de placa de hormigón prefabricada y la por lo menos una placa puente (11, 12) está apoyada radialmente hacia fuera contra la viga (13).
- 20 2. Cimentación (1) según la reivindicación 1, caracterizada por que la viga (13) está fijada en sus extremos a los elementos de soporte adyacentes (5) por arrastre de forma o con ayuda de unos elementos de conexión.
3. Cimentación (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que la viga (13) está fijada sobre el extremo de los elementos de soporte (5) adyacentes opuesto al pedestal (2).
- 25 4. Cimentación (1) según una de las reivindicaciones 1, 2 o 3, caracterizada por que una sección anular y un elemento de soporte (5) asociado están configurados de una sola pieza entre sí como un elemento de hormigón prefabricado.
- 30 5. Cimentación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que los elementos de hormigón prefabricados (3) consisten en hormigón reforzado que presenta una estructura de refuerzo, en particular elementos, perfiles, barras o alambres de refuerzo, que están incrustados en los elementos de hormigón prefabricados (3) y/o que están configurados como elementos tensores para tensar juntos los elementos de hormigón prefabricados (3) para formar los elementos tensores de hormigón.
- 35 6. Cimentación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que se proporciona una estructura de conexión que mantiene juntos los elementos de hormigón prefabricados (3) que forman los elementos de soporte (5) y el pedestal (2) y que está acoplada preferentemente con la estructura de refuerzo.
- 40 7. Aerogenerador con una torre que soporta un rotor, en el que la torre está montada sobre una cimentación (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6.

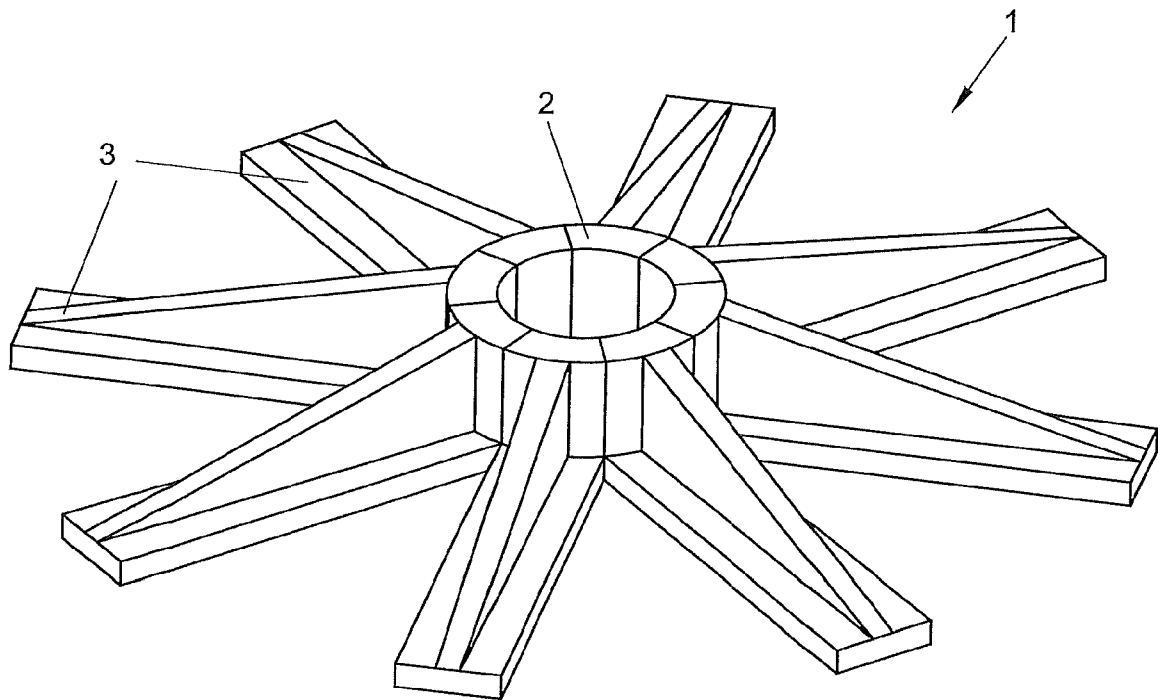


Fig. 1

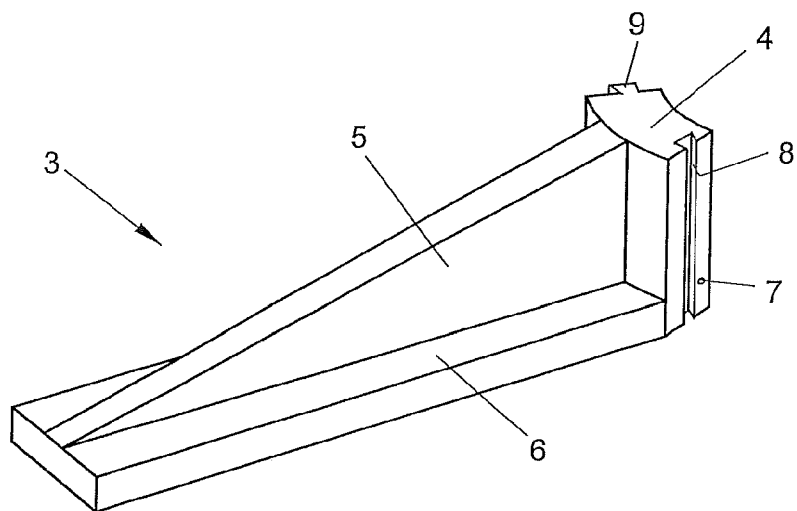


Fig. 2

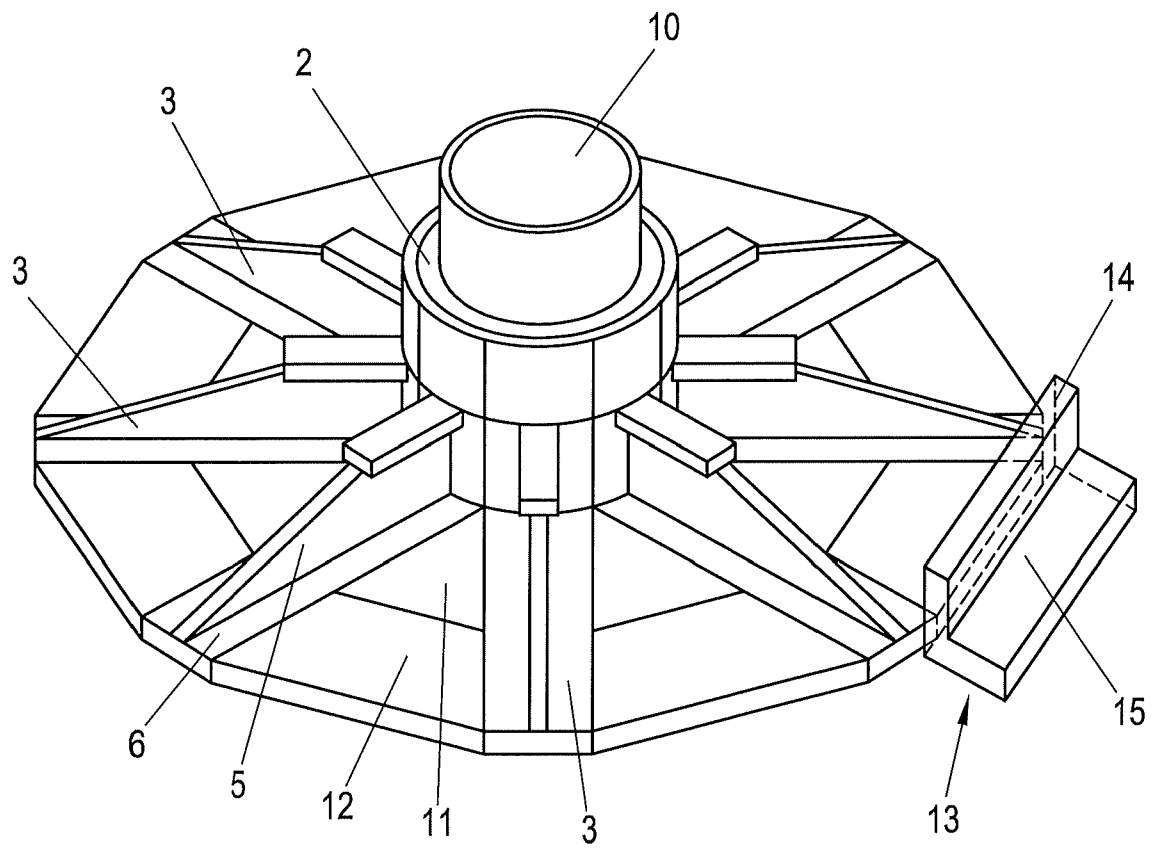


Fig. 3