

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 088**

51 Int. Cl.:

F03D 13/20	(2006.01)
E04H 12/16	(2006.01)
E04H 12/08	(2006.01)
B24B 7/22	(2006.01)
B24B 7/16	(2006.01)
B24B 27/00	(2006.01)
F03D 1/00	(2006.01)
E04H 12/12	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2011 PCT/EP2011/057088**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.12.2011 WO11157476**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2011 E 11719508 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2580408**

54 Título: **Torre con una pieza adaptadora así como método para fabricar una torre con una pieza adaptadora**

30 Prioridad:

26.08.2010 DE 102010039796
14.06.2010 DE 102010030047

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.11.2017

73 Titular/es:

**MAX BÖGL BAUUNTERNEHMUNG GMBH & CO.
KG (100.0%)
Max-Bögl-Strasse 1
92369 Sengenthal**

72 Inventor/es:

**BÖGL, STEFAN;
HIERL, MARTIN y
KNITL, JOSEF**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 643 088 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

Torre con una pieza adaptadora así como método para fabricar una torre con una pieza adaptadora

5 La presente invención se refiere a una torre, en particular a una torre para una instalación de energía eólica, con una sección inferior tubular de torre de hormigón y una sección superior tubular de torre de acero, así como a una pieza adaptadora para unir ambas secciones de torre. La invención se refiere además a un método para fabricar una torre.

10 Las torres para instalaciones de energía eólica, en particular en el caso de torres muy altas, se suelen construir como las llamadas torres híbridas, en las cuales una sección inferior de torre se compone de hormigón, y una sección superior de torre se compone de acero, colocada sobre la sección de torre de hormigón. A través de ese modo de construcción híbrido, también se pueden erigir torres con una altura del núcleo de rodete más grande, las cuales en un modo de construcción estrictamente de acero requerirían un grosor más elevado de la pared en la base, de forma comparativamente sencilla, ya que el diámetro de una torre tubular de acero
15 está limitado por motivos vinculados al transporte. La unión de la sección de torre de acero con la sección de torre de hormigón se considera especialmente importante, ya que se debe garantizar una introducción de fuerzas óptima hacia el hormigón y deben evitarse daños del hormigón por las cargas introducidas. En el estado de la técnica se han sugerido diferentes posibilidades para unir la sección de acero con la sección de hormigón.

20 En WO 2010/026098 A2 se describe un elemento adaptador para unir una torre de acero con una sección de torre de hormigón. El elemento adaptador está realizado de acero y puede contener una brida de collar o una brida de sujeción.

25 En EP 1 654 460 B1 se prevé colocar un área inferior de la sección de torre de acero directamente en la sección de torre de hormigón. El área del extremo colocada de la sección de torre de acero presenta para ello elementos de anclaje que se separan radialmente desde la pared de la sección de torre. A lo largo de la altura del área del extremo colocada se proporcionan varios elementos de anclaje, de manera que las fuerzas introducidas se distribuyen sobre toda el área de empotrado.

30 En DE 20 2006 009 554 U1 se proporciona un elemento adaptador especial de acero que está realizado esencialmente de forma anular y donde sobre la superficie de cubierta interna del elemento adaptador de acero se disponen a su vez elementos de anclaje que se extienden en dirección radial. De este modo debe posibilitarse una derivación directa de las fuerzas de tracción hacia el cuerpo de hormigón, sin una desviación.

35 En las uniones mencionadas de torre de acero con la torre de hormigón se considera desventajoso el hecho de que al fabricar la sección de torre de hormigón la torre de acero ya debe estar presente con su área del extremo realizada de forma especial o debe estar presente al menos el elemento adaptador realizado de forma especial, para poder colocar la sección de torre de hormigón.

40 En EP 2 009 202 A2 se describe un elemento adaptador realizado como la sección superior de una torre de hormigón y que se compone esencialmente de hormigón. En la sección superior se incorpora en el hormigón una pluralidad de tubos envolventes que sirven para alojar pernos de anclaje para unir la sección de torre de acero y la sección de torre de hormigón. Además, en el lado superior de la sección superior se incorpora en el hormigón una chapa de distribución de cargas y en el lado inferior se incorpora una placa de anclaje. La sección superior posibilita

un montaje, con independencia del tiempo, de la torre de acero en la torre de hormigón. Sin embargo, aún pueden producirse cargas demasiado elevadas de la sección superior.

5 El objeto de la presente invención consiste en proponer una torre con una pieza adaptadora, donde sea posible una fabricación simple y flexible de la torre, con una buena introducción de las fuerzas. Debe se propone un método correspondiente.

Dicho objeto se alcanzará con las características de la reivindicación 1 independiente.

10 Una torre, en particular para una instalación de energía eólica, presenta una sección inferior tubular de torre de hormigón y una sección superior tubular de torre de acero. Además, para la unión de las dos secciones de torre, la torre presenta una pieza adaptadora. Según la invención, la pieza adaptadora contiene un elemento de hormigón tubular y un elemento de
15 acero que contiene al menos una brida anular. La brida, de manera preferente, tapa por completo una superficie superior del elemento de hormigón, en la posición de montaje. La pieza adaptadora según la invención se compone de este modo de hormigón y de acero, donde el elemento de acero se moldea directamente con el elemento de hormigón, a través del vertido
20 del elemento de hormigón con el elemento de acero, de manera invertida. La brida anular del elemento de acero se encuentra rellena completamente y sin inclusiones de aire. En un método para fabricar una torre, para la fabricación de la pieza adaptadora se proporciona primero un elemento de acero con una brida anular, el cual se coloca de forma invertida en un encofrado anular. A continuación, se introduce hormigón en el encofrado. Gracias a ello puede
25 producirse el elemento de hormigón anular de la pieza adaptadora. El hormigón se aplica directamente sobre el lado inferior de la brida, de manera que en el elemento adaptador terminado la brida se encuentra rellena por completo, produciéndose una buena unión entre el elemento de hormigón y el elemento de acero.

30 Puesto que la pieza adaptadora según la invención contiene un elemento de hormigón y un elemento de acero, esta puede producirse de manera sencilla, independientemente de la sección de torre de acero, así como de la sección de torre de hormigón, donde justo a continuación se une con las dos secciones de torre, ya que la unión crítica entre el acero y el hormigón se realiza a través del moldeado directo del elemento de acero en el elemento de
35 hormigón. A través del moldeado por vertido del elemento de hormigón con el elemento de acero de manera invertida puede lograrse que la brida anular sea rellena completamente y esencialmente sin inclusiones de aire. Gracias a ello, directamente debajo de la brida, se logra una calidad del hormigón que ofrece hermeticidad, de manera que la superficie de contacto, altamente cargada, entre el acero y el hormigón, es en particular muy adecuada para la introducción de fuerzas y para la absorción de las fuerzas que son transmitidas a través de la
40 torre de acero. No es necesario usar mortero de sellado. La pieza adaptadora según la invención es adecuada tanto para torres en el modo de construcción prefabricado, así como para una fabricación en el lugar de la instalación. Además, a través de la brida del elemento de acero se simplifican la estructura y el montaje de la torre, ya que esta puede servir al mismo tiempo para la unión con la sección superior de torre, de acero, así como para alojar o fijar
45 elementos de sujeción, cumpliendo además otras funciones, tal como se describirá a continuación.

Según un perfeccionamiento ventajoso de la invención, la pieza adaptadora presenta un elemento de hormigón interno anular y un elemento de acero externo anular, el cual en su
45 extremo superior contiene la brida anular. A través del elemento de acero anular situado en el exterior puede mejorarse considerablemente el sellado entre la sección de hormigón y la sección de acero, y el área superior del elemento de hormigón, en particular con respecto a la humedad. Asimismo, los refuerzos y elementos de anclaje que se colocan en el elemento de hormigón quedan protegidos de la corrosión. Gracias a ello puede aumentarse además la capacidad de carga del elemento de hormigón.

Se considera especialmente ventajoso que el elemento de acero, en la fabricación de la pieza adaptadora, se utilice al menos parcialmente como encofrado para el elemento de hormigón interno. De este modo puede reducirse la inversión para fabricar un encofrado de este tipo, donde dependiendo de la realización puede simplificarse también el desencofrado.

5 La capacidad de carga de la pieza adaptadora se mejora aún más cuando la estructura del elemento de hormigón, en el extremo superior del elemento de hormigón, en la posición de montaje, presenta la densidad más elevada, ya que la introducción de fuerzas en este punto tiene lugar con una estructura particularmente densa, sin inclusiones de aire. Esto puede garantizarse igualmente a través de la fabricación según la invención del elemento adaptador,
10 la cual tiene lugar con una rotación en 180°.

Se considera especialmente ventajoso además que la pieza adaptadora según la invención, la cual se compone de acero y de hormigón, pueda ser fabricada independientemente de las secciones de torre. Si la pieza adaptadora se produce como pieza prefabricada, esta se encontrará disponible en el momento deseado y se puede unir con una de las secciones de
15 torre o con las dos secciones de torre en cualquier momento, independientemente del procedimiento de fabricación y del lugar de fabricación.

Según un perfeccionamiento especialmente ventajoso de la invención, el elemento de acero presenta una sección transversal esencialmente en forma de U, rodeando un área superior del elemento de hormigón. Junto con un buen sellado y una protección de los refuerzos, se puede
20 fabricar de este modo una pieza adaptadora que particularmente puede recibir cargas. El elemento de hormigón se encuentra rodeado por todas partes por el elemento de acero, de manera que puede alcanzarse un estado de sujeción triaxial en el elemento de hormigón.

Si el elemento de hormigón de la pieza adaptadora se hace de un hormigón de alto rendimiento, en particular de un hormigón de una calidad de C 50/60 o más, entonces será particularmente adecuado para la unión de las dos secciones de torre y para la absorción de
25 fuerzas desde la sección de torre de acero. En particular en combinación con un elemento de acero que rodea el elemento de hormigón en forma de U puede utilizarse ya una calidad del hormigón de C 50/60.

Se considera ventajoso además que la brida de la pieza adaptadora presente una pluralidad de perforaciones, preferentemente distribuidas sobre su circunferencia externa, a través de las cuales pueden conducirse medios de fijación, preferentemente pernos de anclaje, para fijar la
30 sección de torre de acero. Se considera ventajoso además que la brida presente una pluralidad de aberturas, preferentemente distribuidas sobre su circunferencia interna, a través de las cuales pueden conducirse elementos de sujeción para arriostrar la sección de torre de
35 hormigón y pueden fijarse en el lado superior de la brida. De este modo, la brida del elemento de acero no sólo sirve para proteger el elemento de hormigón junto con los refuerzos y para la introducción de fuerzas desde la torre de acero, sino que al mismo tiempo sirve también para fijar los elementos de sujeción y la torre de acero.

Preferentemente, en el elemento de hormigón se colocan unos tubos envolventes, a través de
40 los cuales se conducen los elementos de sujeción, de manera que puedan fijarse en la brida del elemento de acero. De este modo, la pieza adaptadora, junto con la unión de las dos secciones de torre, sirve al mismo tiempo para aplicar una pretensión en la sección de torre de hormigón y en el anclaje de los elementos de sujeción. Se considera especialmente ventajoso que la fijación de la sección de torre de acero tenga lugar independientemente del anclaje de
45 los elementos de sujeción, de manera que el montaje o el desmontaje de los elementos individuales sea posible independientemente uno del otro.

Además, se considera especialmente ventajoso que en el elemento de hormigón de la pieza adaptadora se cimente una pluralidad de pernos de anclaje orientados preferentemente de forma perpendicular en la posición de montaje, en los cuales puede fijarse la sección de torre de acero. La introducción de fuerzas desde la torre de acero hacia el elemento adaptador puede producirse así de manera favorable. Gracias a ello se posibilita de forma sencilla la fijación de la sección de torre de acero. La sección de torre de acero puede fijarse directamente en los pernos de anclaje cementados o puede fijarse en estos a través de otros medios de fijación.

Se considera ventajoso además que los pernos de anclaje se extiendan a través de la brida del elemento de acero más allá del lado superior de la brida. Para el montaje de la sección de torre de acero, esta solamente debe estar situada sobre la brida con sus perforaciones correspondientes, donde por ejemplo puede fijarse con tuercas. A través de la fijación de la sección de torre de acero mediante los pernos de anclaje, de manera ventajosa, puede aplicarse al mismo tiempo una pretensión sobre el elemento de hormigón de la pieza adaptadora, de manera que se mejora aún más la capacidad de carga de la pieza adaptadora. Para posibilitar el arriostamiento posterior, los pernos de anclaje están provistos de una capa separadora o pueden incorporarse en el hormigón en un tubo envolvente.

Según un perfeccionamiento especialmente ventajoso de la invención, los elementos de sujeción pueden fijarse directamente en la brida del elemento de acero, sin placas de anclaje. A través de la unión particularmente buena de la brida de acero con respecto al elemento de hormigón, la brida de acero puede asumir directamente la función de la distribución de la carga, de manera que no se requieren elementos adicionales de ningún tipo. Gracias a ello se simplifica aún más el montaje.

En una realización ventajosa de la invención se prevé que al menos una superficie inferior de la pieza adaptadora, después del endurecimiento del hormigón, se sobrefrese o se rectifique, preferentemente de forma paralela con respecto a la superficie superior de la brida, en la posición de montaje. El paralelismo de la superficie de contacto inferior de la pieza adaptadora con respecto a la superficie superior de la brida puede garantizarse así de manera sencilla. Puede preverse igualmente un retoque de la superficie superior de la brida de acero, antes o después del cementado, para alcanzar un paralelismo y una planeidad lo más elevados posibles.

En el caso de una torre con una pieza adaptadora de este tipo se considera ventajoso además que la sección inferior de torre se realice a partir de piezas prefabricadas de hormigón anulares o también en forma de segmentos anulares. Gracias a ello, la fabricación de la torre es particularmente sencilla y flexible, ya que las piezas prefabricadas de hormigón pueden ser prefabricadas por completo y ser ensambladas justo en el lugar de montaje.

Preferentemente, las piezas prefabricadas de hormigón son arriostradas una contra otra en seco, de manera que se simplifica además el montaje de la sección de torre de hormigón. Gracias a la realización de alta calidad de las superficies de contacto no se requiere un sellado de las juntas.

No obstante, para hermetizar una junta de contacto horizontal entre las piezas prefabricadas de hormigón puede proporcionarse un perfil de sellado. Para ello, las piezas prefabricadas de hormigón pueden presentar una ranura para el perfil de sellado. De manera adicional, se puede obtener un sellado mediante una resina epoxi.

Se considera especialmente ventajoso que las piezas prefabricadas de hormigón estén arriostradas mediante elementos de sujeción que se extiendan en el interior de la torre. Al menos dos elementos de sujeción se extienden entre una sección base de la torre y la pieza

adaptadora superior. Del mismo modo, otros elementos de sujeción pueden arriostrarse entre la base de la torre y la pieza adaptadora superior, o también solamente hasta alturas parciales de la torre. A modo de ejemplo, cada segundo elemento de sujeción puede extenderse hasta la pieza adaptadora, mientras que la otra mitad de los elementos de sujeción se ancla a la mitad de la altura o a otra altura parcial.

5

Para posibilitar también en la sección de torre de hormigón un paralelismo de las superficies de contacto horizontales de las piezas prefabricadas de hormigón y, con ello, un montaje sencillo en el lugar, respectivamente al menos una de las dos superficies de contacto horizontales son mecanizadas eliminando material, por ejemplo siendo fresadas en exceso o alisadas en exceso. En el caso de un montaje en el lugar, las piezas prefabricadas de hormigón horizontales tan sólo son colocadas unas sobre otras, donde no se requieren otros trabajos de ajuste o tareas de nivelación. Para mecanizar las superficies de contacto horizontales se considera especialmente ventajoso que las dos superficies de contacto horizontales sean mecanizadas en una operación de ajuste. En ese caso, las piezas prefabricadas de hormigón anulares o en forma de segmentos anulares son rotadas alrededor de su propio eje durante el mecanizado. Eventualmente, antes del mecanizado de las superficies de contacto puede aplicarse sobre las superficies de contacto también una capa de nivelación, por ejemplo una resina epoxi, para compensar irregularidades.

10

15

Si las piezas prefabricadas anulares de hormigón se componen de dos o más segmentos anulares, entonces se considera ventajoso además que también se realicen en seco unas juntas de contacto verticales entre las superficies de contacto de las piezas prefabricadas de hormigón en forma de segmentos anulares. Los segmentos anulares se arriostran en dirección horizontal, preferentemente mediante elementos de sujeción dispuestos de forma diagonal, por ejemplo mediante tornillos. Sin embargo, la junta puede realizarse también sin atornilladuras, donde la junta vertical se mantiene unida exclusivamente a través del arriostramiento vertical de la sección de torre de hormigón. Los segmentos anulares de un anillo, en el caso de anillos consecutivos, se disponen rotados respectivamente unos con respecto a otros.

20

25

Según otro perfeccionamiento ventajoso de la invención, las piezas prefabricadas de hormigón, en sus superficies de contacto, presentan al menos una escotadura, preferentemente al menos una perforación. En esta puede colocarse un elemento para asegurar la posición y/o contra la torsión, por ejemplo un pasador de plástico. Preferentemente, se distribuyen varias perforaciones de modo uniforme sobre la circunferencia.

30

Se explicarán otras ventajas de la invención mediante los ejemplos de realización que se representan a continuación. En los dibujos muestran:

la Figura 1, una representación general de una torre según la invención, con una sección de hormigón, una sección de acero, así como con una pieza adaptadora;
la Figura 2, una representación en perspectiva de una pieza adaptadora según la invención;
la Figura 3, una representación en sección de una pieza adaptadora según la invención;
la Figura 4, una representación de una pieza prefabricada de hormigón para una torre según la invención; así como
la Figura 5, una representación en sección de una pieza adaptadora según la invención, con una fijación alternativa de la sección de torre de acero.

35

40

La Figura 1 muestra una torre 1, por ejemplo para una instalación de energía eólica, en una representación general en perspectiva. La torre 1 está realizada como torre híbrida, en donde se proporcionan una sección 2 de torre, de hormigón, inferior tubular y una sección 3 de torre, de acero, superior tubular. Además, la torre 1 presenta una sección base 4, así como una bancada. En la sección 3 de torre de acero se disponen de forma conocida un rotor y un soporte de la turbina, los cuales no están representados.

La sección 2 de torre se estructura en base a unas piezas prefabricadas de hormigón 5 anulares, las cuales en este caso se componen a su vez de dos segmentos anulares 6, tal como puede observarse en la Figura 4. Gracias a ello, de manera favorable, en el modo de construcción de piezas prefabricadas, pueden fabricarse también torres de gran tamaño que presenten un diámetro muy grande en el área de la base, ya que las piezas prefabricadas individuales pueden ser transportadas sin problemas. La sección 3 de torre puede estar prefabricada de acero, de una pieza, y ser llevada al lugar de montaje, o también puede estar compuesta por varias piezas que son ensambladas en el lugar de montaje, o también previamente, en un lugar de fabricación. Para posibilitar una unión simple y flexible de la sección 2 de torre de hormigón y de la sección 3 de torre de acero, se proporciona una pieza adaptadora 7.

La pieza adaptadora 7 según la invención (Figura 2) se compone de un elemento de hormigón anular 8 y de un elemento de acero 9, el cual en este caso está realizado en forma de brida anular 9a. La brida 9a, tal como puede observarse en este caso, tapa completamente la superficie superior del elemento de hormigón 8 en la posición de montaje, de manera que se encuentra protegido de la invasión de humedad. La brida 9a representa así un sellado entre la sección 2 de torre de hormigón y la sección 3 de torre de acero. En este caso, el elemento de acero 9, presenta una pluralidad de perforaciones 10 distribuidas en su circunferencia, a través de las cuales pueden conducirse pernos 11 (véase la Figura 3), para fijar allí la sección 3 de torre de acero. Además, el elemento de acero 9, en la circunferencia interna de la brida 9a, presenta aberturas 12, a través de las cuales, durante el montaje de la torre 1, pueden conducirse elementos de sujeción 13 (véase la Figura 3) y pueden fijarse en la brida 9a.

La pieza adaptadora 7 según la invención se fabrica colocando el elemento de acero 9 de forma invertida, es decir con el lado superior posterior 14 hacia atrás, en un encofrado anular (no representado aquí). A continuación se vierte hormigón directamente sobre el lado inferior posterior de la brida 9a. Rotado 180° para la posición de montaje posterior, en el área de la cabeza situada posteriormente arriba, del elemento de hormigón 8, a través de la fabricación de la pieza adaptadora 7, el elemento de hormigón 8 puede fabricarse con una calidad particularmente elevada. De este modo, el elemento de hormigón 8 presenta en su área superior una estructura de hormigón muy densa, con pocas inclusiones de aire. A través de la incorporación directa en el hormigón, en el lado inferior posterior de la brida 9a, la brida 9a puede ser rellenada por completo, de manera que la superficie de contacto altamente cargada se encuentra fabricada con una calidad elevada y esencialmente sin inclusiones de aire. De manera ventajosa, el elemento de acero 9 puede formar directamente una parte del encofrado (no representado), donde en este caso la brida 9a forma un lado inferior del encofrado. La pieza adaptadora 7 puede permanecer invertida después del desencofrado, hasta el endurecimiento definitivo del elemento de hormigón 8, de manera que el área superior altamente cargada de la pieza adaptadora puede fabricarse con una buena calidad. Después del desencofrado y del endurecimiento de la pieza adaptadora 7 se mecaniza la superficie inferior 15 de la pieza adaptadora 7, y eventualmente el lado superior 14 de la brida 9a, con eliminación de material, para garantizar el paralelismo. Gracias a ello ya no se requieren trabajos de ajuste de ningún tipo en el montaje posterior.

La pieza adaptadora 7, a través de la realización según la invención, puede fabricarse como pieza prefabricada, de manera favorable, con un elemento de hormigón 8 y con un elemento de acero 9, de manera que pueda fabricarse independientemente de la producción de las secciones 2 y 3 de torre de hormigón y de acero. De este modo, mediante la pieza adaptadora 7 según la invención es posible fabricar una torre 1 completamente en el modo de construcción como pieza prefabricada, o también de forma completa o parcial en el lugar de montaje. Se considera especialmente ventajoso que la fabricación de las secciones de la torre 2 y 3, así como la pieza adaptadora 7, pueda tener lugar de forma completamente independiente, en cuanto al aspecto temporal. Gracias a ello se incrementa la flexibilidad de la pieza adaptadora

7 y las posibilidades del montaje. De este modo, la pieza adaptadora 7 es adecuada también para instalaciones marinas. En el caso de una realización de la pieza adaptadora como pieza prefabricada, para posibilitar un transporte por carretera, se consideran ventajosos una altura máxima de la pieza adaptadora de 3,80 m y un diámetro externo de 3 -8 m. Si no es necesario un transporte por carretera, entonces la pieza adaptadora 7 puede fabricarse con cualquier dimensión deseada.

La Figura 3 muestra otra realización de la pieza adaptadora 7 según la invención, en una representación en sección. A diferencia de la representación de la Figura 2, la pieza adaptadora 7 contiene un elemento de hormigón 8 interno anular y un elemento de acero 9 externo anular, el cual, en su extremo superior en la posición de montaje, presenta una brida 9a anular que señala hacia el interior. Tal como se representa en este caso, se considera especialmente ventajoso que el elemento de acero 9, en la sección transversal, esté diseñado esencialmente en forma de U, de manera que rodee el área superior del elemento de hormigón 8. Gracias a ello puede producirse una unión particularmente buena entre el elemento de hormigón 8 y el elemento de acero 9, y puede alcanzarse una capacidad de carga particularmente buena del elemento de hormigón 8.

Como puede observarse además en la Figura 3, en el elemento de hormigón 8 de la pieza adaptadora 7 se aplica una pluralidad de pernos de anclaje 11 orientados en este caso de forma vertical. En este caso, los pernos de anclaje 11 son guiados a través de perforaciones 10 correspondientes de la brida 9a, sobrepasando el lado superior 14 de la pieza adaptadora. En el montaje posterior de la torre 1, de este modo, tan solo hay que guiar, sobre los pernos de anclaje, la sección 3 de torre de acero que, en su área base, presenta una brida de fijación 16 con una pluralidad de perforaciones de fijación 17 distribuidas sobre la circunferencia, de manera que esta pueda fijarse. Los pernos de anclaje 11 pueden estar provistos de un medio separador, de manera que estos no se unan directamente al elemento de hormigón 8 y puedan desmontarse de nuevo. De este modo es posible un desmontaje posterior de la torre 1 o un cambio de los pernos de anclaje 11 durante un trabajo de mantenimiento. Del mismo modo, los pernos de anclaje 11 también pueden cementarse en un tubo envolvente, para posibilitar un desmontaje y un cambio.

Tal como puede observarse además en la Figura 3, la brida 9a de la pieza adaptadora 7 presenta una pluralidad de aberturas 12 para fijar elementos de sujeción 13. En el elemento de hormigón 8 de la pieza adaptadora 7 se colocan además unos tubos envolventes 19 para permitir un arriostamiento posterior favorable de las piezas prefabricadas de hormigón 6. Para ello, los elementos de sujeción 13 son conducidos a través de los tubos envolventes 19 en el elemento de hormigón 8 y las aberturas 12 en la brida 9a, fijándose en el lado superior 14 de la brida 9a. En este caso, los elementos de sujeción 13 se fijan directamente en la brida 9a, sin placa de anclaje. Solamente en el caso de un desarrollo oblicuo de los elementos de sujeción 13, tal como se muestra aquí, se coloca por debajo una placa en cuña 20. A través de la realización de la brida 9a según la invención, la cual se une de forma particularmente apropiada con el elemento de hormigón 8, esta puede asumir al mismo tiempo la función de placa de distribución de cargas.

El elemento adaptador 7, en su extremo inferior, en la posición de montaje, presenta una abertura 21, de manera que los elementos de sujeción sólo son conducidos en el área de la pieza adaptadora 7 dentro de la pared de la torre 1, extendiéndose por lo demás en el interior de la torre, por fuera de la pared, hasta la sección base 4 de la torre 1, donde igualmente se anclan. Sin embargo, para el guiado de los elementos de sujeción 13 puede preverse también fijarlos a distancias determinadas a lo largo de la altura de la torre, mediante elementos de fijación o elementos guía adecuados, o al menos guiarlos. Naturalmente, en lugar del arriostamiento mostrado aquí mediante elementos de sujeción externos 13, la pretensión en la

sección 2 de torre de hormigón puede aplicarse también mediante elementos de sujeción 13 que se sitúan en la sección transversal del hormigón.

Las piezas prefabricadas de hormigón 5 de la sección 2 de torre de hormigón, durante el montaje de la sección 2 de torre se colocan secas unas sobre otras y son arriostradas unas
 5 contra otras. Las piezas prefabricadas de hormigón 5 (véase la Figura 4), las cuales en este caso se componen respectivamente de dos segmentos anulares 6, presentan respectivamente una superficie de contacto 21 horizontal superior e inferior 21. Al menos una de las superficies de contacto 21 de las piezas prefabricadas de hormigón 5 es mecanizada con eliminación de material, es decir, que es rectificada. Gracias a ello es posible producir una superficie de
 10 contacto 21 plana que posibilita la estructuración sencilla de la sección de la torre 2 sin trabajos de ajuste costosos. Además, a través del trabajo de retoque de las superficies de contacto 21 se obtiene una superficie de contacto 21 plana y lisa, de manera que las piezas prefabricadas de hormigón 5 pueden ser arriostradas en seco. Se simplifica de este modo el montaje y se permite el desmontaje en cualquier momento.

15 Si las piezas prefabricadas de hormigón 5 anulares se componen de dos o más segmentos anulares 6, tal como se muestra en este caso, entonces en cada anillo 5 de la torre 1 se encuentran presentes unas juntas de contacto 23 verticales. Preferentemente, estas se realizan también en seco. Para fijar los segmentos anulares 6 individuales uno contra otro, en el área de las juntas de contacto 23 verticales pueden proporcionarse atornilladuras dispuestas de forma
 20 diagonal (no representado). Sin embargo, solo puede obtenerse una fijación de los segmentos anulares 6 uno con respecto a otro a través de la fuerza de pretensión de los elementos de sujeción 13, así como a través de un desplazamiento de los segmentos anulares 6 individuales en cada anillo 5. En este caso, las juntas de contacto 23 verticales del siguiente anillo 5 se sitúan respectivamente desplazadas en 90° (véase la Figura 1).

25 Tal como se muestra además en la Figura 4, las piezas prefabricadas de hormigón 5, 6; en sus superficies de contacto 21, pueden presentar una o varias escotaduras 24, en este caso perforaciones. En ellas puede introducirse un pasador, por ejemplo de plástico (no representado), que se engancha en la pieza prefabricada de hormigón 5, 6 situada encima, de manera que se impide un desplazamiento horizontal de las piezas prefabricadas de hormigón
 30 5, 6 o una torsión. En lugar de un pasador de plástico puede utilizarse también otro elemento de los más variados materiales para asegurar la posición o para evitar una torsión. Puede lograrse una fijación particularmente buena de las piezas prefabricadas de hormigón 5, 6 individuales unas con respecto a otras, tal como se muestra en este caso, disponiendo varios pasadores, así como varias escotaduras 24, distribuidos sobre la circunferencia de la pieza prefabricada de hormigón 5, 6.
 35

La Figura 5 muestra una forma de realización alternativa de una pieza adaptadora 7 para unir una sección 2 de torre de hormigón con una sección 3 de torre de acero, en una representación en sección esquemática. A diferencia de la representación de la Figura 3, los pernos de anclaje 11 realizados en el elemento de hormigón 8 de la pieza adaptadora 7 no se extienden más allá
 40 del lado superior 14 de la pieza adaptadora, sino que terminan casi por debajo del lado superior 14. Además, en el lado superior 14 de la pieza adaptadora 7, así como del elemento de hormigón 8, se embute un manguito roscado 25 que se atornilla con el perno de anclaje 11 cementado. En este caso, el manguito roscado 25 se representa igualmente en sección. La brida 9a del elemento de acero 9 presenta igualmente una cantidad correspondiente de perforaciones 10, a través de las cuales pueden conducirse otros medios de fijación 26 para la fijación de la sección 3 de torre de acero. En este caso, la fijación de la sección 3 de torre de
 45 acero tiene lugar mediante varios pernos roscados que pueden ser guiados a través de la brida de fijación 16 de la sección 3 de torre de acero, así como de la brida 9a, donde a continuación se atornillan en el manguito 25 embutido. De este modo, la pieza adaptadora 7 puede ser producida y transportada de manera especialmente favorable, ya que no se encuentran
 50

presentes partes sobresalientes de ningún tipo. También en esta realización es posible un desmontaje sencillo de la sección 3 de torre de acero. Para posibilitar un cambio de los pernos de anclaje 11 cementados, estos pueden estar provistos igualmente de un medio separador o pueden estar cementados en un tubo envolvente. Además, de este modo, de manera ventajosa, los pernos de anclaje 11 pueden usarse al mismo tiempo para aplicar una pretensión sobre la pieza adaptadora 7. Se incorpora una placa de anclaje inferior y eventualmente una tuerca de fijación de forma fija en el elemento de hormigón 8.

5 Además, en la Figura 5, la brida de fijación 16 de la sección 3 de torre de acero tiene un diámetro ligeramente inferior que la pieza adaptadora 7, de manera que esta se dispone desplazada hacia el interior, sobre la pieza adaptadora 7. Gracias a ello se puede conseguir una carga favorable del elemento de hormigón 8 y una absorción mejorada de los esfuerzos de compresión.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Torre (1), en particular para una instalación de energía eólica, con una sección (2) de torre inferior tubular de hormigón y con una sección (3) de torre superior tubular de acero, así como con una pieza adaptadora (7) para unir las dos secciones (2, 3) de torre, donde la pieza adaptadora (7) realizada como pieza prefabricada se compone de un elemento de hormigón tubular (8) y de un elemento de acero (9), donde el elemento de acero (9) contiene al menos una brida anular (9a) que preferentemente cubre por completo una superficie superior del elemento de hormigón (8) en la posición de montaje, caracterizada por que el elemento de acero (9) está moldeado directamente con el elemento de hormigón (8), donde el hormigón del elemento de hormigón (9) se vierte directamente de forma invertida sobre un lado inferior de la brida anular (9a) a través del vertido del elemento de hormigón con el elemento de acero, de manera que la brida anular (9a) está rellena completamente y esencialmente sin inclusiones de aire.
- 15 2. Torre según la reivindicación anterior, caracterizada por que la pieza adaptadora (7) contiene un elemento de hormigón anular interno (8) y un elemento de acero anular externo (9) que en su extremo superior, en la posición de montaje, presenta una brida anular (9a) orientada hacia el interior, que cubre la superficie superior del elemento de hormigón (8) en la posición de montaje.
- 20 3. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que una estructura del elemento de hormigón (8) en el extremo superior del elemento de hormigón (8), en la posición de montaje, presenta la densidad más elevada.
- 25 4. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la brida (9a) presenta una pluralidad de perforaciones (10), preferentemente distribuidas sobre su circunferencia externa, a través de las cuales pueden conducirse medios de fijación, preferentemente pernos de anclaje (11), para fijar la sección de la torre (3) de acero.
- 30 5. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la brida (9a), presenta una pluralidad de aberturas (12), preferentemente distribuidas sobre su circunferencia interna, a través de las cuales pueden conducirse elementos de sujeción (13) para arriostrar la sección de la torre (2) de hormigón y pueden fijarse en el lado superior (14) de la brida (9a), preferentemente sin placas de anclaje, directamente en la brida (9a) del elemento de acero (9).
6. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el elemento de acero (9) presenta una sección transversal esencialmente en forma de U, rodeando un área superior del elemento de hormigón (8) en la posición de montaje.
- 35 7. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que en el elemento de hormigón (8) de la pieza adaptadora (7) se cementa una pluralidad de pernos de anclaje (11) orientados preferentemente de forma perpendicular en la posición de montaje, en los cuales puede fijarse la sección de la torre (3) de acero, donde los pernos de anclaje (11) se extienden a través de la brida (9a) del elemento de acero (9), más allá del lado superior (14) de la brida (9a).
- 40 8. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que al menos una superficie inferior (15) de la pieza adaptadora (7) en la posición de montaje, se sobrefresa o se rectifica.

9. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el elemento de hormigón (8) de la pieza adaptadora (7) se compone de un hormigón de alto rendimiento, en particular de un hormigón con una calidad de C 50/60 o con una calidad más elevada.
- 5 10. Torre (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la sección (2) de torre inferior está realizada de piezas prefabricadas de hormigón (5) anulares que están arriostradas unas contra otras en seco.
- 10 11. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la sección inferior de la torre (2) está realizada de piezas prefabricadas de hormigón (5) anulares que están arriostradas mediante elementos de sujeción (13) externos que se extienden en el interior de la torre (1), donde al menos dos elementos de sujeción (13) se extienden entre una sección base (4) de la torre (1) y la pieza adaptadora (7).
- 15 12. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que las piezas prefabricadas de hormigón (5) anulares se sellan con una junta de contacto (22) horizontal mediante un perfil de sellado, donde las piezas prefabricadas de hormigón (5) presentan una ranura para el perfil de sellado.
- 20 13. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que las piezas prefabricadas de hormigón (5) anulares se componen de dos o más segmentos anulares (6), donde se realiza una junta contacto (23) vertical en seco entre las superficies de contacto de los elementos anulares (6).
- 25 14. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los elementos anulares (6) están arriostrados en dirección horizontal mediante elementos de sujeción dispuestos de forma diagonal, preferentemente tornillos.
- 30 15. Torre según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que las piezas prefabricadas de hormigón (5), en sus superficies de contacto, presentan al menos una escotadura (24), preferentemente al menos una perforación, en donde puede colocarse un elemento para asegurar la posición y/o contra la torsión, preferentemente un pasador de plástico.
- 35 16. Método para fabricar una torre (1), en particular para una instalación de energía eólica, en donde una sección (2) de torre inferior de hormigón y una sección (3) de torre superior de acero se unen con una pieza adaptadora (7) que se fabrica como pieza prefabricada independientemente de la fabricación de las secciones de la torre, donde para fabricar la pieza adaptadora (7) se proporciona un elemento de acero (9) que contiene al menos una brida anular (9a), caracterizado por que el elemento de acero (9) es colocado de forma invertida en un encofrado anular, y a continuación se vierte hormigón en el encofrado para producir un elemento de hormigón (8) anular de la pieza adaptadora (7), donde el hormigón se aplica directamente en la parte inferior posterior de la brida (9a).
- 40 17. Método según la reivindicación anterior, caracterizado por que el elemento de acero (9) se utiliza al menos parcialmente como encofrado para el elemento de hormigón (8) interno.
18. Método según una de los dos reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos una superficie inferior (15) de la pieza adaptadora (7), en la posición de montaje, después del endurecimiento del hormigón, es sobrefresada o rectificada, preferentemente de forma paralela con respecto a la superficie superior (14) de la brida (9a), en la posición de montaje.
19. Método según una de las reivindicaciones 16 - 18, caracterizado por que la sección inferior de la torre (2) está fabricada a partir de piezas prefabricadas de hormigón (5) anulares, donde

respectivamente al menos una de las superficies de contacto (21) horizontales de las piezas prefabricadas de hormigón (5) es mecanizada con eliminación de material, preferentemente es sobrefresada o rectificada, y por que las piezas prefabricadas de hormigón, durante el montaje de la torre (1), son arriostradas en seco una contra otra.

5

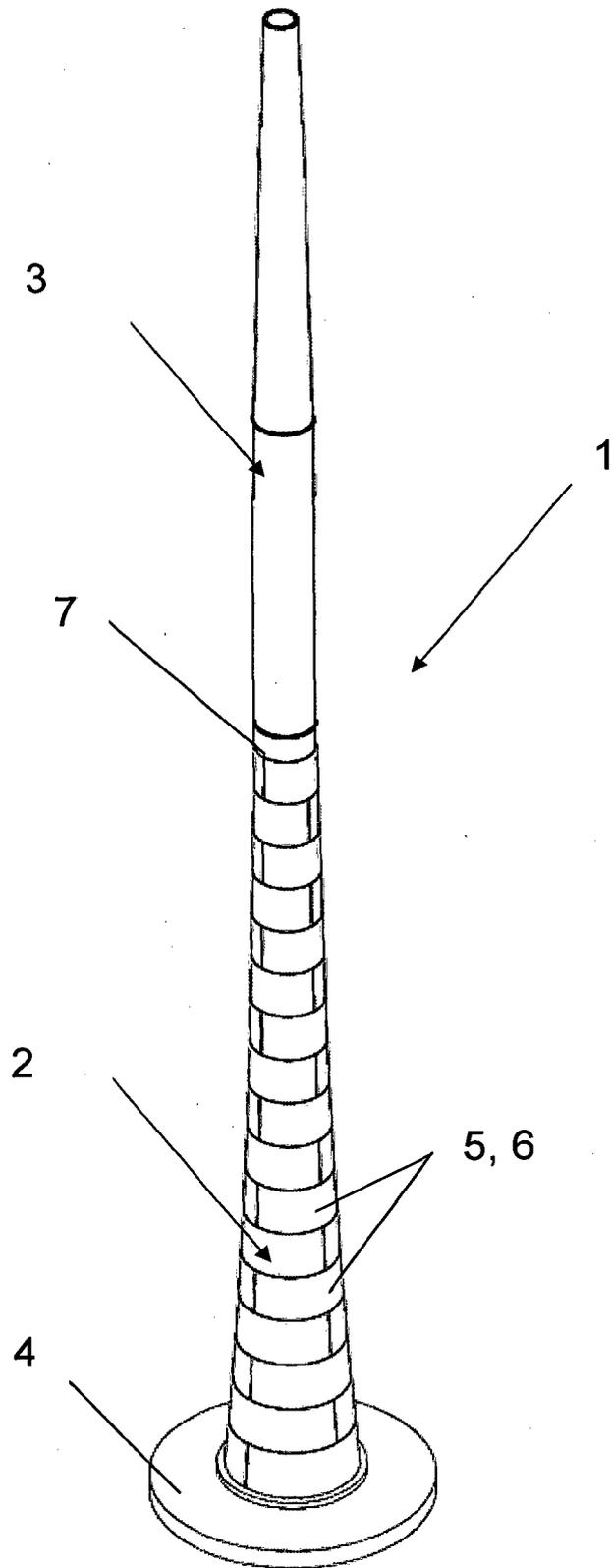


Fig. 1

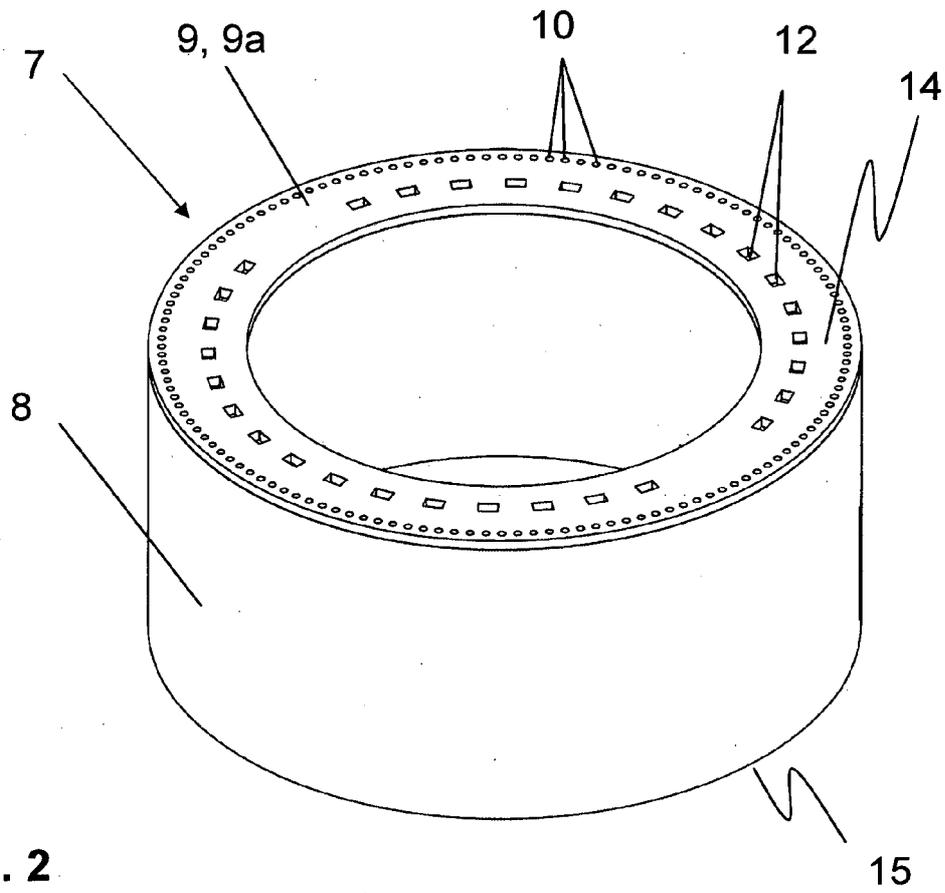


Fig. 2

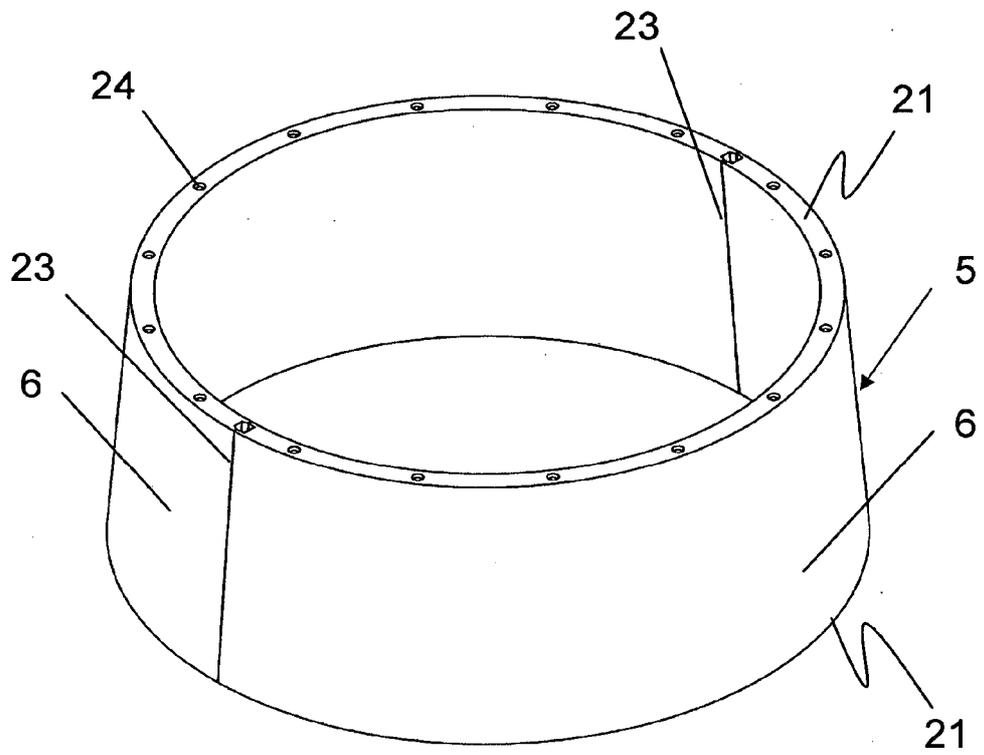


Fig. 4

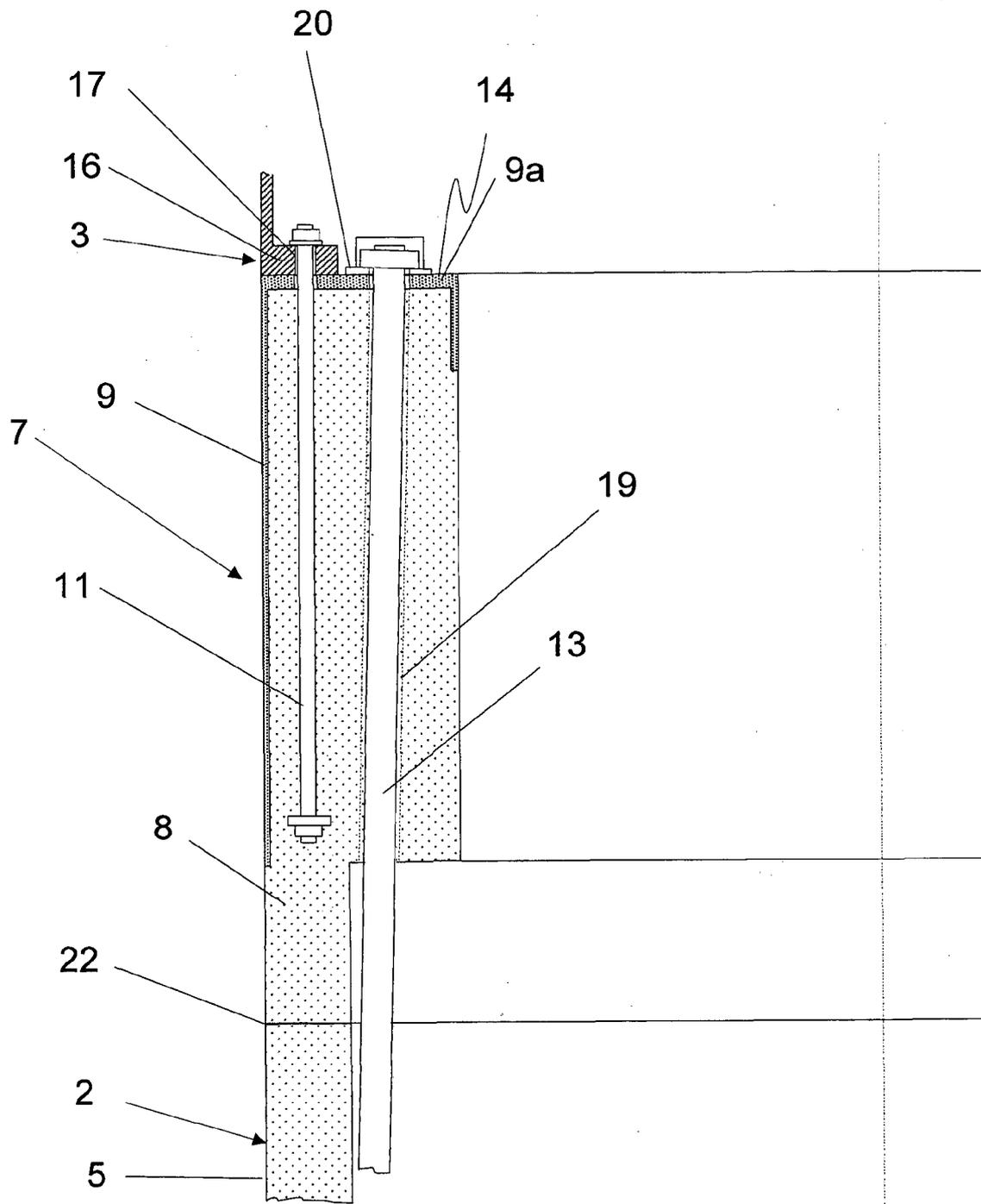


Fig. 3

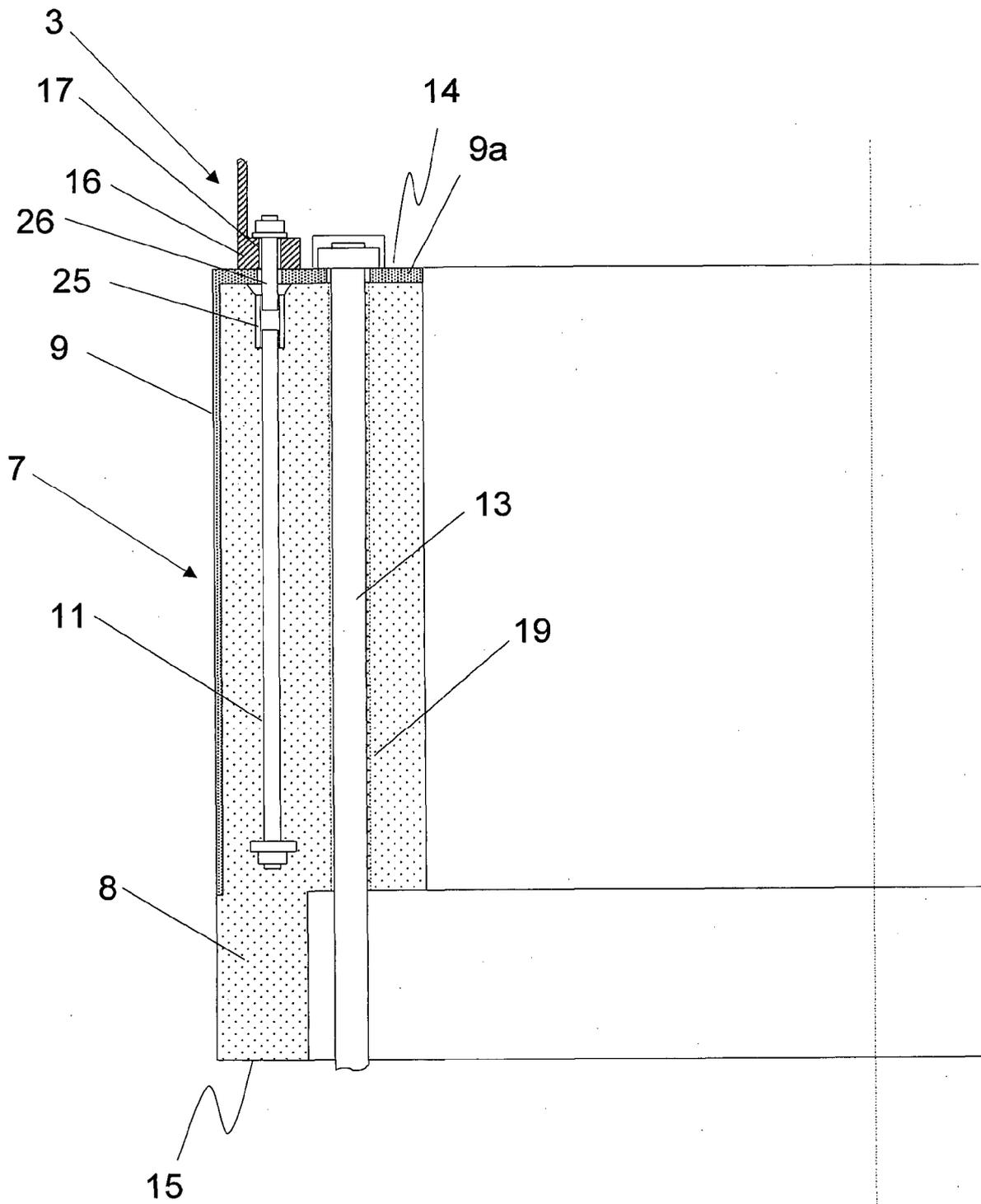


Fig. 5