

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 771 299**

51 Int. Cl.:

E02D 27/42

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.09.2013 PCT/EP2013/002660**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.05.2014 WO14063765**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2013 E 13759668 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 2912231**

54 Título: **Cimentación para una turbina eólica**

30 Prioridad:

24.10.2012 DE 102012020871

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

06.07.2020

73 Titular/es:

**SENVION GMBH (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

SEIDEL, MARC

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 771 299 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Cimentación para una turbina eólica

La presente invención se refiere a una estructura compuesta para una cimentación de pilotes para anclar una estructura de torre de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. En particular, la invención se refiere a una estructura compuesta para un aerogenerador, especialmente para un aerogenerador marino. Otros aspectos de la invención se refieren a una cimentación para una torre y un jacket, por ejemplo, para un aerogenerador. En particular, se trata de aplicaciones en zonas marinas.

Como se conoce, por ejemplo, por el documento WO 2011/147476 A1, es una práctica común anclar una estructura de torre en el suelo por medio de una cimentación y transferir las cargas que actúan sobre la estructura de la torre al subsuelo. En el caso de los aerogeneradores, y en este caso en particular de los aerogeneradores marinos, se conocen las cimentaciones por pilotes para anclar las torres de los aerogeneradores en el lecho marino y transferir las cargas estáticas y dinámicas al lecho marino. Preferentemente, las uniones de tales cimentaciones por pilotes con la estructura ascendente se hacen en una estructura compuesta. Esto significa que se utiliza una combinación de acero y mortero (por ejemplo, hormigón de alta resistencia) a través de la cual las fuerzas que se producen en la estructura de la torre, por ejemplo, las fuerzas de cizallamiento longitudinales, se transmiten al suelo.

Una cimentación por pilotes conocida consiste, por ejemplo, en un pilote hueco que se inserta en el suelo, por ejemplo, por hincado de pilotes. Dentro del pilote hueco se dispone una pata de jacket o una pata de trípode o incluso la (única) pata de un monopilote, acoplándose esta pata con la estructura de la torre. Sin limitación de la generalidad, a continuación, hablaremos siempre de un poste de esquina para designar todas las patas mencionadas con un término unitario, aunque según el entendimiento convencional un poste de esquina es parte de una estructura de rejilla. En la presente solicitud, el término "poste de esquina" debe entenderse en un sentido más amplio.

En el sector marino, además de los monopilotes, son muy comunes las estructuras de rejilla (jackets), la mayoría de las cuales están dispuestas por debajo del nivel del mar. La torre tubular de un aerogenerador, por ejemplo, está dispuesta sobre la estructura de la rejilla.

Las cimentaciones por pilotes conocidas comprenden una estructura compuesta en una zona de unión entre el pilote y el poste de esquina. En la dirección longitudinal del pilote, la zona de unión es la zona donde el poste de esquina se adentra verticalmente en el pilote. También se conoce esto como la longitud de superposición. En la dirección de horizontal, la zona de unión está formada por el pilote, el poste de esquina y el espacio creado entre el pilote y el poste de esquina. Este espacio se rellena con mortero para la fabricación de una unión firme entre el pilote y el poste de esquina. Por lo general, el pilote se extiende más allá de zona de unión hasta una profundidad en el suelo y se llena de mortero allí en ese lugar. El relleno con mortero se llama lechada.

También se conoce que la estabilidad de la estructura compuesta puede aumentarse aplicando los denominados nervios de cizallamiento al poste de esquina o a la superficie del pilote o a ambos en la zona de unión. Esto se conoce, por ejemplo, por el documento WO 2011/010937 A1 o por el artículo "*Statische und dynamische Axialdruckversuche an vergROUTETEN Rohr-in-Rohr-Verbindungen mit verschiedenen Füllmaterialien*", Bautechnik 86 (2009), número 11, páginas 719 y siguientes, autores: Peter Schaumann y otros. Estos nervios de cizallamiento por regla general se diseñan como anillos que se alinean en un plano horizontal en el perímetro del poste de esquina y/o en el perímetro interior del pilote esencialmente de manera transversal al eje longitudinal de la unión del pilote. Por medio de estos nervios de cizallamiento, se produce una mejor y mayor transmisión al mortero de las fuerzas de cizallamiento que se producen en el poste de esquina o, si los nervios de cizallamiento están dispuestos en el perímetro interior del pilote, desde el mortero a través de los nervios de cizallamiento al pilote.

Estas conocidas cimentaciones por pilotes con nervios de cizallamiento presentan la desventaja de que se debe utilizar un mortero de alta resistencia para la unión compuesta para poder soportar las cargas que se producen. Esto se describe, por ejemplo, en la tesis doctoral "*Betontechnologische Einflüsse auf das Tragverhalten von Grouted Joints*", Steffen Anders, Hannover 2007, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, ISBN 978-3-936634-05-1. Además, para esta conocida cimentación por pilotes, la longitud de superposición debe ser muy grande. Por último, se considera desventajoso que se tengan que prever para el "pre-piling" grandes medidas de intersticio, de tal modo que se deben utilizar cantidades relativamente grandes del costoso mortero de alta resistencia. Estas medidas son necesarias en su conjunto para poder garantizar de manera fiable una transmisión de fuerzas de cizallamiento suficiente, pero son correspondientemente caras debido a las grandes cantidades de mortero de alta resistencia que se requieren para ello. Hasta ahora, también falta una normativa vinculante para el dimensionamiento de la zona de unión, por lo que, a fin de evitar problemas de autorización, es más probable que se produzca un sobredimensionamiento, por lo que costes son correspondientemente más elevados.

El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar una estructura compuesta para una cimentación por pilotes que elimine las desventajas descritas anteriormente, es decir, cuya fabricación sea en particular más rentable que en el estado de la técnica conocido, pero manteniendo la buena transmisión de cargas o incluso mejorándola.

El objetivo se resuelve con una estructura compuesta con las características distintivas de la reivindicación 1.

La estructura compuesta de acuerdo con la invención para una cimentación por pilotes comprende un pilote hueco que se inserta en el suelo, un poste de esquina unido con la estructura de la torre, que se dispone con su extremo del lado de unión en el pilote, así como una zona de unión. En la zona de unión, el pilote y/o el poste de esquina presentan agentes de conexión para transmitir las fuerzas de cizallamiento. A diferencia de los nervios de cizallamiento conocidos hasta la fecha, estos agentes de conexión presentan una entalladura que puede ser llenada por la masa compuesta que debe ser rellenada en la zona de unión y que encierra la masa compuesta en un rango angular de más de 90°.

En la figura 3 se muestran, a modo de ejemplo, agentes de conexión discontinuos de acuerdo con la invención para la transmisión de las fuerzas de cizallamiento. A este respecto, por un lado, pueden ser clavijas que por sí mismas presentan la entalladura requerida de acuerdo con la invención o, por otro lado, pueden ser clavijas que se convierten en agentes de conexión de acuerdo con la invención cuando con equipadas con bucles de anclaje o ganchos de anclaje. Sin embargo, frente a los agentes de conexión discontinuos, son preferentes los agentes de conexión continuos, de los que la figura 4 muestra algunos ejemplos. Estos agentes de conexión preferentes también pueden ser llamados tiras de unión. Para las dos clases de agentes de conexión -continuos/discontinuos- es ventajoso en términos de una fijación fiable y de fabricación sencilla si la fijación se lleva a cabo por medio de una unión soldada.

En la presente invención se ha reconocido que se puede fabricar una cimentación por pilotes mejorada si los agentes de conexión presentan una entalladura que se puede llenar con mortero y que encierra el mortero endurecido en al menos 90°. Así, se forma al menos un ángulo recto entre el pilote o poste de esquina y el agente de conexión. Sin embargo, la entalladura también puede estar configurada a distancia del poste de esquina o del pilote en el perfil del agente de conexión, como se muestra en algunos ejemplos de la figura 4. La transmisión de las fuerzas de cizallamiento mejora así de tal manera que la longitud de superposición entre el poste de esquina y el pilote puede configurarse de manera considerablemente más corta, por medio de lo cual también se acorta la zona de unión y, en consecuencia, se requiere menos mortero de alta resistencia. De esta manera, también es posible utilizar un mortero menos resistente que hasta la fecha. Ambos factores tienen como consecuencia que la cimentación por pilotes de acuerdo con la invención puede fabricarse de manera mucho más rentable que la cimentación por pilotes conocida por el estado de la técnica.

La intención principal es que las tiras de unión se fijen a los postes de las esquinas. En el lado del pilote, pueden seguir utilizándose los conocidos nervios de cizallamiento, entre otras cosas, porque en este lugar la superficie disponible es más grande allí que en el poste de esquina. Sin embargo, lógicamente las tiras de unión también pueden ser utilizadas en el lado del pilote.

De acuerdo con otro diseño ventajoso de la invención, adicionalmente pueden preverse elementos de refuerzo que estén dispuestos en la entalladura. Tales elementos de refuerzo pueden ser, por ejemplo, alambres de acero, etc. que se adentren en el mortero para mejorar aún más la transmisión de fuerzas entre el poste de esquina y el pilote.

De acuerdo con un diseño ventajoso de la invención, las tiras de unión se extienden en la dirección del eje longitudinal del poste de esquina o del pilote. En comparación con una extensión horizontal o diagonal o en espiral, se considera que esta opción se puede fabricar mejor con una alta estabilidad al cizallamiento.

Preferentemente, las entalladuras en las tiras de unión presentan la forma de un clotoide o de una pieza de puzle. Tales tiras se conocen como tiras de clotoide o tiras de puzle. Se ha comprobado que estas formas son particularmente resistentes a las cargas que se producen y son particularmente adecuadas para la transmisión de fuerzas de cizallamiento.

Se propone además que el agente de conexión en forma de tira se extienda sobre una parte esencial de la zona de unión. Este diseño ofrece la ventaja de que se produce una transmisión continua de fuerzas a través de la parte esencial de la zona de unión. Se considera deseable una extensión de más del 25%, preferentemente de más del 50%, más preferentemente de más del 75%. De esta manera, se contribuye ventajosamente a la reducción de la cantidad de mortero, ya que la longitud de superposición puede reducirse con una configuración correspondientemente larga de los agentes de conexión.

De acuerdo con otro diseño de la invención, también es ventajoso distribuir varios agentes de conexión continuos o en forma de cinta, espaciados perimetralmente en el perímetro del poste de esquina y/o en la superficie interior del pilote y de esta manera también mejorar la eliminación continua e independiente de la dirección de las fuerzas de cizallamiento que se producen y reducir la zona de unión que debe preverse. Los agentes de conexión se distribuyen preferentemente de manera uniforme en el perímetro del poste de esquina y/o la superficie interior del pilote.

La presente invención también se refiere a una cimentación para una estructura de torre, en particular la torre de un aerogenerador, en particular un aerogenerador marino, presentando la cimentación tienen una estructura compuesta de acuerdo con la invención. Otros aspectos de la invención se refieren a un jacket en cuyos postes de esquina están configurados agentes de conexión de acuerdo con la invención, así como a un aerogenerador con tal jacket.

A continuación, se explica la invención con más detalle mediante ejemplos de realización que se representan esquemáticamente en las figuras. Muestra:

- la Figura 1 una vista en sección de un primer ejemplo de realización de una cimentación por pilotes de acuerdo con la invención con agentes de conexión discontinuos;
- 5 la Figura 2 una vista en sección de un segundo ejemplo de cimentación por pilotes de acuerdo con la invención con agentes de conexión continuos;
- la Figura 3 algunos ejemplos de agentes de conexión discontinuos; y
- la Figura 4 algunos ejemplos de agentes de conexión continuos.

La figura 1 muestra una cimentación por pilotes 1 para un aerogenerador marino.

- 10 La cimentación por pilotes 1 comprende un pilote hueco 2. En el pilote hueco 2 está dispuesto un extremo del lado de unión de un poste de esquina 3, estando delimitada la profundidad de penetración del poste de esquina 3 por un llamado tope de pilote 12.

El pilote hueco 2 se rellena con mortero 4 en toda su longitud representada, en particular también en la zona de superposición entre el pilote 2 y el poste de esquina 3, designada como zona de unión VB. La zona de unión VB se extiende desde el borde superior del pilote 2, sobre el que descansa el tope de pilote 12, toda la longitud de superposición del poste de esquina 3 hasta la punta inferior del poste de esquina 3. La zona del poste de esquina 3 insertada en el pilote hueco 2 también se designa como fijación de lechada 15. En esta zona de unión VB, están dispuestos varios agentes de conexión discontinuos 5, 6, 7, 8, 9, 10 en el perímetro del poste de esquina 13. Por ejemplo, una clavija de perno con 5 se fija al poste de esquina 3. Se muestran, además: una clavija de herradura 6, así como un anclaje angular 7, una clavija de bloque 8 y una clavija en T 9, estando provistos el anclaje angular 7, la clavija de bloque 8 y la clavija en T 9 adicionalmente de bucles de anclaje o ganchos de anclaje 10. Adicionalmente a estas clavijas de unión, están dispuestos adicionalmente nervios de cizallamiento 11 con forma anular en la superficie interior del pilote hueco 14, por medio de los cuales las fuerzas de cizallamiento se desvían hacia el pilote 2. A diferencia de lo mostrado en la figura 1, en la implementación práctica de la invención por regla general se preverá solo un tipo de clavijas. La figura 1 y en particular la figura 3 tienen el cometido de mostrar que hay una pluralidad de tipos de clavijas adecuadas.

Las clavijas de unión se utilizan desde hace mucho tiempo, por ejemplo, para la construcción de puentes de acero y hormigón. Una descripción de las correspondientes clavijas discontinuas y continuas con más referencias se describen, por ejemplo, en la tesis doctoral *"Zum Trag- und Verformungsverhalten von Verbundträgern aus ultrahochfestem Beton mit Verbundleisten"*, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad RWTH de Aquisgrán, de por la señora Sabine Heinemeyer.

La figura 2 muestra una cimentación por pilotes 20 alternativa para un aerogenerador marino.

- 35 La cimentación por pilotes 20 también se compone de un pilote hueco 22 en el que se adentra un poste de esquina 23, limitado de nuevo por un tope de pilote 32 que se apoya sobre el borde superior del pilote. Al igual que en el primer ejemplo de realización de la figura 1, también en este segundo ejemplo de realización el pilote hueco 22 se rellena con mortero 24 en toda su longitud representada, en particular también en el espacio entre el pilote 22 y el poste de esquina 23. La transferencia de cargas se efectúa esencialmente en la zona de unión VB, que se corresponde con la zona de superposición entre el poste de esquina 23 y el pilote hueco 22.

En el segundo ejemplo de realización mostrado en la figura 2, en lugar de los agentes de conexión discontinuos mostrados en la figura 1, se disponen ahora varios agentes de conexión continuos 25 en el perímetro del poste de esquina 33, por ejemplo, cuatro tiras de unión desplazadas en el perímetro en 90°. Además, como agentes de conexión adicionales están dispuestos nervios de cizallamiento 31 en la superficie interior de pilote hueco 34 orientada hacia el poste de esquina 23. Sin embargo, también sería concebible disponer uno o más agentes de conexión discontinuos y/o continuos en lugar o además de los nervios de cizallamiento 31 en la superficie interior del pilote hueco 34.

Los agentes de conexión continuos 25 fijados en el poste de esquina 23 están configurados como tiras cuyo eje longitudinal discurre en paralelo al eje longitudinal del poste de esquina 23. Un lado longitudinal de la tira de unión 25 está soldado al poste de esquina 23, el lado longitudinal libre opuesto al lado soldado presenta entalladuras 26 entre los dientes 27.

- 50 En el ejemplo de realización representado, las entalladuras 26 están configuradas con forma de clotoide. Sin embargo, también son concebibles formas de entalladura alternativas como, por ejemplo, entalladuras con forma de puzle, con forma de cola de milano o incluso con forma de gota. En la figura 4 se muestran otros ejemplos de tiras de unión adecuadas.

La figura 3 muestra algunos ejemplos no exhaustivos de agentes de conexión discontinuos, concretamente, de la parte superior izquierda a la parte inferior derecha:

1ª fila: clavijas de perno con cabeza;

5 2ª fila: en vista en perspectiva, clavija de bloque con bucle de anclaje, clavija en T con gancho de anclaje, clavija en C con bucle de anclaje, clavija de herradura con bucle de anclaje;

3ª fila: clavija de bloque con gancho de anclaje en vista superior y vista lateral, clavija de bloque con bucle de anclaje en vista superior y vista lateral, anclaje angular con gancho de anclaje en vista en perspectiva.

La figura 4 muestra algunos ejemplos no exhaustivos de agentes de conexión discontinuos, en concreto, de la parte superior izquierda a la parte inferior derecha:

10 1ª fila: tira Perfobond, tira de clavija combinada (tira Perfobond con otras entalladuras en los bordes);

2ª fila: tiras de dientes de sierra, tira de puzle;

3ª fila: una tira de Perfobond, una tira curvada de Perfobond, una unión en T, una tira de unión curvada, soldadas en cada caso a un soporte en T doble;

4ª fila: las ilustraciones muestran perfiles de ejemplo de entalladuras 26/dientes 27 de diferentes tiras de unión 25.

15

REIVINDICACIONES

1. Estructura compuesta (1, 20) para una cimentación por pilotes para anclar una estructura de torre en el suelo, en particular un aerogenerador, en particular un aerogenerador marino, con un pilote hueco (2, 22) que se inserta en el suelo en el lugar de instalación de la estructura de la torre, además con un poste de esquina (3, 23) que está unido o se puede unir con la estructura de la torre y que está dispuesto por el lado de unión dentro del pilote (2, 22), así como con una zona de unión (VB) en la que el pilote y el poste de esquina se unen firmemente entre sí mediante el relleno y el endurecimiento de una masa compuesta, estando dispuesto de manera fija en la zona de unión (VB) en el pilote (2, 22) y/o en el poste de esquina (3, 23) al menos un agente de conexión (5, 6, 7, 8, 9, 25) para transmitir fuerzas de cizallamiento, caracterizada por que el agente de conexión presenta al menos una entalladura (26) que puede llenarse con la masa compuesta (4) o forma esta entalladura (26) junto con el poste de esquina (3, 23) o el pilote (2, 22), encerrando la entalladura (26) la masa compuesta (4) de relleno en un rango angular de más de 90°.
2. Estructura compuesta según la reivindicación 1, caracterizada por que el agente de conexión (5, 6, 7, 8, 9, 25) presenta una extensión radial que es mayor que el espesor de pared del poste de esquina (3, 23) o del pilote (2, 22) que lleva el agente de conexión.
3. Estructura compuesta (1, 20) según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que el agente de conexión (5, 6, 7, 8, 9, 25) está soldado a la superficie perimetral (13) del poste de esquina orientada hacia el pilote y/o a la superficie interior de pilote (14) orientada hacia el poste de esquina.
4. Estructura compuesta (1, 20) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el agente de conexión está configurado como un agente de conexión continuo (25), en concreto, como una tira de unión.
5. Estructura compuesta (1, 20) según la reivindicación 4, caracterizada por que la tira de unión (25) se extiende esencialmente en la dirección del eje longitudinal del pilote (23) o del poste de esquina (22).
6. Estructura compuesta (1, 20) según la reivindicación 5, caracterizada por que la tira de unión es una tira clotoide con entalladuras (26) en forma de clotoide y/o una tira de puzle con entalladuras en forma de pieza de puzle.
7. Estructura compuesta (1, 20) según una de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizada por que la tira de unión (25) se extiende sobre una parte esencial de la zona de unión (VB).
8. Estructura compuesta (1, 20) según una de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizada por que están previstas varias tiras de conexión dispuestas a distancia entre sí perimetralmente en el perímetro del poste de esquina (33) y/o en la superficie interior (34) del pilote.
9. Estructura compuesta (1, 20) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que en la entalladura están dispuestos agentes de refuerzo (10).
10. Cimentación de una estructura de torre con una estructura compuesta (1, 20) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes.
11. Jacket para un aerogenerador, con al menos un poste de esquina, caracterizado por que al menos una estructura compuesta está configurada en el poste de esquina según una de las reivindicaciones 1-9.
12. Aerogenerador con un jacket según la reivindicación 11 y/o con una cimentación según la reivindicación 10.

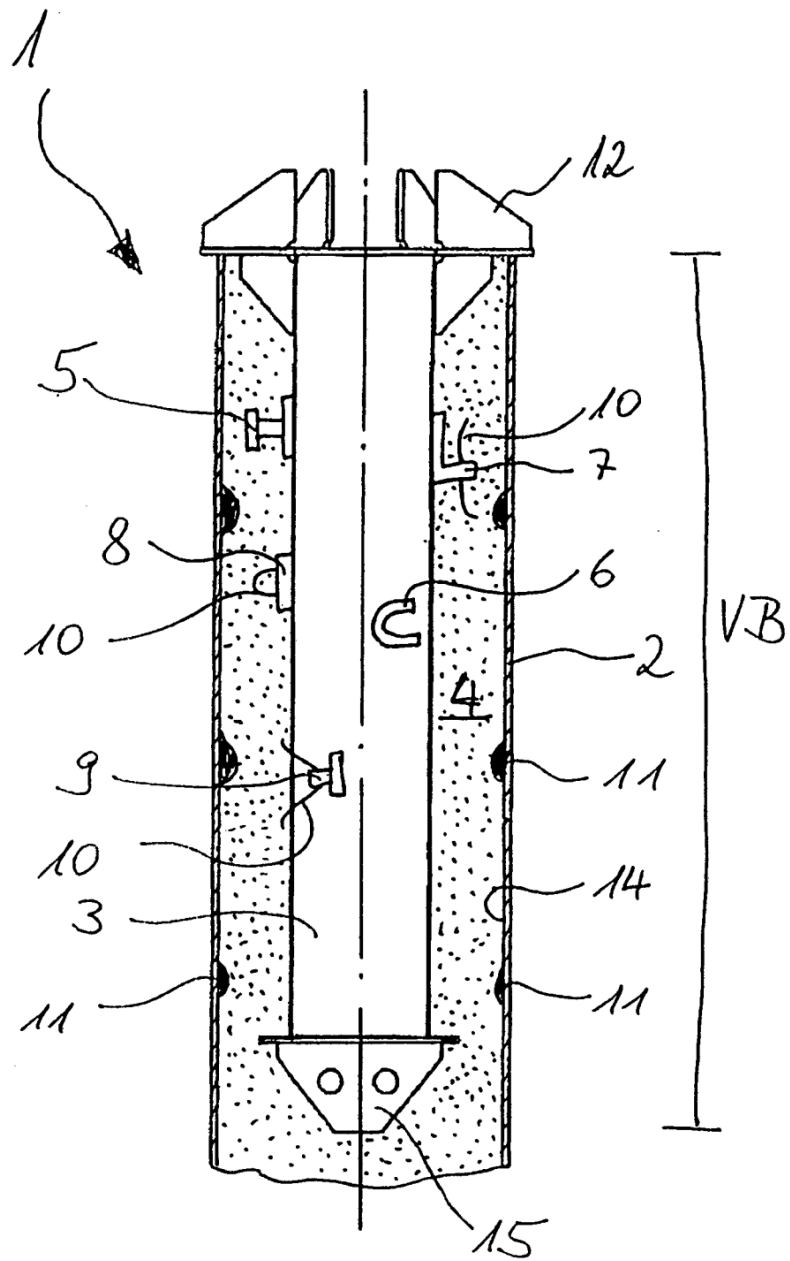


Fig. 1

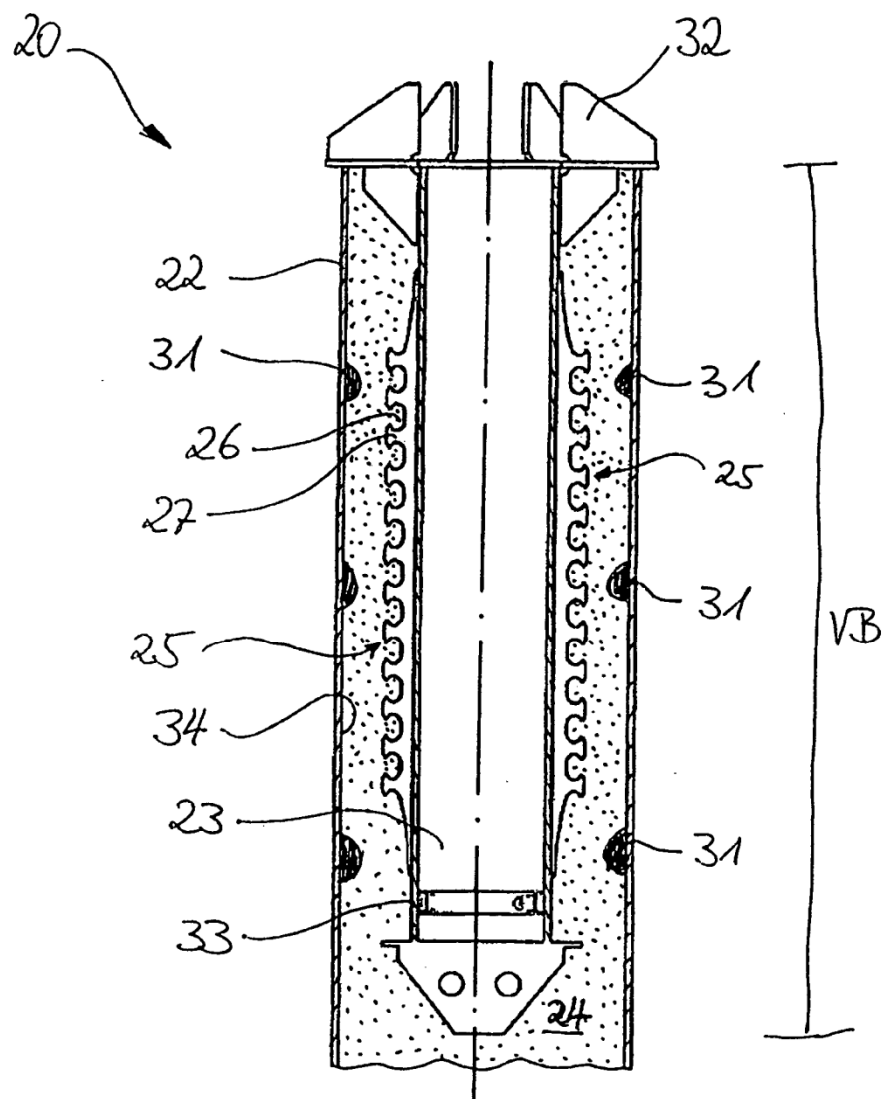


Fig. 2

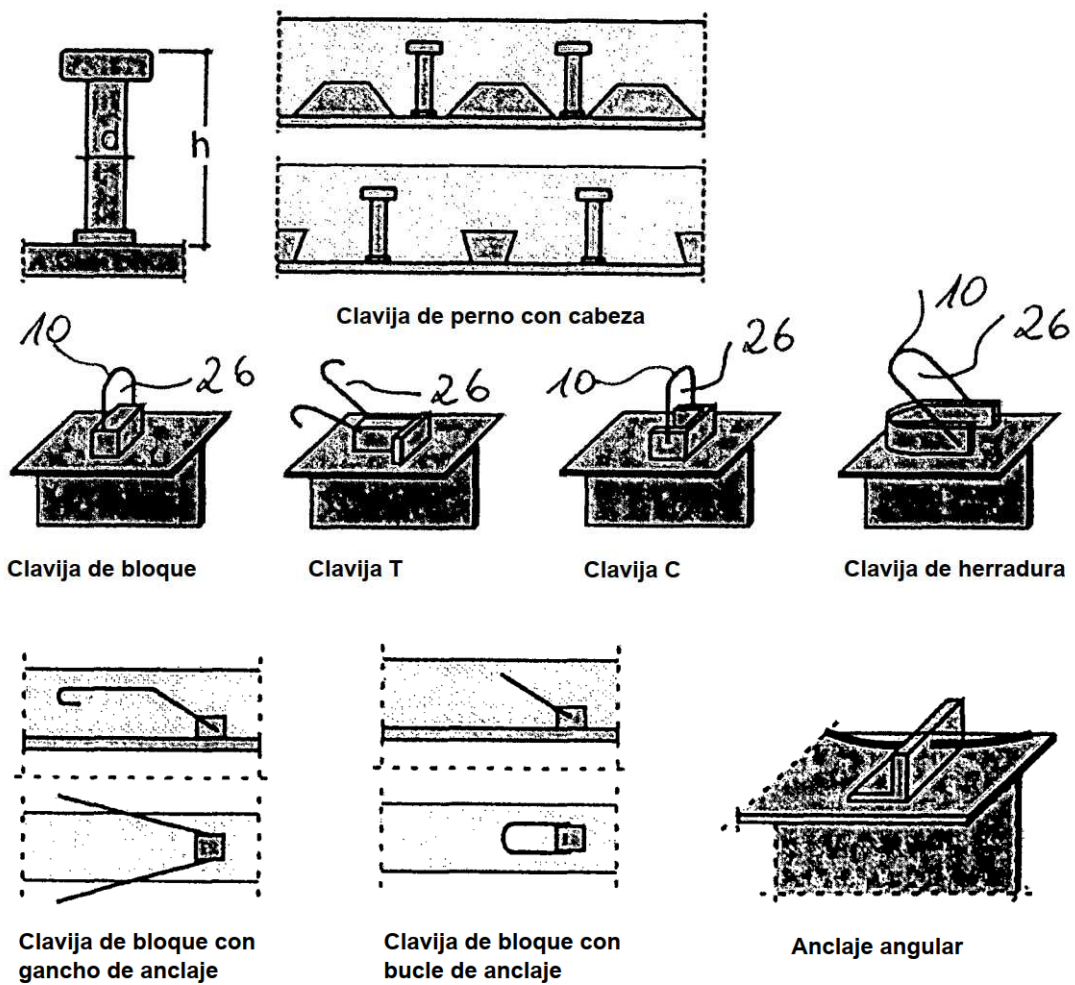


Fig. 3

Agentes de conexión discontinuos:

