

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 422**

51 Int. Cl.:

E02D 27/42

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.01.2016** **E 16152735 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018** **EP 3051029**

54 Título: **Pilote de fundación para introducirse por vibración en un terreno de cimentación**

30 Prioridad:

29.01.2015 DE 102015201557

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

02.10.2018

73 Titular/es:

INNOGY SE (100.0%)

Opernplatz 1

45128 Essen, DE

72 Inventor/es:

BARTMINN, DANIEL y

HERWIG, VOLKER

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 684 422 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

Pilote de fundación para introducirse por vibración en un terreno de cimentación

La presente invención se refiere a un pilote de fundación que es adecuado para introducirse por vibración en un terreno de cimentación, así como a estructuras, principalmente a aerogeneradores, que han sido anclados por medio de uno o de varios tales pilotes de fundación. La invención se refiere además a un sistema que se compone de un dispositivo de vibración y de un pilote de fundación según la invención, así como a un procedimiento para insertar por vibración un pilote de fundación según la invención en un terreno de cimentación. La publicación DE 195 32 931 A representa el estado de la técnica pertinente. Para anclar aerogeneradores en el terreno de cimentación actualmente se usan diferentes estructuras de fundación donde la selección de una determinada estructura de fundación depende esencialmente de la profundidad que puede localizarse en el sitio, de las proporciones del terreno y la capacidad de rendimiento de los generadores. Por ejemplo, en el estado de la técnica se emplean cimientos emparrillados, trípodes o de pilote triple, así como también mono-pilotes.

Tales estructuras de fundación que están ancladas de manera segura en el terreno de cimentación se unen por lo regular mediante una llamada *Transition Piece*, es decir una pieza de transición, a la torre del aerogenerador. En el caso de los fundaciones de emparrillado, trípode o pilotes triples, esta *transition piece* se integra ya en las construcciones; en los fundaciones de mono-pilote se incorporan como elemento adicional de construcción. El anclaje en el terreno de cimentación se efectúa en las estructuras de fundamentación recién mencionadas por medio de los pilotes introducidos en el terreno de cimentación, mientras que en la fundamentación de mono-pilotes el mismo mono-pilote corresponde al pilote de fundación y se inserta en el terreno de cimentación. En lo sucesivo, por lo tanto, al hacer referencia a un pilote de fundación, también se hace referencia siempre a un mono-pilote, si no se indica algo diferente.

La inserción de los pilotes de fundamentación en el terreno de cimentación se efectúa en el estado de la técnica por medio de diferentes procedimientos, en cuyo caso la introducción por vibración se ha destacado como una variante muy eficiente. Para insertar por vibración, el pilote de fundación dispuesto con su cara frontal en el terreno de cimentación se pone a vibrar por medio de un dispositivo de vibración en una dirección axial a su extensión longitudinal, lo cual conduce a una llamada licuefacción del suelo al mantenerse una determinada frecuencia. En tal caso, el terreno de cimentación se pone delante de la cara frontal del pilote de fundación en un estado que permite al pilote de fundación insertarse en el terreno de cimentación a causa de su propio peso, así como del peso del dispositivo de vibración.

Para poder transferir las fuerzas axiales de modo eficiente desde el dispositivo de vibración al pilote de fundación, es deseable una conexión por fricción alta mediante adherencia entre el dispositivo de vibración y el pilote de fundación. Habitualmente se garantiza una así proveyendo las mordazas de sujeción del dispositivo de vibración, que se usan para hacer contacto con el pilote de fundación, con una alta rugosidad o nervaduras.

Esta puesta en contacto del dispositivo de vibración y del pilote de fundación conduce, no obstante, durante la inserción por vibración, a una destrucción local de la estructura superficial del pilote de fundación, lo cual puede conducir a una velocidad de corrosión elevada desventajosa y, por lo tanto, a una vida útil estructural reducida de la misma. Particularmente indeseados en el caso de una protección anticorrosiva aplicada al pilote de fundación son los daños a esta superficie.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un pilote de fundación mejorado que pueda introducirse por vibración en el terreno de cimentación sin las desventajas descritas antes, así como un aerogenerador que tenga uno o varios de tales pilotes de fundación insertados en el terreno de cimentación. Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para insertar por vibración un pilote de fundación según la invención, así como un sistema que pueda usarse para este procedimiento.

Estos objetivos se logran con las características de las reivindicaciones 1, 9, 11 y 12. Configuraciones ventajosas de la invención se deducen de las reivindicaciones dependientes, así como de las formas de realización descritas en lo sucesivo.

Las características particulares descritas en lo sucesivo pueden combinarse libremente entre sí, si no se expone explícitamente algo diferente.

Una idea clave de la presente invención para lograr este objetivo consiste en proveer de un material adicional a la zona de contacto del pilote de fundación, es decir la zona del pilote de fundación que se utiliza para la conexión por fricción, con el dispositivo de vibración para transferir las fuerzas axiales. Este material adicional sirve entonces como material de sacrificio, lo que significa que se deteriora en lugar del material del pilote de fundación por la acción del dispositivo de vibración. Por lo tanto, ya no se destruye la estructura superficial del pilote de fundación, sino la del material de sacrificio, con lo cual no aparece la elevada velocidad de corrosión, antes mencionada, del pilote de fundación. Por lo tanto, se logra una durabilidad estructural mejorada del pilote de fundación.

Por el concepto "pilote de fundación" ha de entenderse en la actualidad cada elemento de tipo de cuerpo hueco que se inserta, o bien puede insertarse, por vibración en un terreno de cimentación por medio de un dispositivo de vibración, y el cual es adecuado para garantizar un anclaje seguro con una estructura que se une a la pieza del pilote de fundación

no insertada en el terreno de cimentación. El pilote de fundación es preferiblemente un, así llamado, mono-pilote, principalmente un mono-pilote como estructura de cimentación para un aerogenerador, aún más preferiblemente para un aerogenerador offshore (en el mar).

- 5 Como terreno de cimentación se toma en consideración cada subsuelo cualquiera que puede fluidificarse con la tecnología de fluidificación antes descrita. A este respecto se trata principalmente del fondo marino y/o de un suelo que contiene arena, o bien un suelo suelto.

- 10 El pilote de fundación presenta como subunidades al menos dos segmentos de pilote de fundación unidos entre sí que se describen más detalladamente a continuación y que también pueden nombrarse alternativamente con la denominación "sección de tubo". Por consiguiente, es válido que la calidad de los segmentos del pilote de fundación se refleje en la calidad del pilote de fundación y viceversa. A manera de ejemplo, por lo tanto, los segmentos de pilote de fundación también se forman del tipo de cuerpo hueco.

- 15 Los segmentos de pilote de fundación presentan preferiblemente una forma cilíndrica con un corte transversal redondo, aunque también es concebible, por ejemplo, un corte transversal elipsoide o rectangular. Los segmentos de pilote de fundación presentan una superficie envolvente con un lado interno y uno externo, así como dos aberturas que se producen a ambos lados de la superficie envolvente a los lados frontales respectivos que se encuentran enfrente. Con el término lado interior y el lado exterior del segmento de pilote de fundación se designan en lo sucesivo este lado interno y este lado externo de la superficie envolvente de los segmentos de pilote de fundación. Por el centro de estas dos aberturas corre el eje longitudinal del segmento del pilote de fundación.

- 20 Un segmento de pilote de fundación a manera de ejemplo tiene un diámetro de 1-10 m, donde para un monopilote es típico un diámetro de 5-10 m. Un segmento de pilote de fundación presenta preferiblemente un diámetro de aproximadamente 7 m para un monopilote. Además, una altura ejemplar del segmento de pilote de fundación, a lo largo de su eje longitudinal, se encuentra en el intervalo de 1-10 m, y un pilote de segmento de fundación para un monopilote tiene una altura preferida de aproximadamente 3 m. Un monopilote construido a partir de los segmentos de pilote de fundación incluye habitualmente una cantidad de 5-30 de los segmentos de pilote de fundación, preferiblemente alrededor de 20 de estos segmentos de pilote de fundación.

- 25 Las dos aberturas opuestas de un segmento de pilote de fundación pueden presentar el mismo diámetro o uno diferente. Se prefiere una última configuración cónica si debe fabricarse un pilote de fundación estrechado a lo largo de su eje longitudinal. En un caso así, después de insertar por vibración en el terreno de cimentación, la abertura superior del pilote de fundación normalmente tiene un diámetro más pequeño que la abertura inferior. El segmento de pilote de fundación tiene en este caso, de manera más preferida, una inclinación de la superficie envolvente de aproximadamente 2° en relación al eje longitudinal.

- 30 Los segmentos de pilote de fundación se fabrican preferiblemente a partir de material anticorrosivo, más preferiblemente de acero. Por ejemplo, pueden generarse segmentos cilíndricos de pilote de fundación doblando una chapa de acero y fundiendo a continuación sus bordes enfrentados.

- 35 Además, el grosor de la pared de un segmento de pilote de fundación a lo largo de su eje longitudinal es preferiblemente constante.

- 40 Asimismo, de manera preferible, el segmento de pilote de fundación presenta al menos por secciones una protección anticorrosiva. Todavía más preferiblemente, el segmento de pilote de fundación presenta la protección anticorrosiva al menos esencialmente en todo el lado exterior de la superficie envolvente. Más preferiblemente, el segmento de pilote de fundación presenta la protección anticorrosiva tanto en todo el lado exterior, como también en todo el lado interior de la superficie envolvente, principalmente si el pilote de fundación construido a partir de los segmentos de pilote de fundación no debe cerrarse de manera hermética al aire y al agua. Por lo tanto, una protección anticorrosiva es ventajosa ya que los aerogeneradores por lo regular se destinan para una duración en operación de 20-30 años y las estructuras de fundación, a diferencia de una torre, una turbina y/o un rotor, por ejemplo, no pueden intercambiarse.
- 45 Una protección anticorrosiva es ventajosa principalmente si el pilote de fundación debe insertarse en el fondo marino y, por lo tanto, las piezas del pilote de fundación van a encontrarse en la zona submarina o en un terreno de cimentación bastante húmedo.

- 50 Una protección anticorrosiva pasiva del segmento de pilote de fundación puede lograrse preferiblemente mediante un recubrimiento del mismo. Para este propósito pueden emplearse, por ejemplo, sistema de recubrimiento a base de resina epoxídica, con o sin una imprimación básica pigmentada. En este caso pueden usarse, por ejemplo, entre una y cinco capas con un grosor total de capa de 200-800 µm. Una protección anticorrosiva pasiva, a modo de ejemplo, se compone de una resina epoxídica de tres capas, cada una con un espesor de 200 µm.

- 55 Más preferiblemente puede estar presente una protección anticorrosiva activa que se logra mediante un enriquecimiento del segmento de pilote de fundación con electrones. Una posibilidad de generar la corriente necesaria para una protección catódica de este tipo es el uso de ánodos galvánicos. Más preferiblemente se combina una protección anticorrosiva activa y una pasiva.

La unión de al menos dos segmentos de pilote de fundación en un pilote de fundación se efectúa en una disposición

de los segmentos individuales de pilote de fundación, uno sobre otro, de manera que sus ejes longitudinales coincidan esencialmente. En general esto se logra si dos aberturas de los dos segmentos de pilote de fundación se encuentran cada una directamente opuestas. En otras palabras, los dos segmentos de pilote de fundación se disponen uno sobre otro de manera que la región de una superficie frontal del primer segmento de pilote de fundación toque la región de una superficie frontal del segundo segmento de pilote de fundación. Preferiblemente se ponen en contacto los dos segmentos de pilote de fundación con sus superficies frontales. Sin embargo, también es concebible que la región de las superficies frontales de los segmentos de pilote de fundación se forme como una brida, preferiblemente como una brida circunferencial, y la brida del primer segmento de pilote de fundación esté apoyada sobre la brida del segundo segmento de pilote de fundación. Los dos segmentos de pilote de fundación se sueldan entre sí, después de su disposición correcta uno sobre otro, por ejemplo, con una soldadura circular y/o una soldadura en forma de espiral. Sin embargo, en la unión de la brida, los dos segmentos de pilote de fundación pueden unirse entre sí mediante una unión adicional o exclusivamente mecánica, por ejemplo, atornillando. Además, para unir los dos segmentos de pilote de fundación es concebible cualquier otra técnica de unión que sea adecuada para la construcción de un pilote de fundación.

Preferiblemente se unen entre sí más de dos segmentos de pilote de fundación tal como se ha descrito antes, de modo que el pilote de fundación generado de esta manera se construye a partir de varios segmentos de pilote de fundación. Sin embargo, más preferiblemente, sólo uno de los segmentos de pilote de fundación usados en este caso presenta la zona de contacto según la invención para ponerse en contacto con el dispositivo de vibración. Este segmento de pilote de fundación se denomina "primer segmento de pilote de fundación", si se requiere una demarcación frente al otro segmento de pilote de fundación del pilote de fundación.

El primer segmento de pilote de fundación es preferiblemente un elemento ubicado en el extremo del pilote de fundación; más preferiblemente, este primer segmento de pilote de fundación es el segmento principal del pilote de fundación, si éste se levanta para introducirse por vibración en el terreno de cimentación con su eje longitudinal perpendicularmente sobre el terreno de cimentación.

El primer segmento de pilote de fundación presenta según la invención una zona de contacto para ponerse en contacto con un dispositivo de vibración, en cuyo caso la zona de contacto presenta al menos por zonas un segundo material para proteger al primer material (del segmento de pilote de fundación) de daño mecánico por el dispositivo de vibración que se pone en contacto con el segmento de pilote de fundación. Como ya se ha descrito previamente, en este caso corresponde a la idea de la invención que, en lugar del primer material del segmento de pilote de fundación, al cual corresponde preferiblemente una función estática, ahora el segundo material se enganche de modo mecánico y/o se conecte por fricción con el dispositivo de vibración. A causa de esto, de manera ventajosa, el primer material ya no se deteriora por la inserción mediante vibración del pilote de fundación, sino que el segundo material sirve como material de sacrificio. Por lo tanto, se garantiza la duración estructural pretendida del primer segmento de pilote de fundación y, por lo tanto, de todo el pilote de fundación. En algunas formas preferidas de realización de la invención, este segundo material puede considerarse un refuerzo material del primer material.

Por el término deterioro o daño de un material se entiende la destrucción de al menos su estructura superficial. En este caso puede tratarse, por ejemplo, de una remoción parcial o total del material.

El segundo material puede ser en teoría cualquier material adecuado que permita la introducción de fuerzas axiales desde el dispositivo de vibración en el pilote de fundación y por medio de lo cual pueda atenuarse o evitarse una vulneración del primer material por el dispositivo de vibración. A continuación, se indican segundos materiales ejemplares y preferidos en el contexto de la invención.

El dispositivo de vibración puede ser un dispositivo de vibración conocido en el estado de la técnica que se instala sobre el pilote de fundación y fija el segmento superior de pilote de fundación por medio de un equipo de fijación tal como, por ejemplo, mordazas. En este caso, las mordazas se conectan por fricción con las zonas opuestas del lado interno y del lado externo de la superficie envolvente del segmento de pilote de fundación. Tales dispositivos de vibración también se denominan vibradores; un ejemplo de esto es el vibrador Müller MS-100 HHF. Sin embargo, teóricamente como dispositivo de vibración es adecuado cualquier dispositivo con el cual sea posible una introducción de fuerzas axiales en el pilote de fundación de la manera en que, a causa de esto, pueda lograrse una fluidificación y, por lo tanto, una inserción por vibración del pilote de fundación. Por consiguiente, también son concebibles dispositivos de vibración que contactan solamente el lado exterior de la superficie envolvente del segmento de pilote de fundación, o que contactan preferiblemente sólo el lado interior de la superficie envolvente del segmento de pilote de fundación. Además, aparte del lado interior y/o del lado exterior de la superficie envolvente del segmento de pilote de fundación, el dispositivo de vibración también puede contactar adicionalmente su lado frontal.

Por el concepto de zona de contacto se entiende el área o la superficie del segmento de pilote de fundación que se engancha mecánicamente y/o se conecta por fricción con el dispositivo de vibración y por medio de las cuales se introduzcan las fuerzas axiales desde el dispositivo de vibración en el segmento de pilote de fundación y, por lo tanto, en el pilote de fundación. La zona de contacto se encuentra dispuesta preferiblemente sobre el lado interior o el lado externo de la superficie envolvente del segmento de pilote de fundación, o sobre el lado frontal del segmento de pilote de fundación. Más preferiblemente, se encuentra dispuesta en zonas opuestas sobre el lado interno y el lado externo de la superficie envolvente del segmento de pilote de fundación; más preferiblemente rodeada adicionalmente al

menos una zona parcial de las áreas frontales del segmento de pilote de fundación. Sin embargo, la zona de contacto también puede encontrarse preferiblemente por fuera del volumen rodeado por la superficie envolvente del segmento de pilote de fundación. Este es, por ejemplo, el caso cuando el segundo material se instala sobre el segmento de pilote de fundación de manera que este sobresalga por encima de al menos una de las superficies frontales del mismo. Estas superficies frontales son preferiblemente las superficies frontales del primer segmento de pilote de fundación que están hacia arriba y no se conectan con otro segmento de pilote de fundación.

Según la invención, la zona de contacto tiene el segundo material, al menos por zonas. Sin embargo, preferiblemente, toda la zona de contacto tiene el segundo material. Esto ofrece la ventaja, entre otras de que la destrucción del segundo material por la vulneración del dispositivo de vibración se efectúe más uniformemente y, por lo tanto, se mejore la protección del primer material.

El segundo material puede ser distinto o idéntico al primer material. Además, el segundo material puede ser un material individual o una combinación de varios materiales, preferiblemente de dos o de tres materiales. El primer material es por lo regular un metal, preferiblemente un acero. Materiales preferidos para el segundo material se seleccionan del grupo que se compone de metal, acero, plástico, recubrimiento térmico con zinc con o sin aluminio, recubrimiento plástico, recubrimiento cerámico, recubrimiento autocurable, recubrimiento de hierro micáceo, recubrimiento de fosfato de zinc, recubrimiento de hormigón/grout y/o recubrimiento de fibras de carbono.

Para el caso en que el segundo material sea idéntico al primer material, se prefiere que el primer segmento de pilote de fundación tenga un grosor de pared más grande que el segundo segmento de pilote de fundación. Si todo el primer segmento de pilote de fundación se fabrica con un grosor de pared más grande, simultáneamente, de manera sencilla, también se refuerza su zona de contacto con el segundo material y el segundo material no tiene que instalarse por separado en el primer segmento de pilote de fundación. Este aumento del grosor de pared del primer segmento de pilote de fundación es el llamado complemento por herrumbre. Con otras palabras, en este caso se incrementa el espesor de la lámina del primer segmento de pilote de fundación alrededor de la rugosidad o perfilación del equipo de fijación del dispositivo de vibración y/o la velocidad de corrosión con respecto a la duración de operación planificada del pilote de fundación. Para una vida útil del pilote de fundación de 25 años, por ejemplo, y, además, un complemento por herrumbre de 0,3 mm por año, por ejemplo, se produce un incremento del espesor de pared en 7,5 mm, lo cual corresponde, en el caso de un espesor habitual de pared de 70-100 mm a un complemento aproximadamente de 7-10 %. Por incremento del espesor de pared también puede entenderse un refuerzo del material. Un incremento del espesor de pared ofrece la ventaja adicional de que se reduce la inclinación hacia la fatiga de material del segmento de pilote de fundación, la cual en caso contrario se incrementaría por la superficie deteriorada.

El segundo material puede aplicarse o está aplicado al lado interior, el lado exterior y/o el lado frontal que no está unido con el segundo segmento de pilote de fundación. En tal caso debe estar comprendido cualquier tipo de procedimiento adecuado que garantice una fijación al menos temporal del segundo material sobre el primer segmento de pilote de fundación. De preferencia se trata en este caso de uniones térmicas tales como, por ejemplo, soldadura, conexiones mecánicas tales como, por ejemplo, atornillado o alquiler, o también conexiones que se producen por un enganche mecánico entre el segundo material y el primer segmento de pilote de fundación, pegaduras o recubrimientos. Obviamente también pueden usarse combinaciones cualesquiera de estos procedimientos de fijación si estas parecen adecuadas al experto en la materia. En una forma preferida de realización, el segundo material puesto o aplicado sobre el primer segmento de pilote de fundación puede volver a retirarse después de insertar por vibración el pilote de fundación en el terreno de cimentación.

En una forma preferida de realización, el segundo material es un elemento, el cual no soporta carga, del primer segmento de pilote de fundación o del pilote de fundación y/o de la estructura erigida finalmente sobre este. Por este elemento se entiende que el segundo material no se expone a una carga mecánica causada por el pilote de fundación, o bien a la estructura erigida sobre este. En otras palabras, el elemento que soporta carga puede considerarse como una pieza, llamada perdida, que solamente se usa para la inserción por vibración del pilote de fundación, aunque después ya no tiene ningún significado para la estática del pilote de fundación.

Un elemento así, que no soporta carga, se genera preferiblemente instalando el segundo material en el lado interior o en el lado exterior del primer segmento de pilote de fundación de modo que la zona de contacto del primer segmento del pilote de fundación sobresale sobre los lados frontales, que no están unidos con el segundo segmento de pilote de fundación, del primer segmento de pilote de fundación. Para esto, preferiblemente, en el lado interior del primer segmento de pilote de fundación se instala otro trozo de tubo que tiene un diámetro más pequeño que el diámetro del primer segmento de pilote de fundación y este segmento de pilote de fundación se alarga hacia arriba. Este trozo de tubo adicional puede contactarse luego por el dispositivo de vibración. Principalmente ventajoso en esto es que este trozo adicional de tubo puede fabricarse sin una protección anticorrosiva.

Además, un elemento que no soporta carga también puede generarse instalando el segundo material en el lado interior o en el lado exterior del primer segmento de pilote de fundación de manera que éste no sobresalga por encima de su lado frontal. Preferiblemente, para esto el segundo material, por ejemplo, placas, puntales, anillos o salientes, se instala en uno o varios puntos en el lado interior o en el lado exterior del primer segmento de pilote de fundación. Al instalar en el lado interior del primer segmento de pilote de fundación, esto ofrece la ventaja adicional de que el elemento, que no soporta carga, se queda oculto en el interior del volumen del segmento de pilote de fundación. Los

elementos instalados de esta manera en el lado interior o exterior del segmento de pilote de fundación pueden contactarse luego por el dispositivo de vibración.

5 Mientras que los elementos que no soportan carga sean instalados en el primer segmento de pilote de fundación, pueden componerse de cualquier material adecuado como, por ejemplo, metal o acero; preferiblemente, se fabrican de un material no corrosivo. Esto ofrece la ventaja de que el segundo material instalado o aplicado sobre el primer segmento de pilote de fundación no se corroe a pesar de la vulneración de su estructura superficial por el dispositivo de vibración. Ejemplos preferidos de tales materiales no corrosivos incluyen aleaciones de cobre-níquel, titanio, materiales de carbón o de fibra de vidrio.

10 El segundo material es más preferiblemente un recubrimiento que se aplica sobre una, varias o todas las superficies del segmento de pilote de fundación. Más preferiblemente, este recubrimiento es un compuesto o recubrimiento altamente resistente. Un recubrimiento de este tipo permite, por una parte, una unión mediante fricción entre el dispositivo de vibración y el segmento de pilote de fundación y garantiza, por otra parte, una protección suficiente del primer material, ya que casi no se desprende por la acción mecánica del dispositivo de vibración, o, sin embargo, debido al espesor de material del recubrimiento se sigue obteniendo un grosor residual suficiente para proteger
15 adicionalmente el primer material frente a la vulneración y/o la corrosión. De modo igualmente preferido, este recubrimiento incluye una protección adicional anticorrosiva.

Recubrimientos preferidos para el uso como segundo material se seleccionan del grupo que se compone de un zincado térmico por proyección con o sin aluminio, una aleación de zinc-aluminio, un recubrimiento de plástico, un recubrimiento de cerámica, un recubrimiento de hierro micáceo, un recubrimiento de fosfato de zinc, un recubrimiento
20 de hormigón/grout y/o un recubrimiento de fibra de carbono.

Las capas de zincado por proyección sirven de manera ventajosa como protección catódica anticorrosiva.

Los recubrimientos plásticos son anticorrosivos y ofrecen la ventaja adicional de una gran elección y alta disponibilidad de plásticos adecuados, principalmente altamente resistentes, que son conocidos por el experto en la materia. Además, por lo regular tales recubrimientos de plástico pueden aplicarse de manera sencilla. Recubrimientos de
25 plástico preferidos incluyen en este caso recubrimientos de poliuretano, recubrimientos de poliamida, barnices de resina epoxídica y/o barnices de resina acrílica. Debido a sus altos costes, estos se aplican preferiblemente sólo sobre la zona de contacto del primer segmento de pilote de fundación.

Además, particularmente se prefieren recubrimientos de hierro micáceo y/o de fosfato de zinc ya que, debido a su efecto autocurable, autónomamente se reparan pequeñas grietas y áreas deterioradas. De manera más preferida, estas capas autocurables se usan como una capa de imprimación. Además, se prefieren sistemas de recubrimiento de varias capas que tienen todavía en estado líquido tales capas en una capa inferior o intermedia. Estas capas exudan de manera ventajosa después de la inserción por vibración del pilote de fundación en el terreno de cimentación y reparan los sitios defectuosos generados por la inserción mediante vibración.
30

Los recubrimientos de cerámica y preferiblemente de fibras de carbono son asimismo particularmente resistentes y tienen una alta fuerza de resistencia frente a la vulneración mecánica por parte del dispositivo de vibración.
35

Además, el segundo material tiene preferiblemente una perfilación. Esta perfilación puede configurarse ventajosamente de manera que se conecte por fricción con la perfilación del equipo de fijado del dispositivo de vibración. Por consiguiente, la perfilación del segundo material, o bien del equipo de fijación del dispositivo de vibración, se forman preferiblemente de modo complementario. A causa de esto se garantiza una transferencia particularmente buena de las fuerzas axiales desde el dispositivo de vibración al segmento de pilote de fundación y, además, una protección contra el deslizamiento. Si existe una buena conexión por fricción entre el dispositivo de vibración y el segmento de pilote de fundación, entonces puede reducirse además la presión de apriete del dispositivo de vibración al segmento de pilote de fundación, lo cual conduce a una protección del material. Una perfilación ventajosa tiene la forma de una línea aserrada, en cuyo caso también son concebibles otras perfilaciones.
40

Además, la puesta en contacto de la zona de contacto del primer segmento de pilote de fundación puede efectuarse ventajosamente de manera magnética por parte del dispositivo de vibración. Esto es especialmente ventajoso si el equipo de fijación del dispositivo de vibración y/o el segundo material no presentan una perfilación. A causa de esto, la vulneración de la estructura superficial del segmento de pilote de fundación se reduce un mínimo. Para esto, el equipo de fijación del dispositivo de vibración puede comprender, por ejemplo, un electroimán.
45

La presente invención se refiere además a un sistema que tiene un pilote de fundación según la invención, así como un dispositivo de vibración que se pone en contacto con la sección de contacto del primer segmento de pilote de fundación contenido en este pilote de fundación. En este caso, el dispositivo de vibración entra en contacto con la sección de contacto preferiblemente por medio de un equipo de fijación, por ejemplo, mediante mordazas de sujeción o mediante un equipo de fijación que tiene un electroimán. En este sistema, el pilote de fundación se encuentra dispuesto preferiblemente sobre el terreno de cimentación de manera que el eje longitudinal del pilote de fundación se encuentre verticalmente hacia el terreno de cimentación y el primer segmento de pilote de fundación es el segmento principal de pilote de fundación; es decir que se encuentra dispuesto sobre el lado contrario del pilote de fundación que hace contacto con el terreno de cimentación.
50
55

- La presente invención se refiere además a un procedimiento para insertar por vibración un pilote de fundación en el terreno de cimentación, el cual comprende los pasos de: proporcionar un pilote de fundación según la invención; poner en contacto la zona de contacto del primer segmento de pilote de fundación del pilote de fundación con un dispositivo de vibración; poner en contacto el terreno de cimentación con el último segmento de pilote de fundación del pilote de fundación, en cuyo caso el eje longitudinal del pilote de fundación se encuentra dispuesto esencialmente en posición vertical hacia el terreno de cimentación; e introducir una fuerza axial en el pilote de fundación por medio del dispositivo de vibración. Por el último segmento de pilote de fundación del pilote de fundación se entiende en este caso el segmento de pilote de fundación que se encuentra dispuesto frente al primer segmento de pilote de fundación en el otro extremo del pilote de fundación.
- 5 Otras ventajas, particularidades y características de la invención resultan a continuación de los ejemplos de realización explicados. En particular, en estos se muestran:
- La figura 1 muestra una visión general de un aerogenerador sobre el agua anclado en el fondo del mar por medio de un mono-pilote de acuerdo con la invención.
- La figura 2 muestra la estructura esquemática de un segmento de pilote de fundación.
- 15 La figura 3A muestra una primera forma de realización de un primer segmento de pilote de fundación según la invención en el cual la zona de contacto se forma por un trozo de tubo adicional.
- La figura 3B muestra una segunda forma de realización de un primer segmento de pilote de fundación según la invención en el cual la zona de contacto se forma por un anillo de acero soldado con la pared interior.
- 20 La figura 3C muestra una tercera forma de realización de un primer segmento de pilote de fundación según la invención, en el cual las zonas de contacto se forman por esteras de fibra de vidrio pegadas sobre la pared exterior y la pared interior.
- La figura 3D muestra una cuarta forma de realización de un primer segmento de pilote de fundación según la invención en el cual la zona de contacto se forma por un recubrimiento de varias capas, hecho de un material auto-curable, aplicado sobre la pared exterior e interior.
- 25 La figura 4A muestra un pilote de fundación según la invención que tiene un primer segmento de pilote de fundación según la forma de realización representado en la figura 3A, así como otros segmentos de pilote de fundación fijados sobre este.
- La figura 4B muestra un pilote de fundación según la invención que tiene un primer segmento de pilote de fundación, así como otros segmentos de pilote de fundación fijados sobre este, en cuyo caso el primer segmento de pilote de fundación tiene un espesor de pared más grande (complemento por herrumbre) que los otros segmentos de pilote de fundación.
- 30 En la siguiente descripción detallada, signos de referencia iguales designan piezas de construcción iguales, respectivamente características iguales de modo que una descripción realizada con referencia a una figura con respecto a una pieza de construcción también es válida para las otras figuras y, por lo tanto, se evita una descripción repetitiva. Además, en otras formas de realización también pueden usarse características individuales que han sido descritas en conexión con una forma de realización, en tanto que no se exponga explícitamente algo diferente con respecto a esto.
- En la figura 1 se representa una visión general de un aerogenerador 5 en el agua, anclado en el fondo del mar 6 mediante un pilote de fundación 1 de acuerdo con la invención.
- 40 El pilote de fundación 1 es ejecutado como un cuerpo hueco cilíndrico, principalmente como un mono-pilote y se compone de varios segmentos de pilote de fundación (2, 3,17) formados de una placa de acero, los cuales se unen entre sí por medio de soldadura circular 15. El mono-pilote 1 se provee además de una protección anticorrosiva.
- El mono-pilote 1 tiene en su extremo superior un primer segmento 2 de pilote de fundación, no representado, según la forma de realización de la figura 3A, el cual está rodeado por la pieza de transición 4. Sobre este se agregan, erigiendo la construcción, los otros elementos del aerogenerador que se encuentran por encima del nivel del agua 7.
- 45 Por debajo del primer segmento 2 de pilote de fundación se agregan otros, aproximadamente 20, segmentos de pilote de fundación 3, 17 sin la zona de contacto según la invención, en cuyo caso el segmento de pilote de fundación marcado con el número de referencia 17 corresponde al segmento más inferior de pilote de fundación, el cual había sido instalado para la inserción por vibración del mono-pilote 1 en el fondo del mar 6 y recurriendo a un dispositivo de vibración con su eje longitudinal perpendicular a este.
- 50 El primer segmento 2 de pilote de fundación, así como los otros segmentos de pilote de fundación 3,17 tienen el mismo diámetro de aproximadamente 7 m y además también la misma altura h de aproximadamente 3 m. El espesor de pared de los segmentos 2, 3, 17 de pilote de fundación es de aproximadamente 70-100 mm.

En la figura 2 se representa esquemáticamente la estructura fundamental de un segmento 8 de pilote de fundación ejecutado de modo cilíndrico.

El segmento 8 de pilote de fundación se compone de una placa de acero y tiene un lado exterior de la superficie envolvente 9, así como un lado interior de la superficie envolvente 10. Puesto que el segmento 8 de pilote de fundación es un cuerpo hueco, tiene además un radio exterior 13 y un radio interior 14 y un espesor de pared d que resulta de esta manera. Además, puede reconocerse en una de las dos aberturas 11 del segmento 8 de pilote de fundación de tipo de cuerpo hueco que se forman por la superficie envolvente de recubrimiento. El radio de la abertura 11 corresponde, por lo tanto, al radio interno 14 del segmento 8 de pilote de fundación. El segmento 8 de pilote de fundación tiene además dos superficies frontales 16 de las cuales solamente una es visible y se encuentra en el plano de las aberturas 11. El área de las superficies frontales 16 se determina igualmente por la diferencia entre el radio exterior 13 y el radio interior 14, o bien el espesor de la pared. Además, puede reconocerse el eje longitudinal 12 del segmento 8 de pilote de fundación que pasa por los centros de ambas aberturas 11.

El segmento 8 del pilote de fundación fue generado doblando una chapa de acero, después de lo cual esta fue soltada en sus bordes.

La figura 3A muestra una primera forma de realización de un primer segmento 2 de pilote de fundación según la invención en la cual la zona de contacto 18 se forma por un trozo de tubo 19 adicional.

Después de fabricar un segmento de pilote de fundación, tal como este se representa en la figura 2, por ejemplo, a partir de una chapa de acero con un espesor de pared d de aproximadamente 80 mm, fue soldado un trozo de tubo 19 adicional con el lado interior 10 de la superficie envolvente del segmento de pilote de fundación. El trozo de tubo 19 adicional fue fabricado del mismo material que el segmento de pilote de fundación, lo cual significa que el primer material y el segundo material son idénticos en el sentido de la solicitud. Sin embargo, el trozo de tubo 19 adicional, en contraste con el segmento de pilote de fundación, no tiene protección anticorrosiva.

Además, el trozo de tubo 19 adicional tiene un radio exterior que corresponde aproximadamente al radio interior 14 del segmento de pilote de fundación.

El trozo de tubo 19 adicional se encuentra dispuesto dentro del segmento de pilote de fundación de modo que sobresale por encima del lado frontal del segmento de pilote de fundación y, por lo tanto, forma una zona de contacto 18 capaz de hacer contacto con el dispositivo de vibración. Por lo tanto, la zona de contacto 18 según la invención se forma completamente a partir del segundo material, el cual en lugar del material del segmento de pilote de fundación es vulnerado por el dispositivo de vibración.

Además, el trozo de tubo 19 adicional usado es un elemento que no soporta del primer segmento de pilote de fundación, el cual también podría designarse como la llamada pieza perdida ya que después de insertar por vibración el pilote de fundación y de erigir, por ejemplo, un aerogenerador, no se somete a una carga mecánica. Por consiguiente, es irrelevante una corrosión de este trozo de tubo 19 adicional para la estática de la obra de construcción erigida sobre el pilote de fundación.

La figura 3B muestra una segunda forma de realización de un primer segmento 2 de pilote de fundación según la invención en la cual la zona de contacto 18 se forma por un anillo de acero 20 soldado mediante una soldadura circular con la pared interior. Esta zona de contacto puede contactarse por el dispositivo de vibración.

El anillo de acero 20 está fabricado igualmente del mismo material que el segmento de pilote de fundación, con lo cual el primer material y el segundo material son idénticos en el sentido de la solicitud. En este ejemplo de realización, el anillo de acero 20, a diferencia del segmento de pilote de fundación, tampoco tiene protección anticorrosiva y tiene un radio exterior que corresponde aproximadamente al radio interior 14 del segmento de pilote de fundación.

El anillo de acero 20 soldado en el lado interior del primer segmento de pilote de fundación es igualmente un elemento, que no soporta carga, del pilote de fundación y permanece oculto de manera ventajosa en el interior del volumen del segmento de pilote de fundación.

En lugar del anillo de acero 20, como alternativa también pueden instalarse obviamente otras estructuras en el interior del segmento de pilote de fundación tales como, por ejemplo, salientes o placas de metal, preferiblemente acero.

La figura 3C muestra una tercera forma de realización de un primer segmento 2 de pilote de fundación de acuerdo con la invención. En este ejemplo de realización al lado interior, así como al lado exterior, del segmento de pilote de fundación se han pegado esteras 21 de fibra de vidrio las cuales forman las zonas de contacto 18. Respectivamente dos de las esteras 21 de fibra de vidrio se encuentran opuestas en el lado interior o en el lado exterior del segmento de pilote de fundación, de modo que se protege tanto el lado interior, como también el lado exterior del segmento de pilote de fundación ante un daño ocasionado por el equipo de fijación (por ejemplo, mordazas de sujeción) del dispositivo de vibración. El uso de las esteras de fibra de vidrio tiene las ventajas adicionales de que estas tienen un peso bajo y, por lo tanto, pueden fijarse de manera fácil y segura mediante pegadura, además, tienen bajos costes de material.

La figura 3D muestra una cuarta forma de realización de un primer segmento 2 de pilote de fundación según la invención, en la cual las zonas de contacto 18 se forman con un recubrimiento de varias capas hecho de un material 22 auto-curable, aplicado por zonas a la pared exterior y a la pared interior.

- 5 Tal como en la tercera forma de realización representado en la figura 3C, respectivamente dos de las zonas de contacto 18 se encuentran opuestas sobre el lado interior o el lado exterior del segmento de pilote de fundación, de modo que se protege tanto el lado interior, como también el lado exterior, del segmento de pilote de fundación ante un daño causado por el equipo de fijación (por ejemplo, mordazas de sujeción) del dispositivo de vibración.

Para la preparación del recubrimiento 22 auto-curable de varias capas fue usada una capa de imprimación hecha de hierro micáceo. Sobre esta se aplicó una capa de resina epoxídica altamente resistente.

- 10 La figura 4A muestra un pilote de fundación 1 según la invención, el cual se hace en forma de mono-pilote. El mono-pilote tiene un primer segmento 2 de pilote de fundación según la forma de realización representada en la figura 3A, así como otros segmentos 3, 17 de pilote de fundación fijados sobre el mismo. Los otros segmentos 3, 17 de pilote de fundación corresponden en este caso esencialmente al primer segmento de pilote de fundación, aunque no tienen una zona de contacto 18.
- 15 Los segmentos individuales 2, 3, 17 de pilote de fundación fueron soldados por medio de soldaduras circulares 15 al pilote de fundación según la invención de modo que los ejes longitudinales de los segmentos de pilote de fundación están colocados uno encima del otro y, por lo tanto, también corresponden al eje longitudinal 12 del pilote de fundación.

- 20 Además, puede reconocerse que el segmento 17 más inferior del pilote de fundación 1, se encuentra en el extremo del pilote de fundación y se encuentra enfrente del primer segmento 2 de pilote de fundación. Para insertar el pilote de fundación en el terreno de cimentación, este segmento 17 más inferior de pilote de fundación se instala en el terreno de cimentación de modo que éste se levante con su eje longitudinal en posición esencialmente vertical sobre el terreno de cimentación.

- 25 La figura 4B muestra un segundo ejemplo de realización de un pilote de fundación 1 según la invención el cual se ejecuta igualmente en forma de un mono-pilote. A diferencia del pilote de fundación del anterior ejemplo de realización, el mono-pilote tiene un primer segmento 2 de pilote de fundación cuyo espesor de pared es más grande que el espesor de pared de los otros segmentos 3, 17 de pilote de fundación. Así, el espesor de paredes del primer segmento 2 de pilote de fundación es de aproximadamente 90 mm, el de los otros segmentos 3, 17 de pilote de fundación es de aproximadamente 80 mm. A causa de este complemento por herrumbre, el primer pilote de fundación 2 pueden darse sin una protección anticorrosiva, los cuales económico. Sin embargo, a pesar de los daños mecánicos causados por el tipo de vibración, puede garantizarse una duración estructural de operación del pilote de fundación de aproximadamente 25 años.
- 30

Listado de números de referencia

1. Pilote de fundación /mono-pilote
2. Primer segmento de pilote de fundación/segmento principal de pilote de fundación
- 35 3. Segundo segmento de pilote de fundación
4. Pieza de transición
5. Aerogenerador en el agua
6. Terreno de cimentación / fondo marino
7. Nivel de agua
- 40 8. Segmento de pilote de fundación
9. Lado exterior de la superficie envolvente / lado exterior del segmento de pilote de fundación
10. Lado interno de la superficie envolvente /lado interno del segmento de pilote fundación
11. Abertura del segmento de pilote de fundación
12. Eje longitudinal del segmento de pilote de fundación / eje longitudinal del pilote de fundación
- 45 13. Radio externo del segmento de pilote de fundación
14. Radio externo del segmento de pilote de fundación
15. Soldadura circular

- 16. Superficie frontal /lado frontal
- 17. Segmento más inferior de pilote de fundación
- 18. Zona de contacto
- 19. Trozo de tubo adicional
- 5 20. Segundo material soldado con la pared interior / anillo de acero
- 21. Segundo material pegado con la pared exterior y la pared interior / esteras de fibra de vidrio
- 22. Recubrimiento de segundo material sobre pared exterior y pared interior / recubrimiento de varias capas auto-curable
- d: espesor de pared del segmento de pilote de fundación
- 10 h: altura del segmento de pilote de fundación

REIVINDICACIONES

1. Pilote de fundación (1) que tiene
un primer segmento (2) de pilote de fundación y
al menos un segundo segmento (3) de pilote de fundación que están unidos entre sí de modo que coinciden sus ejes longitudinales (12),
donde el primer y el segundo segmento de pilote de fundación se componen de un primer material y
donde el primer segmento de pilote de fundación tiene al menos una zona de contacto (18) para contactar con un primer dispositivo de vibración,
donde la zona de contacto tiene, al menos por zonas, un segundo material para la protección del primer material frente a una vulneración mecánica causada por el dispositivo de vibración,
caracterizado porque
el segundo material y el primer material son idénticos y el primer segmento (2) de pilote de fundación tiene un espesor de pared más grande que el segundo segmento (3) de pilote de fundación, o
porque el segundo material se instala o se aplica en el lado interior (10), el lado exterior (9) y/o el lado frontal (16), del primer segmento de pilote de fundación, que no está unido con el segundo segmento de pilote de fundación.
2. Pilote de fundación según la reivindicación 1, en el cual el segundo material se instala o se aplica en el lado interior (10), el lado exterior (9) y/o el lado frontal (16), del primer segmento de pilote de fundación, que no está unido con el segundo segmento de fundación y en el cual el segundo material es un elemento del pilote de fundación que no soporta carga.
3. Pilote de fundación según la reivindicación 2, en el cual el elemento que no soporta carga se instala en el lado interior (10), o el lado exterior (9) del primer segmento de pilote de fundación de modo que la zona de contacto sobresale sobre el lado frontal (16) del primer segmento de pilote de fundación que no está unido con el segundo segmento de pilote de fundación.
4. Pilote de fundación según una de las reivindicaciones 2-3, en el cual el segundo material se une mecánicamente, por medio de una soldadura, y/o mediante una pegadura con el primer segmento de pilote de fundación.
5. Pilote de fundación según una de las reivindicaciones 2 o 4, en el cual el segundo material es un recubrimiento.
6. Pilote de fundación según una de las reivindicaciones 1, o 2-5, en el cual el segundo material es un material anticorrosivo.
7. Pilote de fundación según la reivindicación 5, en el cual el recubrimiento se selecciona del grupo compuesto por un recubrimiento térmico de zinc con o sin aluminio, un recubrimiento plástico, un recubrimiento de cerámica, un recubrimiento auto-curable, un recubrimiento de hierro micáceo, un recubrimiento de fosfato de zinc y/o un recubrimiento de fibras de carbono.
8. Pilote de fundación según una de las anteriores reivindicaciones, en el cual el segundo material tiene una perfilación.
9. Sistema que tiene un pilote de fundación (1) según una de las reivindicaciones anteriores, así como un dispositivo de vibración que contacta la sección de contacto (18) del primer segmento (2) de pilote de fundación.
10. Sistema según la reivindicación 9, en el cual el dispositivo de vibración comprende un equipo de fijación que tiene una perfilación y/o un electroimán.
11. Aerogenerador (5) que tiene al menos un pilote de fundación (1) según una de las reivindicaciones anteriores 1-8.
12. Procedimiento para insertar por vibración un pilote de fundación en el terreno de cimentación que comprende las etapas de:
proporcionar un pilote de fundación (1) según una de las reivindicaciones 1-8 que tiene un primer segmento (2) de pilote de fundación y al menos un segundo segmento (3) de pilote de fundación, donde el primer segmento de pilote de fundación tiene al menos una zona de contacto (18) para contactar con un dispositivo de vibración y la zona de contacto tiene, al menos por secciones, un segundo material para proteger el primer material ante una vulneración mecánica causada por el dispositivo de vibración;
contactar la zona de contacto (18) del primer segmento de pilote de fundación (2) del pilote de fundación (1) con un dispositivo de vibración;

contactar el terreno de cimentación (6) con el segmento más inferior (17) de pilote de fundación del pilote de fundación (1), en cuyo caso el eje longitudinal (12) del pilote de fundación se encuentra dispuesto esencialmente en posición vertical hacia el terreno de cimentación; e

5 introducir una fuerza axial en el pilote de fundación por medio del dispositivo de vibración para insertar por vibración el pilote de fundación en el terreno de cimentación.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el cual se retira el segundo material dispuesto en la zona de contacto (18) del primer segmento de pilote de fundación después de la inserción por vibración del pilote de fundación.

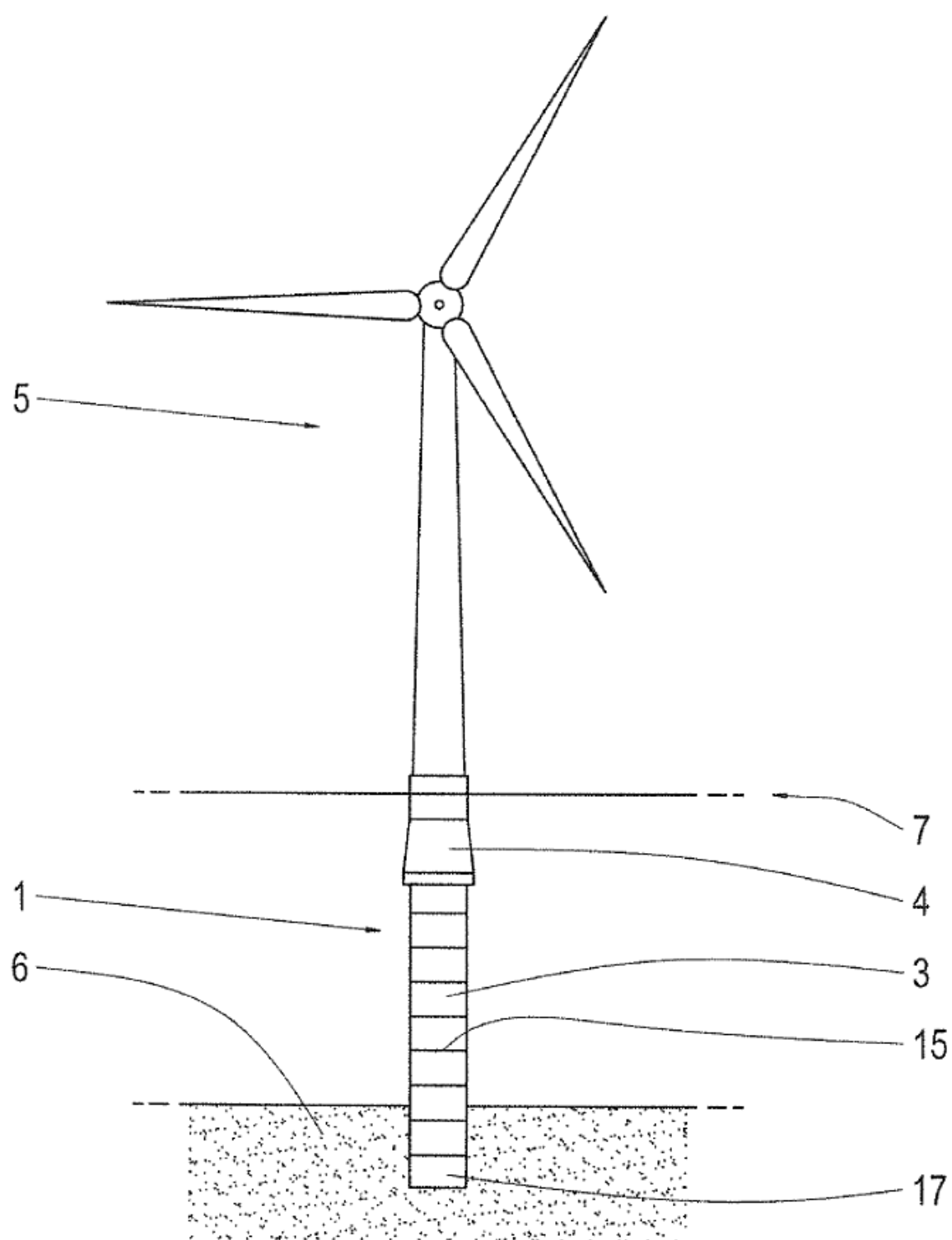
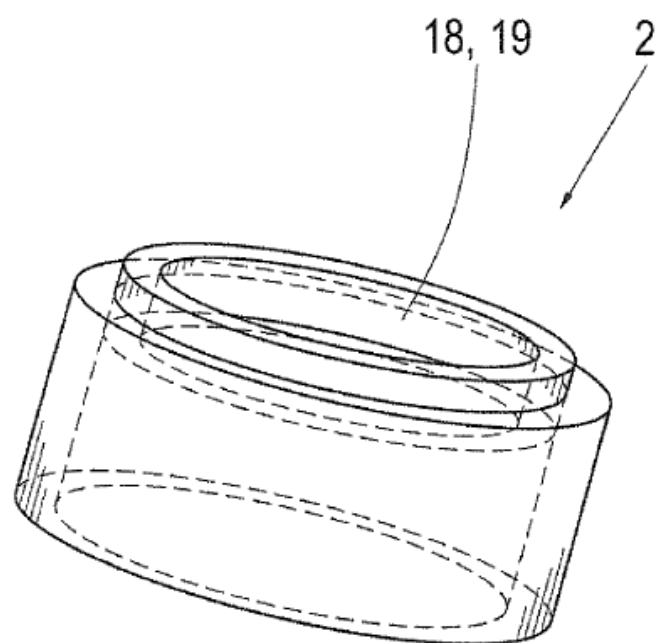
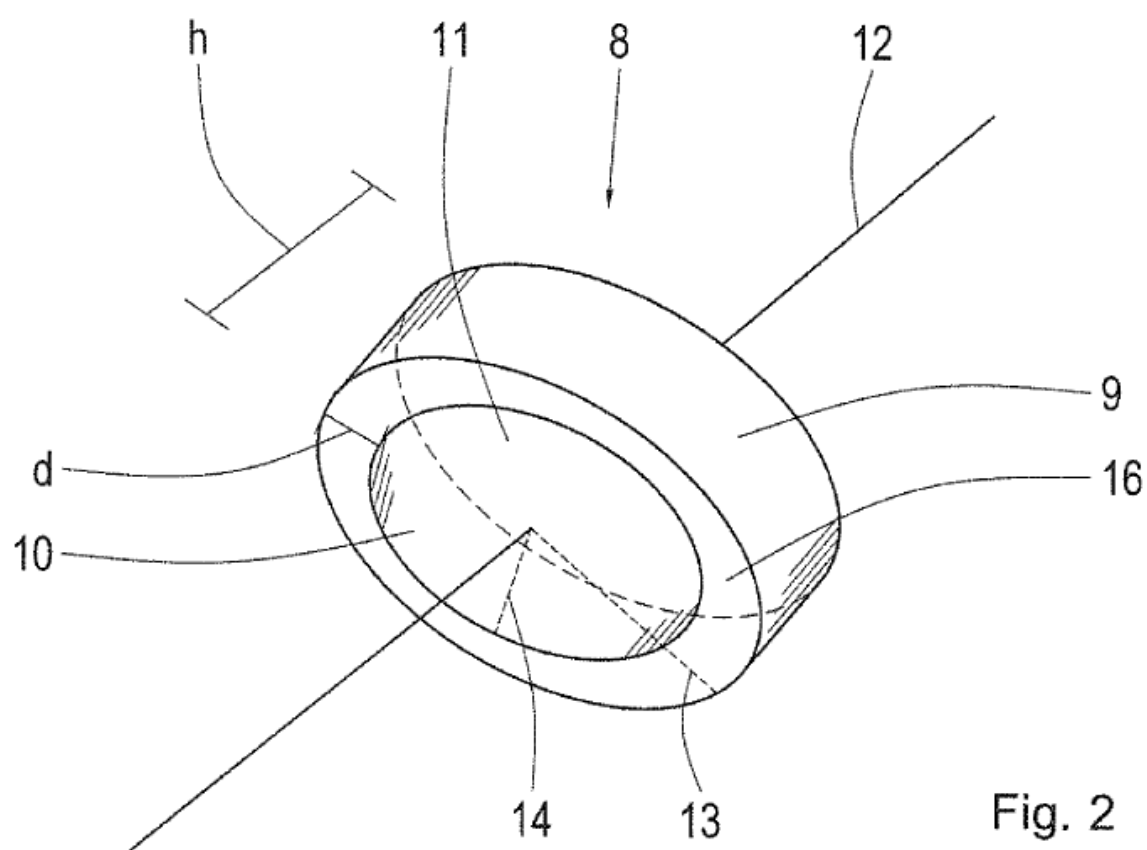


Fig. 1



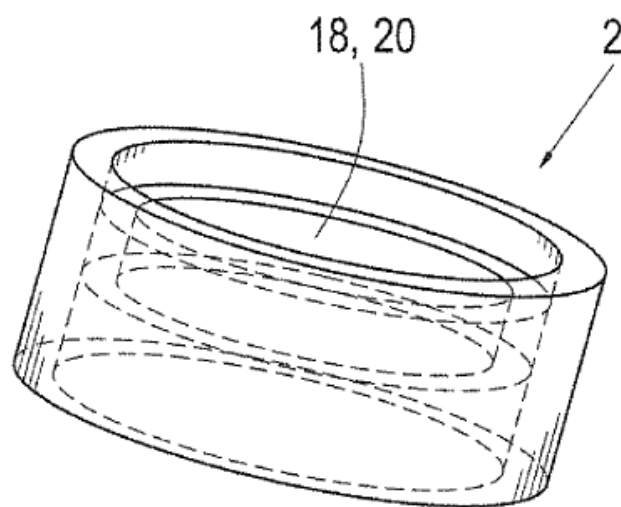


Fig. 3B

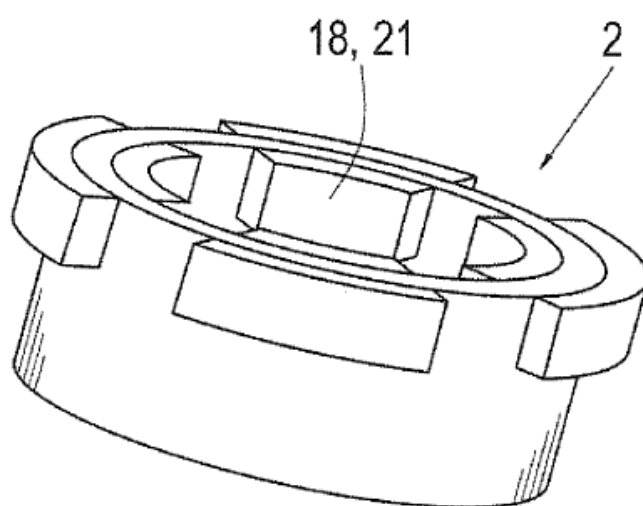


Fig. 3C

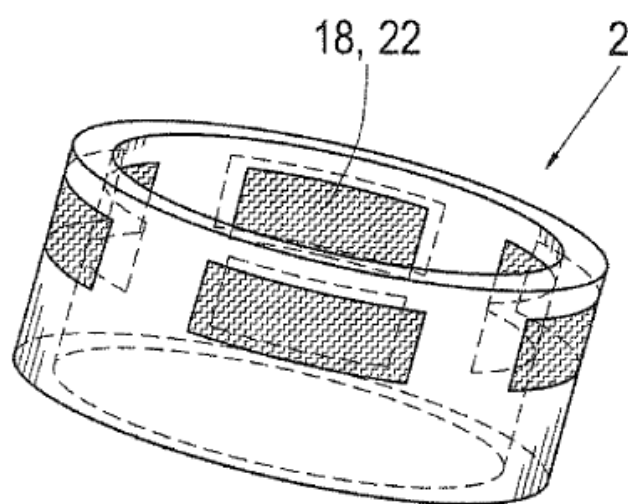


Fig. 3D

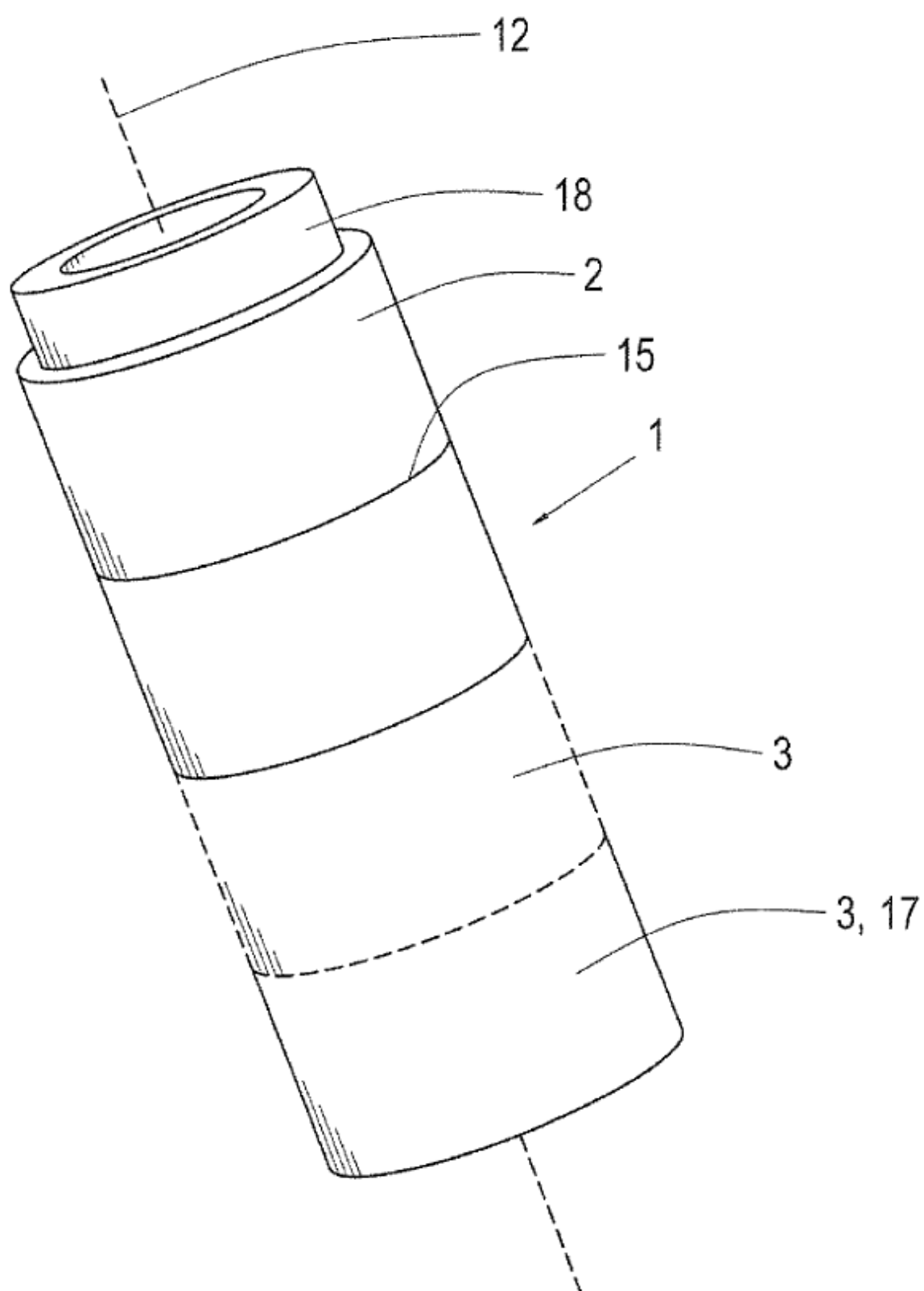


Fig. 4A

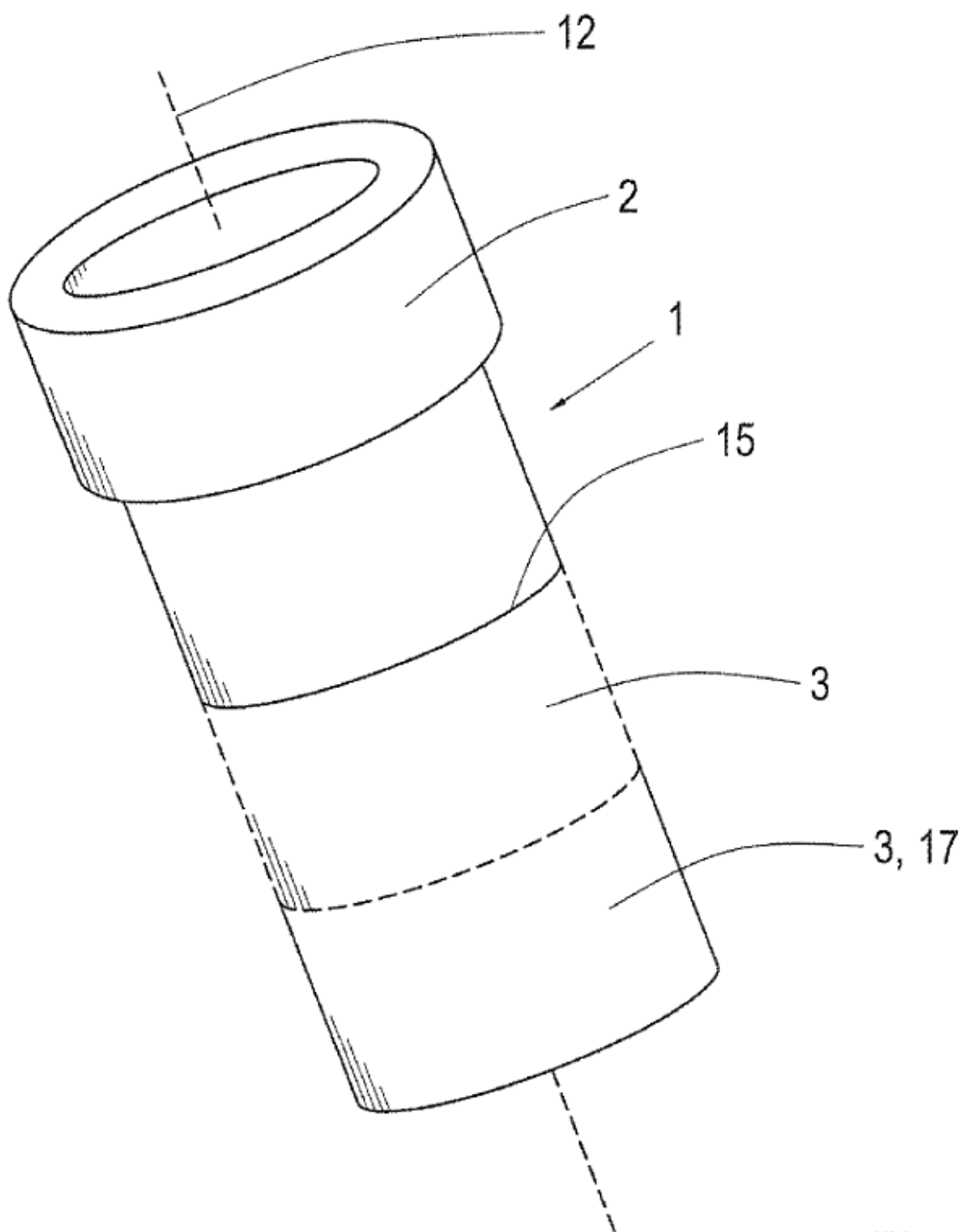


Fig. 4B