

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 824**

51 Int. Cl.:

F03D 13/20 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

E04H 12/08 (2006.01)

E04H 12/12 (2006.01)

E04H 12/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2010 E 10166836 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 2282051**

54 Título: **Sistema de unión de una góndola con la torre de hormigón de un aerogenerador**

30 Prioridad:

24.06.2009 ES 200930350

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

04.07.2019

73 Titular/es:

**NORDEX ENERGY SPAIN, S.A.U. (100.0%)
Poligono Industrial Barasoain Parcela 2
31395 Barasoain (Navarra), ES**

72 Inventor/es:

**GARCIA MAESTRE, IVAN;
AZANZA LADRON, EDUARDO;
GARCIA SAYES, JOSE MIGUEL y
NUNEZ POLO, MIGUEL**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 718 824 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

Sistema de unión de una góndola con la torre de hormigón de un aerogenerador

5

OBJETO DE LA INVENCION

10

El objeto de la presente invención es un sistema sencillo, rápido y económico para unir la góndola de un aerogenerador a la última sección de una torre de hormigón. Para ello se emplea un apoyo anular plano que se fija al rodamiento de yaw que soporta la góndola y a la sección superior de hormigón de la torre por medio de pernos y/ cables de tensión pasantes.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

La evolución tecnológica en generación eólica está actualmente dirigida al diseño de aerogeneradores de potencias cada vez mayores, lo cual implica un aumento de tamaño de las partes que componen los aerogeneradores. El desarrollo de torres más altas se debe hacer teniendo en cuenta una serie de criterios de diseño, como la carga, resistencia del material y comportamiento dinámico, así como condiciones de construcción, transporte e instalación.

20

Torres de hasta 80 metros de altura se suelen fabricar a partir de secciones metálicas tubulares. Sin embargo, se ha comprobado que a partir de esa altura, debido al aumento de la carga que deben soportar y la frecuencia de resonancia de la estructura, se requieren estructuras más resistentes y rígidas. Una posible solución es el uso de secciones metálicas inferiores de mayor diámetro y/o grosor. Sin embargo, esto presenta diversos inconvenientes relacionados con problemas de transporte y aumento excesivo de los costes de fabricación. Por ese motivo, el uso de hormigón para construir la torre es una alternativa atractiva. Sin embargo, existe una amplia problemática relacionada con la unión del último tramo de hormigón con la góndola del aerogenerador, y en particular con el rodamiento que permite el giro de la góndola alrededor de un eje de rotación vertical para que la turbina del aerogenerador se oriente según la dirección del viento. Este rodamiento normalmente se denomina "rodamiento de yaw".

30

El rodamiento de yaw tiene diámetro de entre 2 metros y 3.5 metros de diámetro, dependiendo del tamaño de la máquina, y sostiene tanto el peso de la góndola y el rotor del aerogenerador como las cargas derivadas de la acción del viento sobre el rotor. Por este motivo, el rodamiento de yaw impone unos fuertes requerimientos sobre la superficie sobre la que se asienta, fundamentalmente de planitud y resistencia.

35

Con relación a la planitud, la tolerancia relativa a la planitud de la superficie es típicamente de 0,25 mm., que no es posible conseguir en piezas de hormigón. Además, con el objeto de facilitar el transporte de las secciones de torre que constituyen una torre de hormigón, cada sección se puede estar formada a su vez por varios módulos adyacentes fijados unos a otros mediante juntas verticales, como por ejemplo en el documento EP14743579. En estos casos, el requerimiento de planitud en el asiento del rodamiento de yaw exigiría un perfecto alineamiento vertical de los módulos adyacentes, algo difícil de cumplir dadas las dimensiones (superior a 15 m) y peso (decenas de toneladas) de dichos módulos.

40

45

En cuanto a la resistencia, y especialmente cuando el último tramo de la torre sobre el que se apoya el rodamiento es de hormigón, se presenta también el problema de repartir lo más uniformemente posible las tensiones. Nótese que la superficie de apoyo del rodamiento es sensiblemente inferior a la superficie de apoyo del tramo de hormigón y que, además de tensiones axiales, aparecen también tensiones tangenciales provocadas por la acción del viento y por el giro del rotor. Además, el rodamiento de yaw está construido en acero, un material substancialmente más resistente y rígido que el hormigón convencional utilizado en la construcción de torres de aerogenerador.

50

Por estos motivos, es necesario el empleo de una pieza intermedia que sea suficientemente plana y reparta las tensiones uniformemente en el hormigón. En la actualidad se utiliza habitualmente una pieza metálica cilíndrica dotada de unas bridas superior e inferior que sirven para unirla respectivamente al rodamiento de yaw y al tramo de hormigón por medio de tornillos o pernos. El documento EP1474579, por ejemplo, describe una pieza de este tipo, frecuentemente denominada "carrete" en la técnica.

55

Con el objeto de mejorar la unión entre la pieza cilíndrica y el tramo de hormigón, se han descrito también sistemas de unión en los que la porción inferior del cilindro metálico queda embebida en el hormigón. Sin embargo, un

inconveniente de este sistema es que las tensiones transmitidas por la pieza cilíndrica al hormigón pueden provocar la aparición de grietas en los puntos de concentración de esfuerzos debido a la fatiga. Los documentos EP1654460 y EP1947328 describen piezas cilíndricas de unión de este tipo.

- 5 El documento US4557666A da a conocer un sistema para unir una góndola a la torre de un aerogenerador de acuerdo al preámbulo de la reivindicación 1.

DESCRIPCIÓN

10 La presente invención describe un sistema de unión que supera los inconvenientes arriba mencionados gracias al empleo de un apoyo anular plano. De este modo, se consigue resolver el problema planteado de un modo más rápido y económico, ya que tanto el montaje como la fabricación de esta novedosa pieza de unión son más sencillos que los de los carretes de la técnica anterior.

15 En el presente documento, se entiende que la torre de hormigón está formada por una pluralidad de secciones anulares de hormigón denominadas respectivamente desde la base hasta la cima de la torre: sección anular inferior, secciones anulares intermedias y sección anular superior. Así, el sistema de la invención comprende un apoyo anular plano que se interpone entre una superficie superior de la sección anular superior de la torre y la superficie inferior del rodamiento de yaw que soporta la góndola, comprendiendo el apoyo unos orificios a través de los cuales pasa una pluralidad de medios de unión, estando cada uno de los cuales fijado inferiormente a la sección anular superior de la torre y superiormente al rodamiento de yaw.

20 El apoyo anular plano está fabricado de un material de gran resistencia, pudiendo ser tanto metálico como estar fabricado con resinas epoxi, morteros u hormigones de alta resistencia. Dicho apoyo puede mecanizarse para alcanzar una planitud suficiente para el correcto apoyo del rodamiento de yaw.

25 La colocación del apoyo anular plano permite independizar las tolerancias de fabricación y montaje de las grandes piezas de hormigón de las que está constituida la torre, que están ligadas a las tolerancias de los moldes, retracción del hormigón, tolerancias de montaje etc., de las tolerancias para el correcto apoyo del rodamiento de yaw. Por otro lado, mediante el apoyo anular plano se reparten uniformemente las tensiones del rodamiento de yaw sobre la superficie superior de la sección anular superior de la torre, a pesar de que la superficie de apoyo del rodamiento de yaw sea sensiblemente inferior a la superficie superior de la sección anular superior de la torre.

30 Preferentemente, los medios de unión están regularmente distribuidos en el apoyo anular plano, definiendo en conjunto al menos una circunferencia inscrita en la superficie de dicho apoyo anular. De acuerdo con otras realizaciones preferentes de la invención, los medios de unión pueden ser pernos y/o cables de tensión.

35 De acuerdo con otra realización preferente más, al menos la sección anular superior de la torre del aerogenerador está formada por varios módulos prefabricados adyacentes dispuestos de modo que aquella presenta al menos una junta en su superficie superior. Como se ha comentado anteriormente, el hecho de que la sección anular superior de la torre esté formada por varios módulos unidos mediante juntas sustancialmente verticales que llegan hasta la superficie superior de dicha sección anular dificulta aún más la consecución de una superficie superior suficientemente plana para el apoyo del rodamiento de yaw.

40 Cuando la góndola se orienta para que el eje de rotación del rotor se alinee con la dirección del viento, es necesario disponer un sistema de bloqueo para impedir que la góndola se desoriente debido a los esfuerzos a que somete el viento al rotor. Un sistema usual de bloqueo es disponer un disco de freno solidario a la torre y unas pinzas de freno fijadas al bastidor de la góndola. En ese caso, según otra realización preferida más de la invención, el sistema comprende un disco de freno dispuesto entre la superficie inferior del rodamiento de yaw y la la sección anular superior. Evidentemente, en ese caso el disco de freno debe tener unos orificios correspondientes con los orificios del apoyo anular plano para permitir el paso de los medios de fijación. Otra opción preferida es fabricar el disco de freno y el apoyo anular plano integralmente en una única pieza.

45 Con el objeto de mejorar aún más la fijación entre el rodamiento de yaw y la sección anular superior, es posible emplear una pluralidad de cables de tensión adicionales que atraviesan la sección anular superior, estando fijados superiormente al apoyo anular plano e inferiormente a la sección anular intermedia inmediatamente inferior. Estos cables de tensión adicionales tienen además la ventaja de comprimir la sección anular superior de hormigón,

evitándose así la necesidad de emplear secciones anulares previamente tensadas, tanto si se trata de secciones de una sola pieza como si están formadas por dos o más módulos prefabricados adyacentes.

5 Además, es posible generalizar este concepto de modo que cada sección anular intermedia de la torre comprende una pluralidad de cables de tensión adicionales que la atraviesan, y que están fijados superiormente a la sección anular (superior o intermedia) localizada inmediatamente encima e inferiormente a la sección anular inmediatamente debajo o a la cimentación sobre la que se asienta la torre.

10 Según otra realización preferida más de la invención, los cables de tensión adicionales están regularmente distribuidos en las secciones anulares, definiendo en conjunto al menos una circunferencia inscrita en la superficie de dichas secciones anulares.

15 Por último, según otra realización preferida, para mejorar el contacto entre el apoyo anular plano y la superficie superior de la sección anular superior de la torre, se rellena la junta con resina o mortero de alta resistencia.

20 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La Fig. 1 muestra un esquema de un aerogenerador de torre de hormigón donde se aprecian las diferentes partes que lo componen.

Las Figs. 2 y 3 muestran sendos sistemas de unión de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 4 muestra un primer ejemplo de sistema de unión de acuerdo con la presente invención.

25 La Fig. 5 muestra una vista en planta del apoyo anular plano del ejemplo la Fig. 4.

La Fig. 6 muestra un segundo ejemplo de sistema de unión de acuerdo con la presente invención.

30 **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

35 Se describen a continuación algunas realizaciones particulares del sistema (1) de la invención haciendo referencia a las figuras adjuntas. La Fig. 1 representa el esquema general de un aerogenerador (100) donde se aprecian con claridad las partes que lo componen: el aerogenerador (100) está formado por el rotor (101), la góndola (102) y la torre (103) de hormigón. A su vez, la torre (103) de hormigón está formada por un conjunto de secciones anulares divididas en sección anular superior (103s), secciones anulares intermedias (103m) y sección anular inferior (103i), además de una cimentación (104).

40 Las Figs. 2 y 3 muestran ejemplos de sistemas de unión utilizados en la técnica anterior. En concreto, la Fig. 2 muestra un sistema que emplea un carrete (C) para realizar la unión entre una sección metálica (M) y una sección de hormigón (H) de una torre, y donde se utilizan unos pernos (P) para conectar unas piezas con otras a través de unas bridas superior e inferior del carrete (C). La Fig. 3, por otro lado, muestra un sistema donde la porción inferior del carrete (C) carece de brida, estando en lugar de eso embebida en la sección de hormigón (H). Como consecuencia de esta disposición, aparecen puntos de concentración de tensiones (T) que pueden provocar la aparición de grietas y el debilitamiento de la sección anular de hormigón.

45 Las Figs. 4 y 5 muestran una primera realización de un sistema (1) de unión de acuerdo con la presente invención. En la Fig. 4 se ha representado una sección anular superior (103s) de una torre (103) que está fijada al rodamiento de yaw (2) mediante un apoyo anular plano (3) que tiene unos orificios (4) a través de los cuales pasan unos medios de fijación (5), que en este ejemplo son unos pernos.

50 El rodamiento de yaw (2) tiene una parte fija (2a), a la que están fijados superiormente los medios de fijación (5), y una parte móvil (2b), estando la parte fija (2a) apoyada sobre un disco de freno (6) mientras que la parte móvil (2b) está acoplada al bastidor de la góndola (102) para permitir su giro en torno a un eje de rotación vertical. El disco de freno (6), a pesar de su nombre, tiene forma de anillo, dejando así espacio para que unas pinzas de freno fijadas al bastidor de la góndola (102) apliquen presión sobre el mismo e inmovilicen la góndola (102) en la dirección adecuada. Además, al ser el disco de freno (6) anular se permite el paso de operarios al interior de la góndola (102) para labores de mantenimiento y reparación. Además, en esta figura se aprecia cómo la superficie de apoyo del rodamiento de yaw (2) es menor que la

superficie superior de la sección anular superior (103s) de hormigón. Se observa también cómo el espesor del extremo superior de la sección anular superior (103s) termina en un tramo donde se ensancha, aumentando así la superficie de contacto entre dicha sección anular superior (103s) y el apoyo anular plano (3), lo cual a su vez contribuye a un mejor reparto de las tensiones en el hormigón.

5

La Fig. 5 muestra una vista en planta del apoyo anular plano (3) donde se aprecia cómo los orificios (4) están uniformemente distribuidos a lo largo de una circunferencia inscrita en el apoyo anular plano (3), repartiéndose así uniformemente las tensiones que crean los medios de fijación (5). Se entiende que esta configuración puede tener ciertas variaciones habituales en la técnica: por ejemplo, cuando no hay suficiente espacio en una única circunferencia, se pueden disponer orificios (4) en zig zag, es decir, cuyos centros definen dos circunferencias concéntricas. Según se ha mencionado anteriormente, es posible fabricar la sección anular superior (103s) para que contenga unos huecos para alojar el extremo inferior de los medios de fijación (5), permitiendo el uso de tuercas o similares.

10

Por último, la Fig. 6 muestra una torre (103) de un aerogenerador (100) donde la unión entre el rodamiento de yaw (2) y la sección anular superior (103s) se lleva a cabo según un segundo ejemplo de sistema (1) de la invención. Se emplean como medios de fijación (5) unos pernos fijados superiormente al rodamiento de yaw (2), después de atravesar éste, el apoyo anular plano (3) y el disco de freno (6), se fijan inferiormente a la sección anular superior (103s). Además, en este segundo ejemplo, se utilizan unos primeros cables de tensión adicionales (7s) que sirven para mejorar la fijación del apoyo anular plano (3) a la sección anular superior (103s). Estos primeros cables de tensión adicionales (7s) están fijados superiormente al apoyo anular plano (3) pero, en lugar de fijarse inferiormente a la sección anular superior (103s), atraviesan ésta de extremo a extremo para fijarse a la sección anular intermedia (103m) situada inmediatamente debajo de ella. De ese modo, sirven no sólo fijar el apoyo anular plano (3) a la sección anular superior (103s), sino también comprimen dicha sección anular superior (103s), evitando así la necesidad de realizar un tensado posterior de toda la torre una vez ensambladas las diferentes secciones anulares o de instalar secciones previamente tensadas. Además, los primeros cables de tensión adicionales (7s) fijan la sección anular superior a la sección intermedia situada inmediatamente debajo de ella, comprimiendo la junta horizontal entre ambas secciones.

15

20

25

Cada sección anular intermedia (103m) de la torre (103) puede comprender además una pluralidad de segundos cables de tensión adicionales (7m) fijados superiormente a la sección anular (103s, 103m) localizada inmediatamente encima e inferiormente a la sección anular (103m,103i) localizada inmediatamente debajo. Además, la sección anular inferior (103i) de la torre puede comprender además una pluralidad de terceros cables de tensión adicionales (7i) fijados superiormente a la sección anular intermedia (103m) localizada inmediatamente encima e inferiormente a la cimentación (104) donde la torre (103) descansa.

30

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema (1) de unión de una góndola (102) con la torre (103) de un aerogenerador (100), donde la torre (103) está formada por una sección anular inferior (103i), una o varias secciones anulares intermedias (103m) y una sección anular superior (103s), caracterizado porque la torre (103) es una torre de concreto y el sistema comprende además un apoyo anular plano (3) que está dispuesto entre una superficie superior de la sección anular superior (103s) de la torre de concreto (103) y la superficie inferior de un rodamiento de yaw (2) que soporta la góndola (102), comprendiendo el apoyo anular plano (3) unos orificios (4) a través de los cuales pasa una pluralidad de medios de unión (5), cada uno de los cuales está fijado inferiormente a la sección anular superior (103s) de la torre de concreto (103) y superiormente al rodamiento de yaw (2).
- 10
- 15 2. Sistema (1) de unión de acuerdo con la reivindicación 1, donde los medios de unión (5) están regularmente distribuidos en el apoyo anular plano (3), definiendo en conjunto al menos una circunferencia inscrita en la superficie de dicho apoyo anular plano (3).
- 20 3. Sistema (1) de unión de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los medios de unión (5) son pernos y/o cables de tensión.
- 25 4. Sistema (1) de unión de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos la sección anular superior (103s) de la torre (103) está formada por varios módulos prefabricados adyacentes, presentando al menos una junta vertical en su superficie superior.
- 30 5. Sistema (1) de unión de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que además comprende un disco de freno (6) dispuesto entre la superficie inferior del rodamiento de yaw (2) y la superficie superior de la sección anular superior (103s) de la torre (103).
- 35 6. Sistema (1) de unión de acuerdo con la reivindicación 5, donde el disco de freno (6) y el apoyo anular plano (3) constituyen una única pieza.
- 40 7. Sistema (1) de unión de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende una pluralidad de cables de tensión adicionales (7s) que atraviesan la sección anular superior (103s) de la torre (103) y que están fijados superiormente al apoyo anular plano (3) e inferiormente a la sección anular intermedia (103m) inmediatamente inferior.
- 45 8. Sistema (1) de unión de acuerdo con la reivindicación 7, donde cada sección anular intermedia (103m) de la torre (103) comprende una pluralidad de segundos cables adicionales de tensión (7m) fijados superiormente a la sección anular (103s, 103m) localizada inmediatamente encima e inferiormente a la sección anular (103m, 103i) inmediatamente debajo.
- 50 9. Sistema (1) de unión de acuerdo con la reivindicación 8, donde la sección anular inferior (103i) de la torre comprende una pluralidad de terceros cables de tensión adicionales (7i) fijados superiormente a la sección anular intermedia (103i) localizada inmediatamente encima e inferiormente a una cimentación (104) sobre la que se asienta la torre (103).
10. Sistema (1) de unión de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-9, donde los cables adicionales de tensión (7s, 7m, 7e) están regularmente distribuidos en las secciones anulares (103s, 103m, 103i), definiendo en conjunto al menos una circunferencia inscrita en la superficie de dichas secciones anulares (103s, 103m, 103i).
11. Sistema (1) de unión de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la superficie de contacto entre el apoyo anular plano (3) y la superficie superior de la sección anular superior (103s) de la torre (103) se rellena con resina o mortero de alta resistencia.

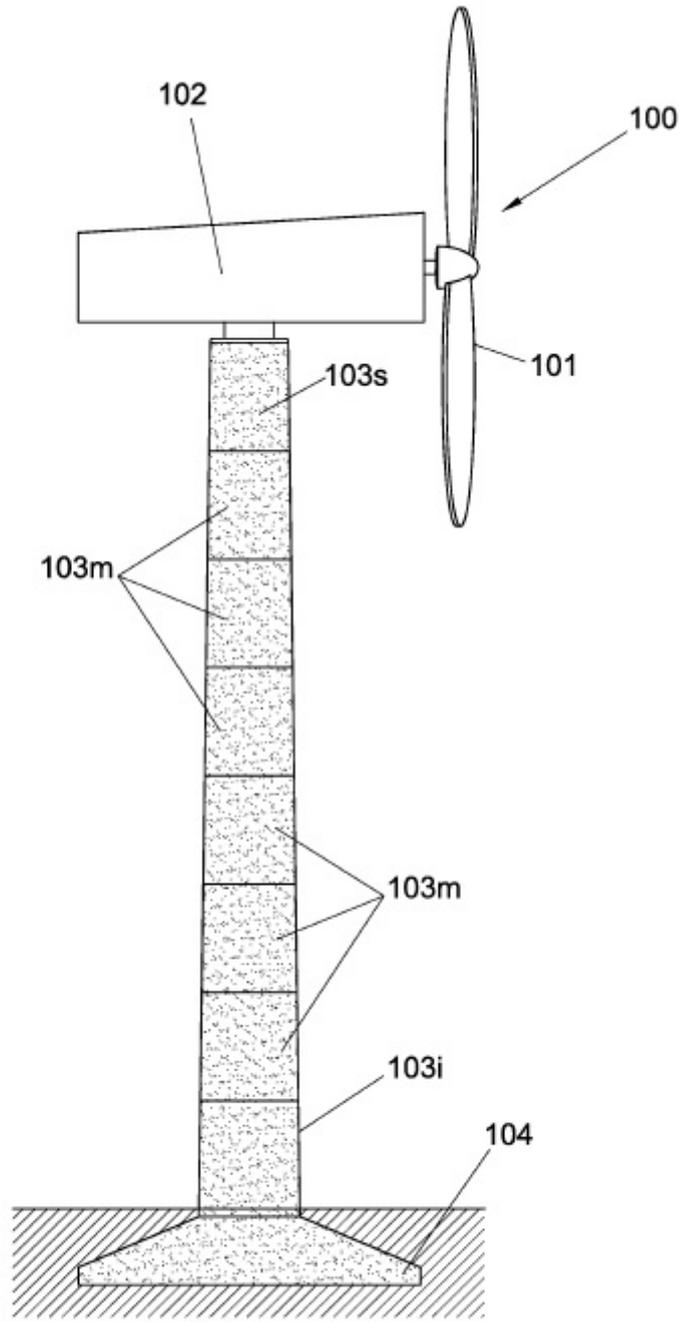


FIG. 1

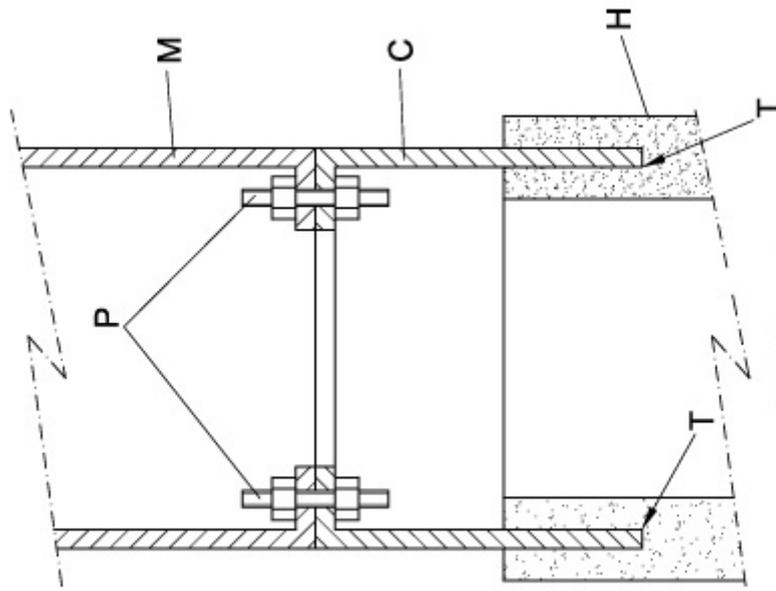


FIG. 3

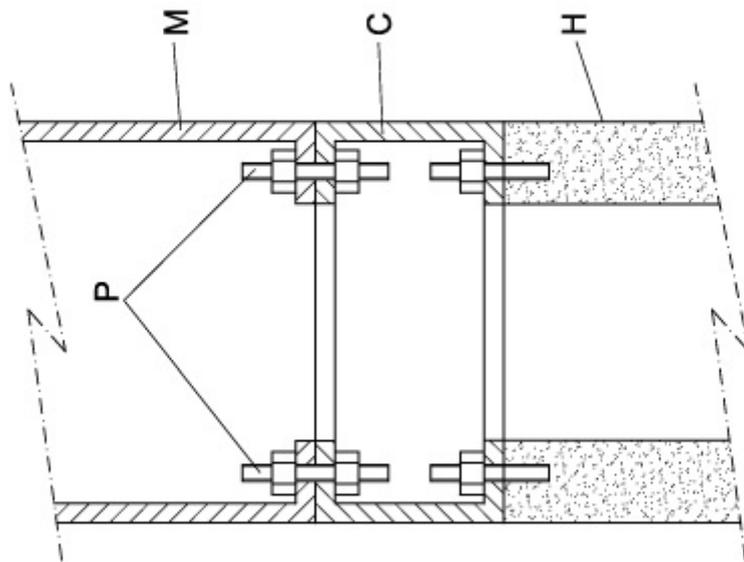


FIG. 2

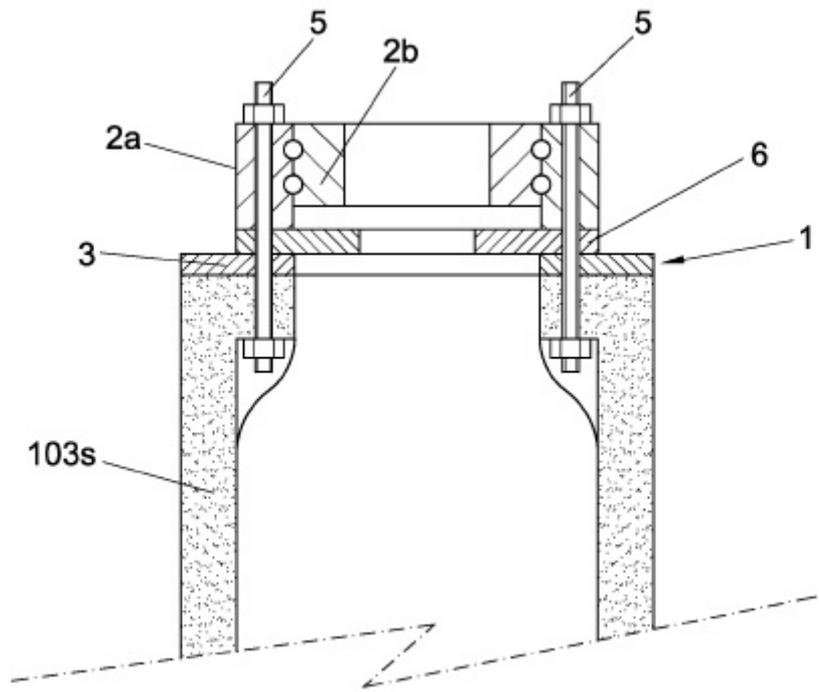


FIG. 4

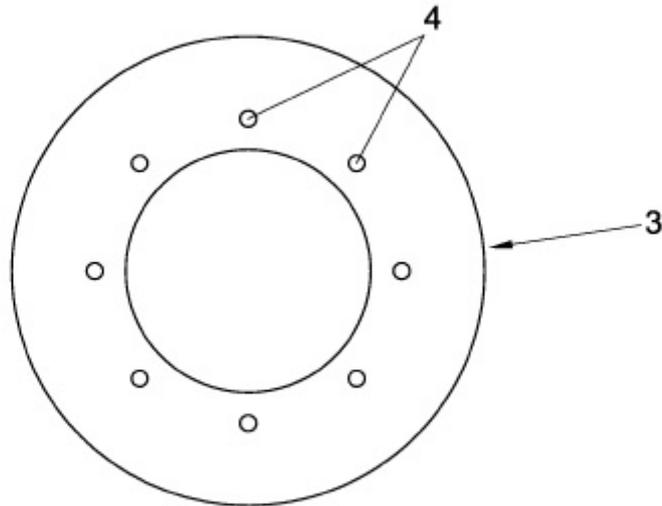


FIG. 5

