

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 595 231**

51 Int. Cl.:

E04H 12/02 (2006.01)
E04H 12/08 (2006.01)
E04H 12/12 (2006.01)
E04H 12/34 (2006.01)
F03D 1/00 (2006.01)
F03D 13/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2010 E 10305351 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016 EP 2374966**

54 Título: **Método de construcción de torre híbrida para un generador eólico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.12.2016

73 Titular/es:

SOLETANCHE FREYSSINET (100.0%)
280 avenue Napoléon Bonaparte
92500 Rueil Malmaison, FR

72 Inventor/es:

HUYNH TUONG, ALAIN y
MELEN, BENOÏT

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 595 231 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

Método de construcción de torre híbrida para un generador eólico

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a la construcción de torres híbridas que tengan una parte inferior hecha de hormigón y una parte superior hecha de metal.

10 **Estado de la técnica**

Típicamente, dicha torre se usa para soportar la góndola de un generador eólico terrestre de gran potencia (por ejemplo 3 MW o más) en alto por encima del nivel del suelo (por ejemplo aproximadamente 140 m).

15 Cuando se incrementa la altura de una torre de generador eólico, el coste de los mástiles de acero cilíndricos convencionales se hace excesivo. Para eludir la limitación tecnológica de los mástiles metálicos cilíndricos, algunos fabricantes han desarrollado torres hechas de entramados de acero (o armaduras). Sin embargo, dichas torres tienen una pobre estética.

20 Otros fabricantes hacen la torre con hormigón fraguado en el sitio sobre al menos parte de la altura de la torre, usando encofrados ascendentes o deslizantes. Esta clase de método de construcción es sensible a las condiciones de temperatura que pueden experimentarse en el sitio, ralentizando o impidiendo el fraguado del hormigón, y también a las condiciones del viento dado que las armaduras de hormigón deben montarse con una alta grúa. Dicho método de construcción se convierte en muy caro para torres muy altas.

25 Algunas torres de generador eólico se hacen en toda su altura de elementos de hormigón prefabricados. Los elementos se elevan usando una alta grúa. Pueden montarse en segmentos angulares sobre el terreno, siendo la grúa suficientemente potente para elevar todo el segmento, o directamente en su posición elevada. Un inconveniente de dicha técnica es la sensibilidad al viento y las limitaciones normativas asociadas, provocando un fuerte impacto sobre los retrasos de la construcción. Otra limitación es la disponibilidad de grúas de suficiente potencia y altura, que deben reservarse con meses de adelanto.

30 Se han propuesto también algunas técnicas telescópicas para construir las plantas de generadores eólicos. Por ejemplo, el documento DE10111280 divulga una planta de generación eólica que tiene segmentos de mástil elevados mediante un dispositivo de elevación para insertar nuevos elementos desde la parte inferior. El documento JP 1 190883 divulga un método de elevación de una torre de hierro en la parte superior de un edificio alto usando gatos y un peso de equilibrio fijado en la parte inferior de la torre de hierro.

35 Otro dispositivo de elevación para el montaje de una turbina eólica se divulga en el documento WO 2007/125138 A1. Este documento divulga una torre híbrida con una parte inferior prefabricada preferentemente en hormigón reforzado, y una parte superior fabricada preferentemente en una pieza de acero.

40 El concepto de una torre híbrida, hecha de hormigón en parte de la altura (por ejemplo 50 m o más) y un mástil metálico en la parte superior de esta, hace posible aprovechar el proceso de hormigón industrial y evitar el requisito, para el contratista de obra civil, de manejar cargas pesadas usando grúas de alta capacidad. Dicha tecnología es compatible con la organización de proveedores de generadores eólicos que tienen sus propias grúas especiales para instalar sus góndolas. Sin embargo, dicha tecnología difícilmente se ha implementado en la práctica.

45 Existe la necesidad de un desarrollo adicional del concepto de torre híbrida para hacerla más práctica.

Objeto de la invención

50 Se propone un método de construcción de una torre híbrida, que comprende:

- 55
- montar un mástil metálico conectado a una cimentación;
 - construir una estructura de hormigón que tenga una pluralidad de segmentos de hormigón superpuestos alrededor del mástil metálico mediante el uso del mástil metálico como un soporte;
 - desconectar el mástil metálico de la cimentación;
 - 60 - elevar el mástil metálico por medios telescópicos y guiado del mástil metálico a lo largo de la estructura de hormigón; y
 - conectar el mástil metálico elevado a la estructura de hormigón.

La etapa de construcción de la estructura de hormigón comprende:

- 65
- a) instalar al menos un primer segmento de la estructura de hormigón;

b) elevar el segmento o segmentos instalados de la estructura de hormigón a lo largo del mástil metálico mediante el guiado de los segmentos elevados de la estructura de hormigón a lo largo del mástil metálico usando dispositivos de apoyo adecuados, de modo que se libere un espacio que tenga una altura suficiente para recibir un siguiente segmento de la estructura de hormigón;

5 c) instalar el siguiente segmento de la estructura de hormigón en dicho espacio; y

d) repetir las etapas b) y c) hasta que se haya instalado un último segmento de la estructura de hormigón en una parte inferior de la estructura de hormigón.

10 El mástil metálico se usa como un soporte cuando se construye la estructura de hormigón, y posteriormente la estructura de hormigón se usa como un soporte para elevar el mástil metálico. El método está bien adaptado para la instalación industrial de grandes granjas de molinos eólicos, con muchas etapas llevadas a cabo a nivel del suelo en donde las condiciones medioambientales se manejan o controlan mejor.

15 La estructura de hormigón se construye típicamente mediante el montaje de elementos prefabricados, aunque pueden usarse también métodos de fraguado *in situ* para al menos parte de la altura de la estructura de hormigón.

20 En una realización, se conecta una estructura de guiado a una parte inferior del mástil metálico, teniendo la estructura de guiado una parte inferior provista con una parte de guía para cooperación con la estructura de hormigón cuando se eleva el mástil metálico. La estructura de guiado puede conectarse de modo extraíble a la parte inferior del mástil metálico, y desconectarse después de la etapa de elevación del mástil metálico de modo que pueda ser reutilizada para la construcción de otra torre.

25 La estructura de guiado puede colocarse entre el mástil metálico y la cimentación en la etapa de levantamiento del mástil metálico, y usarse como una estructura de soporte de elevación en la etapa de construcción de la estructura de hormigón.

Otras características y ventajas del método y torre divulgados en el presente documento serán evidentes a partir de la descripción a continuación de realizaciones no limitativas, con referencia a los dibujos adjuntos.

30 Descripción de las figuras

La figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de una máquina eólica instalada sobre una parte superior de una torre híbrida;

35 Las figuras 2-6 son diagramas que ilustran diferentes etapas de la construcción de la torre híbrida en una realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

40 Tal como se muestra en la figura 1, una torre híbrida 1 para un generador eólico 2 tiene una estructura de hormigón 3 en la parte inferior y un mástil metálico 4 en la parte superior. La góndola 5 para el generador 2 se monta sobre la parte superior del mástil metálico 4. El mástil 4 puede hacerse de una o más secciones de acero cilíndricas montadas mediante atornillado o soldadura.

45 En la realización ilustrada, la estructura de hormigón 3 incluye segmentos 6 superpuestos montados en el sitio a partir de elementos de hormigón prefabricados. La estructura de hormigón 3 tiene una forma generalmente cónica que puede formarse con un ángulo constante a lo largo de su altura. Es posible también tener una sección de hormigón cilíndrica por encima de la forma cónica si se desea tener una distancia constante entre la pared de la torre y las palas rotativas 7 del generador eólico 2. En el ejemplo representado en la figura 1, la forma cónica tiene una base circular. Se apreciará que pueden usarse otras diversas formas, por ejemplo formas piramidales con un ángulo constante, haciendo posible minimizar el número de elementos de encofrado para moldear los elementos de hormigón.

55 Para construir la torre híbrida, se instala primero una cimentación (no mostrada en la figura 1) sobre el terreno. Puede ser una cimentación profunda con barras que se extienden profundamente dentro del terreno, o una cimentación superficial que tenga suficiente inercia y extensión horizontal para estabilizar la torre. A continuación se levanta el mástil de acero 4 y se conecta firmemente a la cimentación en su base para usarse como una estructura de soporte cuando se construye la estructura de hormigón 3. Cuando se completa la estructura de hormigón, el mástil metálico se desconecta de la cimentación y se eleva mediante un sistema telescópico y guiado a lo largo de la estructura de hormigón. Al final del recorrido de elevación, el mástil de acero 4 se conecta a la parte superior de la estructura de hormigón 3.

65 La estructura 3 puede construirse mediante la elevación de elementos de hormigón prefabricados usando una grúa o un cabestrante montado en la parte superior del mástil 4 y uniéndolos a la estructura que se está construyendo. El mástil central 4 se usa como un soporte para elevación y/o posicionamiento de los elementos, lo que es particularmente útil cuando está soplando el viento.

5 En otra realización, de la que se ilustra un ejemplo en las figuras 2-5, la estructura de hormigón 3 se construye mediante el montaje de segmentos desde la parte superior a la inferior, desde abajo. Cada segmento 6 puede realizarse mediante el montaje de elementos de hormigón a nivel del suelo y uniéndolos a lo largo de juntas verticales. La realización de los segmentos de hormigón a nivel del suelo es ventajosa dado que es relativamente fácil controlar las condiciones medioambientales, si es necesario mediante el suministro de un recinto para proteger el área de trabajo del viento y para asegurar una temperatura adecuada.

10 Como se muestra en la figura 2, se coloca una estructura de soporte 10 entre el mástil metálico y la cimentación 11 cuando se levanta el mástil metálico. En el ejemplo ilustrado, la estructura de soporte 10 tiene una plataforma horizontal 12 para el montaje de gatos usados en las etapas de elevación, un bastidor inferior 13 entre la cimentación 11 y la plataforma 12 y un bastidor superior 14 entre la plataforma 12 y la parte inferior del mástil 4. Los bastidores 13, 14 se hacen por ejemplo de un entramado (o armadura) de acero.

15 La figura 2 muestra el primer segmento 6 de la estructura de hormigón 3 que, cuando se acaba la construcción, se localizará en la parte superior de la estructura de hormigón 3. Este segmento 6 puede hacerse mediante el montaje de varios elementos de hormigón prefabricados puestos en su lugar usando carriles de guía dispuestos sobre el terreno, o mediante hormigón fraguado en un encofrado dispuesto por encima de la cimentación 11 alrededor del bastidor inferior 13 de la estructura de soporte 10. Una vez se completa el primer segmento 6, se fijan soportes 16 a su cara interior cerca de la parte inferior del segmento. Cada soporte 16 tiene una superficie de estribo 17 horizontal para la recepción del extremo inferior de un cable de elevación 18. Se distribuyen un número de soportes 16 (por ejemplo ocho) a lo largo de la circunferencia del segmento 6. Cada cable de elevación 18, cuyo extremo inferior se apoya contra la superficie de estribo 17 de un soporte 16, se extiende más allá de la plataforma 12 de la estructura de soporte 10 cuando es mantenido por un gato 19.

25 A partir de la posición mostrada en la figura 2, se energizan los gatos 19 para tirar hacia arriba de los cables de elevación 18, elevando así el segmento 6 que se acaba de construir. El segmento 6 se mueve a la posición mostrada en la parte superior de la figura 3 tal como se indica por las flechas A. La figura 3 muestra también elementos del guía 20 posicionados entre la cara interior del primer segmento 6 y la cara exterior del mástil de acero 4 cilíndrico. Estos elementos de guía 20 se fijan al segmento 6 y su extremo más interior puede tener un rodillo para apoyar contra el mástil 4. Se distribuyen varios elementos de guía 20 a lo largo de la circunferencia del segmento 6 para guiar y estabilizar la estructura de hormigón 3 mientras se está construyendo. Puede fijarse al interior del segmento 6 mediante un operario que permanece sobre la plataforma 12 una vez que el segmento 6 se ha elevado suficientemente. Alternativamente, sus posiciones angulares se desplazan con respecto a las de los gatos 19 y se fijan cuando el segmento 6 está en la posición inferior mostrada en la figura 2.

35 Con el primer segmento 6 en la posición elevada mostrada en la figura 3, puede montarse el siguiente segmento 6 por debajo de él, por ejemplo llevando los elementos de hormigón tal como se ha indicado por las flechas B y uniéndolos juntos. Cuando está listo este siguiente segmento 6, los gatos 19 se liberan progresivamente para reposar suavemente el segmento previo 6 sobre su superficie superior tal como se ha indicado por las flechas C. Puede colocarse un adhesivo en la interfaz entre los dos segmentos adyacentes 6 para unirlos si es necesario.

40 En este punto, se controlan los gatos 19 para descender los cables de elevación 18, se fijan soportes 16 a la cara interior del segmento 6 que se acaba de montar (posiblemente después de haberse desmontado del segmento previo), y el extremo inferior de los cables de elevación 18 se aplica respectivamente contra las superficies de estribo 17 de los soportes 16. Entonces los gatos 19 se energizan de nuevo para elevar los dos segmentos 6 montados tal como se ha indicado por las flechas D en la figura 4. Durante esta operación de elevación, la estructura de hormigón 3 se guía adecuadamente a lo largo del mástil 4 por medio de los elementos de guía 20.

45 La secuencia de operaciones de las figuras 3-4 se repite a continuación un número de veces hasta que se han instalado todos los segmentos 6 de la estructura de hormigón 3. Opcionalmente, pueden instalarse elementos de guía adicionales tales como los 20 en uno o más de los segmentos 6 para mejorar adicionalmente la estabilidad de la estructura de hormigón 3.

50 Después de que el último segmento 6 (el de la parte inferior de la torre) esté en su lugar, pueden montarse los cables de pretensión para rigidizar la estructura de hormigón 3, por ejemplo usando el proceso descrito en la solicitud de patente n.º EP 09306323.8 presentada el 23 de diciembre de 2009.

55 Se eleva a continuación el mástil 4 de acero. De nuevo, esta elevación puede realizarse usando la plataforma 12 de la estructura de soporte 10 y gatos con cables. Se realiza después de desconectar el bastidor inferior 13 de la estructura de soporte 10 de la cimentación 11.

60 En la realización ilustrada por la figura 5, se coloca una placa 25 con forma de anillo en la parte superior de la estructura de hormigón 3. La placa 25 tiene un orificio central para dejar paso para el mástil de acero 4 cuando se eleva y aberturas regularmente distribuidas a lo largo de su periferia, pero en el interior de la pared de la estructura de hormigón, para mantener los extremos superiores de los largos cables 28 de elevación (aproximadamente tan

largos como el alto de la estructura de hormigón). Los extremos inferiores de los largos cables 28 de elevación se conectan a gatos respectivos 29 que apoyan contra la cara inferior de la plataforma 12. Los gatos 29 se energizan para elevar la plataforma 12 y los elementos fijados a ella, incluyendo los bastidores 13, 14 de la estructura de soporte 10 y el mástil de acero 4, tal como se ha indicado por las flechas E en la figura 5.

Durante la elevación del mástil de acero 4, la estructura de hormigón 3 que se ha construido previamente y, si es necesario, pretensado se usa como un soporte para guiar y estabilizar el mástil 4. Los elementos de guía 20 localizados cerca del extremo superior de la estructura de hormigón 3 (figuras 2-3) pueden participar de nuevo en el guiado de la estructura de hormigón 3 a lo largo del mástil de acero 4, así como cualesquiera elementos de guía adicionales que puedan haberse fijado a la cara interior de los segmentos de hormigón 6 durante su levantamiento.

En relación a esta función de guiado de la estructura de hormigón 3, la fase crítica es claramente la fase final en la que el mástil 4 alcanza su posición final por encima de la estructura de hormigón 3. La eficiencia del guiado es proporcional a la distancia vertical entre los puntos de apoyo más superior y más inferior, y esa distancia es mínima durante la fase final en la que, adicionalmente, los efectos del viento son máximos.

Para aumentar la función de guiado, la distancia vertical anteriormente mencionada se incrementa mediante el uso de elementos de guía 30 adicionales fijados a la parte inferior del bastidor inferior 13 de la estructura de soporte 10. Dichos elementos de guía 30 se distribuyen alrededor de la periferia del bastidor inferior 13 en una disposición de estrella. Cada uno de ellos tiene un brazo fijo 31 fijado al bastidor inferior 13, un brazo móvil 32 que puede deslizarse radialmente en el extremo del brazo fijo 31 remoto respecto al bastidor inferior 13, un rodillo 33 montado de modo pivotante alrededor de un eje horizontal en el extremo del brazo móvil 32 y un accionador (no mostrado) para controlar la extensión radial del brazo móvil 32.

Los elementos de guía 30 se fijan a la estructura de soporte 10 antes de la activación de los gatos 29 para elevar el mástil 4. En ese momento, los brazos móviles 32 se extienden hacia el exterior para ser aplicados contra la pared interior de la estructura de hormigón 3. Cuando se eleva al mástil, se ajusta la posición de los brazos móviles 32 por medio de accionadores para retraerlos progresivamente cuando se reduce la sección transversal de la estructura de hormigón 3 enfrente de los elementos de guía 30.

La góndola 5 del generador eólico 2 puede instalarse sobre la parte superior del mástil 4 después de la operación telescópica. Alternativamente, se instala antes de la extensión del mástil o una vez que se ha extendido parcialmente. En este caso, se prefiere que el centro de gravedad de la góndola esté alineado sobre o próximo al eje central de la torre.

La figura 6 ilustra la posición del mástil 4 y la estructura de soporte 10 al final de la operación de elevación. La parte de la izquierda de la figura muestra una posición angular en la que hay un elemento de guía 20 mientras la parte derecha muestra una posición angular en la que hay un cable de elevación 28 y el gato asociado 29. Se ve que la distancia vertical H entre los elementos de guía 20 cerca de la parte superior de la estructura de hormigón 3 y los elementos de guía 30 en la parte inferior de la estructura de soporte 10 es, significativamente, mucho mayor que la h entre los elementos de guía 20 y la parte inferior del mástil. La estructura 10 se diseña así como una estructura de guiado que contribuye a estabilización del mástil 4 antes de su conexión final a la estructura de hormigón 3. Ventajosamente, esta estructura de guiado 10 se usa también como una estructura de soporte de elevación en la etapa de construcción de la estructura de hormigón 3 tal como se ha explicado con referencia a las figuras 2-4.

Pueden considerarse disposiciones de la estructura de guiado/soporte 10 distintas a las ilustradas en las figuras 2-6. En una de dichas disposiciones, la estructura 10 tiene una segunda plataforma, móvil, conectada a la plataforma fija 12 por los cables de elevación 18 y con capacidad de deslizamiento a lo largo de carriles verticales. La plataforma móvil se aplica contra la parte inferior de los segmentos 6 para elevarlos desde la parte inferior cuando se monta la estructura de hormigón 3. Sus bordes laterales se encajan con los elementos de guía 30 para usarse en la etapa de elevación del mástil de acero 4.

Pueden usarse varios medios, solos o en combinación, para conectar el mástil 4 a la estructura de hormigón 3. Por ejemplo, pueden insertarse vigas de acero horizontalmente en la zona en donde la parte inferior del mástil 4 solapa a la parte superior de la estructura de hormigón 3. Es posible también proporcionar primeras armaduras sobre el mástil de acero 4, que se proyectan hacia el exterior en la parte inferior del mástil metálico, y segundas armaduras sobre la estructura de hormigón 3, que se proyectan hacia el interior desde el segmento más superior 6, y conectar el mástil metálico elevado a la estructura de hormigón mediante vertido de cemento o mortero en el intervalo en donde la primera y segunda armaduras se extienden y solapan.

Posteriormente, una vez se conecta el mástil 4 a la estructura de hormigón 3, puede desconectarse la estructura de guiado 10 desde la parte inferior del mástil metálico 4, y llevarse abajo al nivel de la cimentación usando los cables 28 y los gatos 29. La estructura de guiado/soporte 10 puede desmontarse entonces y llevarse fuera de la torre para reutilizarse en la construcción de otra torre similar.

Se apreciará que la realización descrita anteriormente es una ilustración de la invención divulgada en el presente

documento y que pueden realizarse varias modificaciones sin apartarse del alcance tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, es posible montar un número de elementos de la estructura de hormigón usando una grúa previamente a la instalación de elementos adicionales con un método tal como se ha descrito con referencia a las figuras 2-4.

REIVINDICACIONES

1. Un método de construcción de una torre híbrida (1), que comprende:

- 5 - montar un mástil metálico (4) conectado a una cimentación (11);
 - construir una estructura de hormigón (3) que tenga una pluralidad de segmentos de hormigón (6) superpuestos
 alrededor del mástil metálico mediante el uso del mástil metálico como un soporte;
 - desconectar el mástil metálico de la cimentación;
10 - elevar el mástil metálico por medios telescópicos y guiado del mástil metálico a lo largo de la estructura de
 hormigón; y
 - conectar el mástil metálico elevado a la estructura de hormigón.

en el que la construcción de la estructura de hormigón comprende:

- 15 a) instalar al menos un primer segmento (6) de la estructura de hormigón (3);
 b) elevar el segmento o segmentos instalados de la estructura de hormigón a lo largo del mástil metálico (4)
 mediante el guiado de los segmentos elevados (6) de la estructura de hormigón (3) usando el mástil metálico (4),
 de modo que se libere un espacio que tenga una altura suficiente para recibir un siguiente segmento de la
 estructura de hormigón;
20 c) instalar el siguiente segmento de la estructura de hormigón en dicho espacio; y
 d) repetir las etapas b) y c) hasta que se haya instalado un último segmento de la estructura de hormigón en una
 parte inferior de la estructura de hormigón.

25 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la estructura de hormigón (3) se construye mediante el
 montaje de elementos prefabricados.

3. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente el
 montaje de una góndola (5) de generador eólico en una parte superior del mástil metálico (4).

30 4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se conecta una estructura
 de guiado (10) a una parte inferior del mástil metálico (4), y en el que la estructura de guiado tiene una parte inferior
 provista con una parte de guía (30) para cooperación con la estructura de hormigón (3) cuando se eleva el mástil
 metálico.

35 5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la estructura de guiado (10) se desconecta de la parte
 inferior del mástil metálico (4) después de la etapa de elevación del mástil metálico.

40 6. El método de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que la estructura de guiado (10) se coloca entre el mástil
 metálico (4) y la cimentación (11) en la etapa de levantamiento del mástil metálico, y en el que la estructura de
 guiado se usa como una estructura de soporte de elevación en la etapa de construcción de la estructura de
 hormigón (3).

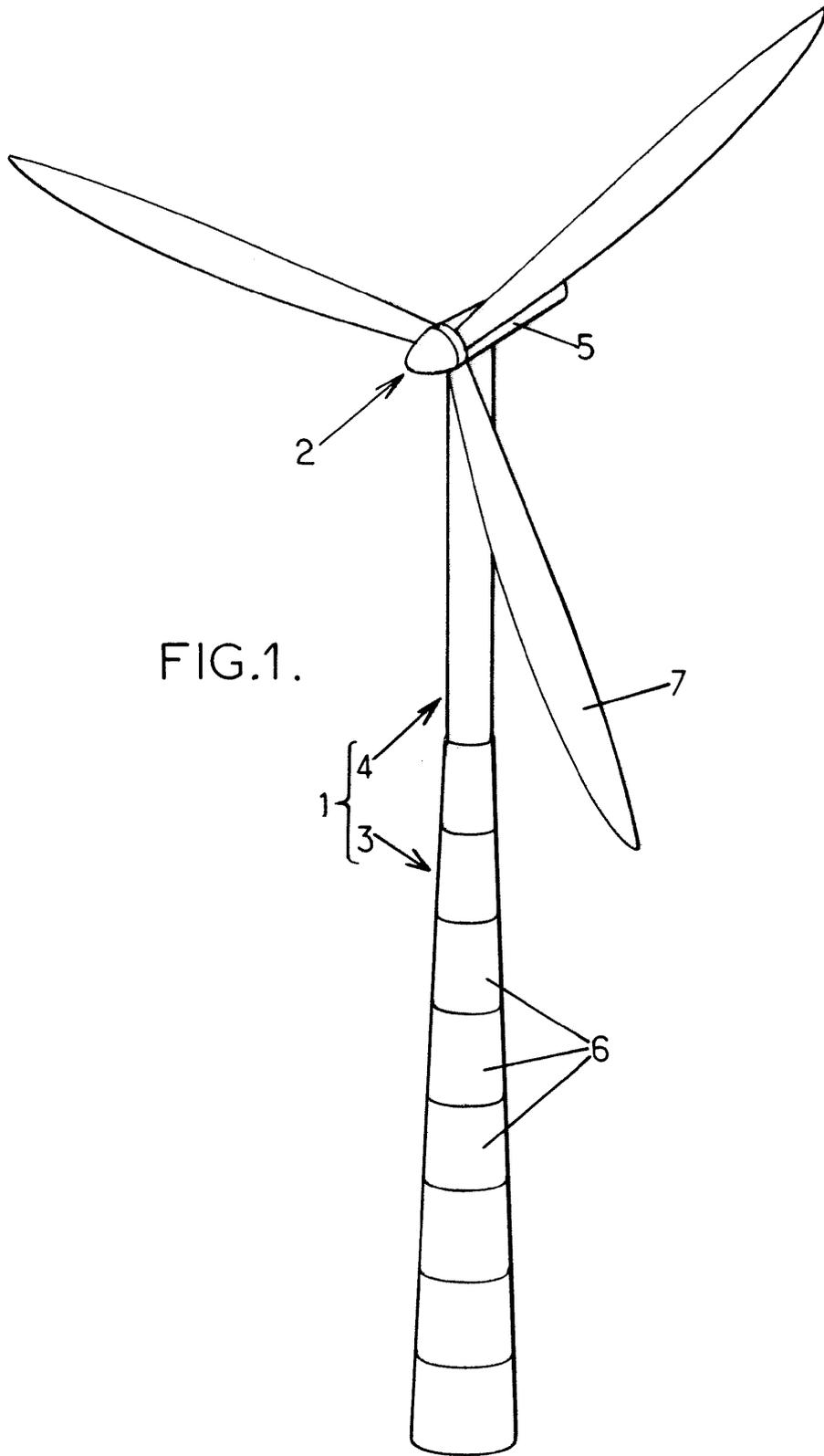


FIG.1.

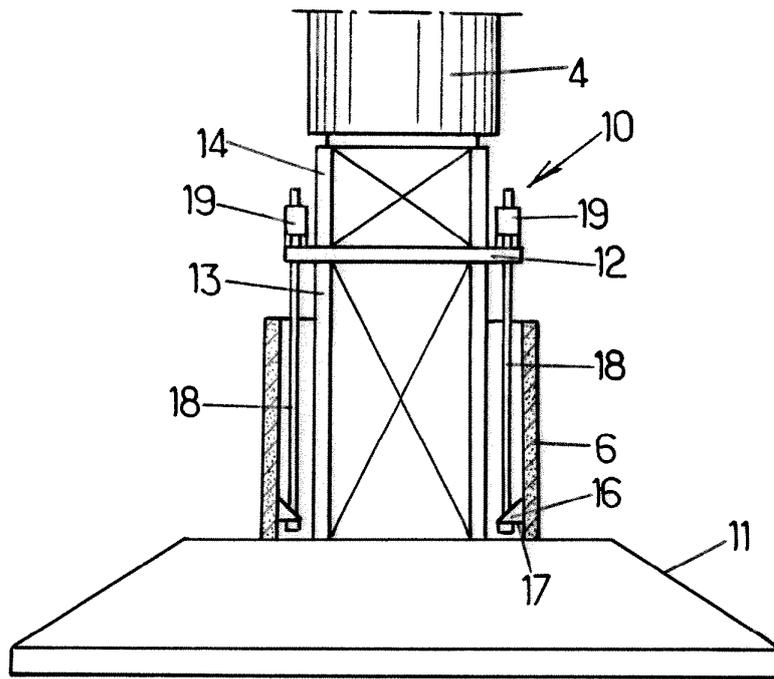


FIG. 2.

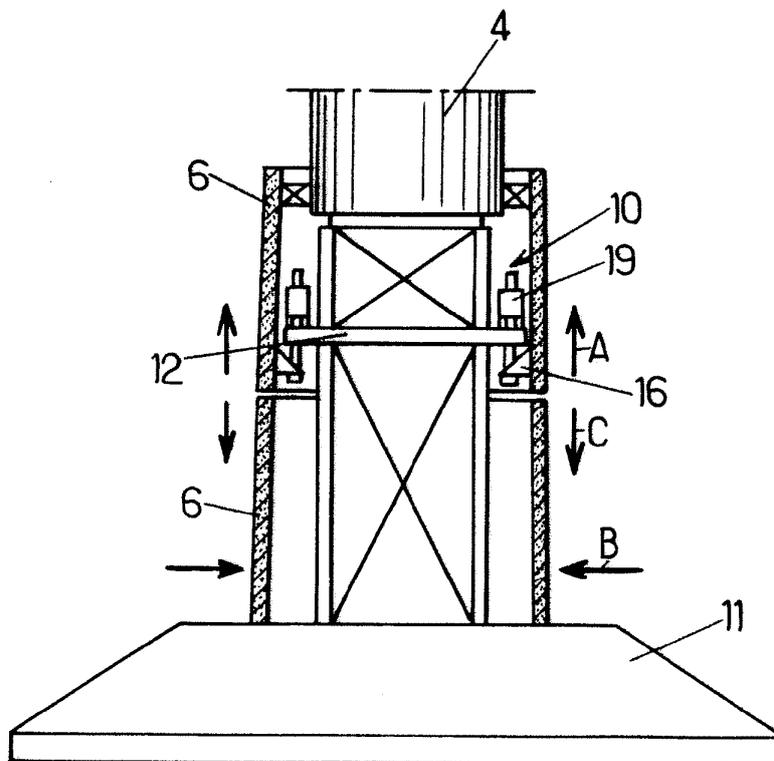


FIG. 3.

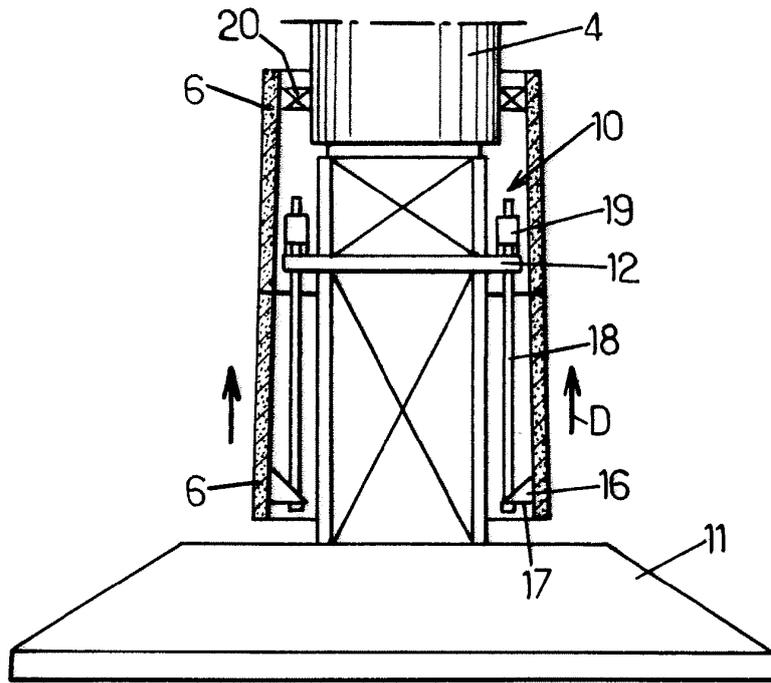


FIG. 4.

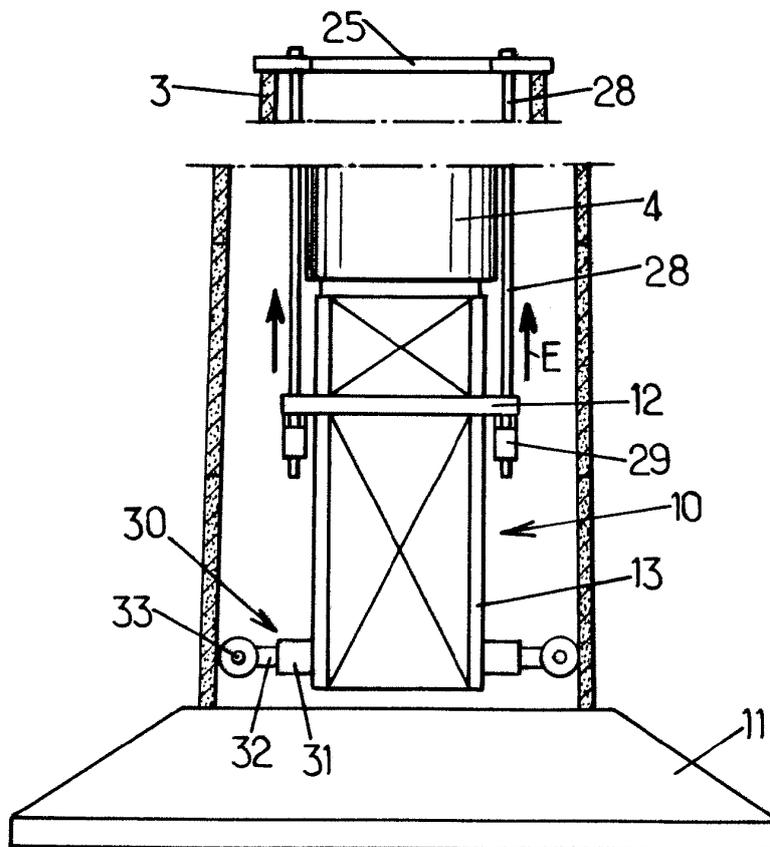


FIG. 5.

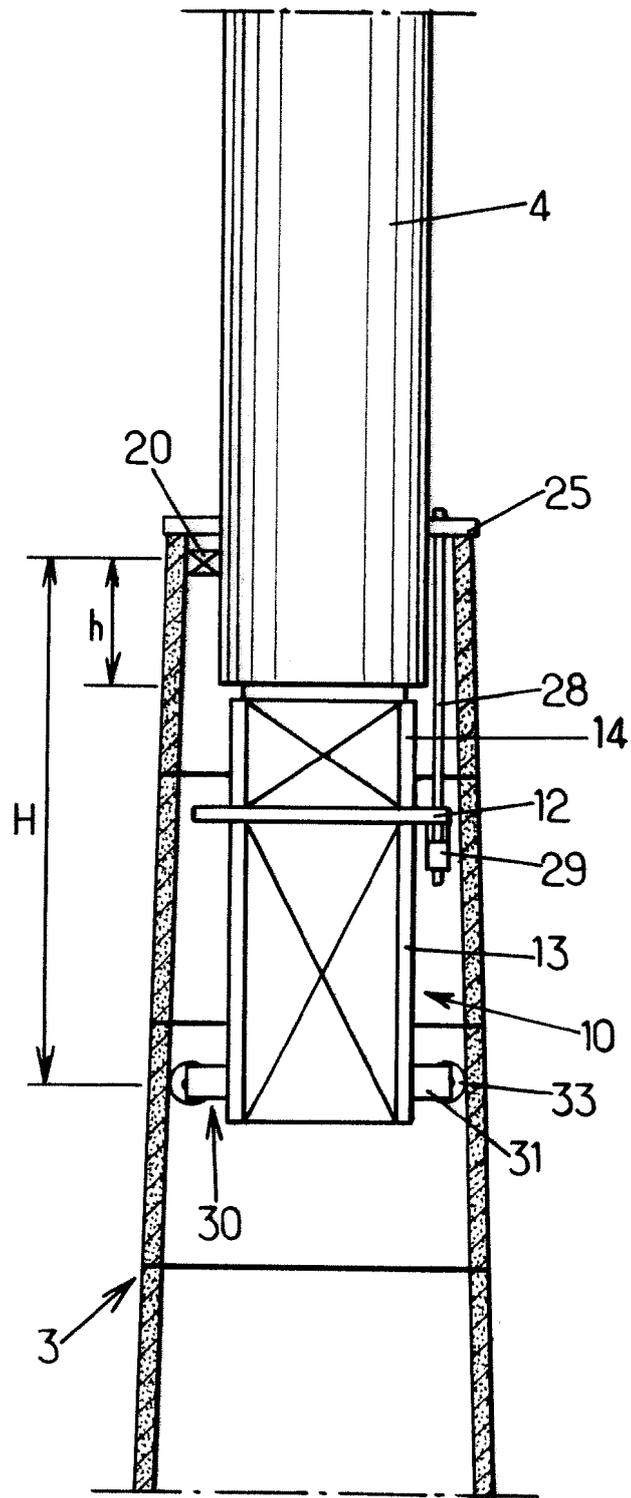


FIG. 6.