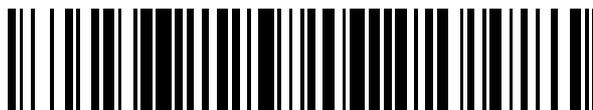


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 786 125**

51 Int. Cl.:

F03D 13/20 (2006.01)

E04H 12/10 (2006.01)

E02B 17/02 (2006.01)

E02B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.04.2013 PCT/EP2013/000980**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2013 WO13156110**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.04.2013 E 13716202 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.02.2020 EP 2839098**

54 Título: **Torre de celosía para aerogeneradores y procedimiento para la construcción de una torre de celosía de este tipo**

30 Prioridad:

16.04.2012 DE 102012007425

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

08.10.2020

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 2 786 125 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 de celosía para aerogeneradores y procedimiento para la construcción de una torre de celosía de este tipo

La invención se refiere a una torre de celosía para un aerogenerador de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. La invención se refiere además de ello a un procedimiento para la construcción de una torre de celosía de este tipo para un aerogenerador de acuerdo con las reivindicaciones secundarias 8 y 11, así como a una torre de celosía estructurada a partir de módulos prefabricados de acuerdo con la reivindicación 9.

Las torres de celosía para aerogeneradores son construcciones tridimensionales, las cuales consisten en barras de ángulo y tirantes que se extienden entre ellas. Las barras de ángulo se extienden en el estado construido de la torre con una determinada inclinación en dirección vertical, dado que las torres de celosía se estrechan por norma general desde el extremo inferior hasta el superior en el diámetro. Los tirantes pueden extenderse por una parte en las superficies laterales de la torre entre barras de ángulo directamente adyacentes, por otra parte para el aumento de la estabilidad y de la rigidez no obstante también transversalmente a través del interior de la torre de celosía hacia barras de ángulo opuestas diagonalmente. Las torres de celosía típicas presentan tres o más barras de ángulo, son particularmente habituales barras de celosía con cuatro barras de ángulo. La presente solicitud muestra por lo tanto como ejemplos de realización únicamente torres de celosía con cuatro barras de ángulo, sin que la invención se limite a ello.

Este tipo de torres de celosía se usan por ejemplo como estructura de base para las más diversas plataformas en alta mar. Este tipo de estructuras de celosía se conocen también ya como estructura de base para aerogeneradores que se estructuran sobre ellas. A este respecto estos aerogeneradores de alta mar pueden o bien apoyarse con una torre tubular sobre la estructura de base de celosía o estar configurados igualmente como torre de celosía. La presente invención se refiere tanto a torres de celosía como estructura de base, como también a torres de celosía, las cuales configuran la torre de un aerogenerador. La invención se refiere también a torres de celosía generales estructuradas a partir de varios segmentos de torre de celosía. La segmentación de torre en segmentos puede producirse por ejemplo por motivos de un mejor manejo o de una mejor capacidad de transporte, o para segmentar la totalidad de la torre en módulos que pueden ser producidos por separado. De acuerdo con la presente invención, cada uno de los segmentos de torre de celosía ha de entenderse como "torre de celosía" en el sentido de las reivindicaciones.

Las estructuras de torre de celosía tienen con respecto a otras construcciones, la ventaja de un esfuerzo de material comparativamente menor con una estabilidad muy ventajosa. Se logran propiedades de estabilidad particularmente ventajosas, en cuanto que tanto para las barras de ángulo, como también para los tirantes, se usan tubos. Los tubos se usan en particular en el ámbito de alta mar también debido a que tienen la resistencia al flujo más baja al actuar corrientes y olas. En la presente invención se trata de este tipo de torres de celosía compuestas de tubos.

Las torres de celosía requeridas para aerogeneradores alcanzan a día de hoy dimensiones enormes. Se requieren alturas de torre de celosía de 100 metros o con tendencia en aumento, incluso notablemente mayor, para llevar los aerogeneradores multimegavatio interesantes económicamente a la altura de buje deseada. Es problemático el montaje relativamente laborioso en lo que a tiempo y trabajo se refiere, de la torre de celosía, a partir de las barras de ángulo y los tirantes. Se requiere para la fabricación un espacio libre grande y la fabricación se produce en parte en posición yacente, en parte erguida, de los componentes de las torres de celosía. Es problemático en particular, que en dependencia de la estructura de la torre de celosía existen una pluralidad de superficies de unión, que tienen en parte conformaciones tridimensionales complejas. Preferentemente se unen las barras de ángulo y los tirantes actualmente mediante soldadura entre sí. Han de producirse una pluralidad de costuras de soldadura, en parte en posición invertida, pudiendo corresponderse estas costuras de soldadura con una forma tridimensional complicada, de manera que apenas es posible una soldadura automatizada.

Se conoce en el estado de la técnica por ejemplo del documento EP 2067914 A2, configurar los puntos de conexión denominados como nudos, entre las barras de ángulo y los tirantes, como nudos de colada. En esta publicación se proponen nudos de colada, los cuales se unen tanto con las barras de ángulo, como también con los tirantes, estando configuradas las superficies de conexión con los nudos de colada preferentemente como superficies planas, de manera que las conexiones de soldadura a producir pueden configurarse anulares y de este modo al menos con automatización más sencilla. Básicamente se facilita de este modo el uso de procedimientos de soldadura mediante máquina.

Se conocen torres de celosía alternativas por ejemplo del documento WO 2011/147474 A1. Allí los tirantes presentan por sus extremos libres casquillos de nudo, que se fijan en las barras de ángulo tubulares mediante pernos. Un estado de la técnica parecido lo muestra el documento WO 2011/1474745 A1, en el cual se unen igualmente componentes individuales de una torre de celosía mediante conexiones de perno con la torre en general.

Se conocen además de ello del documento US 2004/128940 A1 casquillos de nudo, en los cuales hay dispuestos tirantes. Los casquillos de nudo están en contacto con barras de ángulo 2, y en concreto con una zona de perímetro parcial de cómo mucho 180°, pudiendo haber dispuestos también varios casquillos de nudo 1 en un nudo. Los

casquillos de nudo están dispuestos en varias capas, concretamente en una capa interior y en una capa exterior, que comprende solamente un casquillo de nudo.

5 El documento WO 94/19605 A1 muestra en el nudo un punto de tubo, el cual está formado a partir de un casquillo de nudo unido con tirantes, así como un casquillo auxiliar complementario a éste. En este casquillo auxiliar no hay
 10 dispuesto ningún tirante. Lo mismo tiene validez para el documento GB 361 794 A. Allí hay previsto respectivamente de forma exacta un casquillo de nudo por nudo. Éste puede estar complementado dado el caso por un casquillo auxiliar. También tiene validez lo mismo para el documento US 1.685.696 A. Divulga la disposición de dos tirantes en un casquillo de nudo. Estando previsto no obstante en el nudo solo un único casquillo de nudo, el cual está
 15 complementado por un casquillo auxiliar. Esto tiene validez también para el documento GB 978 678 A. Allí hay una disposición de dos tirantes 27 en un casquillo de nudo, complementado a razón de un casquillo auxiliar.

El documento AT 140 484 B divulga una barra de ángulo, en la cual hay formado un nudo mediante un casquillo c que comprende la barra de ángulo. En este casquillo hay dispuestos dos tirantes. El casquillo está representado como elemento de una sola pieza y rodea por completo la barra de ángulo.

15 Se considera como desventajoso en estas torres de celosía mencionadas del estado de la técnica, que el esfuerzo de montaje y de fabricación sigue siendo muy alto. Las posibilidades para una automatización o una fabricación modular son muy limitadas. En particular apenas es posible una distribución en diferentes lugares de fabricación. Han de continuar produciéndose en parte conexiones de soldadura muy complicadas en gran cantidad.

Es por lo tanto la tarea de la presente invención indicar una torre de celosía mejorada en este sentido y un procedimiento mejorado para la construcción de una torre de celosía de este tipo.

20 Esta tarea se soluciona de acuerdo con un primer aspecto de la invención mediante una torre de celosía con las características indicadas en las reivindicaciones 1 o 9.

Esta tarea se soluciona además de ello de acuerdo con un segundo aspecto de la invención mediante las características de procedimiento indicadas en las reivindicaciones 8 y 11. Otras configuraciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones secundarias.

25 De acuerdo con la invención está previsto que los tirantes presenten en sus extremos de lado de barra de ángulo, casquillos de nudo. Estos casquillos de nudo están dimensionados y configurados de forma complementaria con respecto a las barras de ángulo de tal manera que pueden entrar en contacto por una zona perimetral parcial de hasta 180° con las barras de ángulo. Los casquillos de nudo que se encuentran en un nudo han de complementarse a este respecto dando lugar a un casquillo completo, y limitan directamente entre sí. Los casquillos de nudo del nudo
 30 se fijan por ejemplo a la barra de ángulo y entre sí, de manera que el casquillo completo configura un anillo o anillo parcial alrededor de una barra de ángulo. Cada casquillo de nudo rodea la barra de ángulo a razón de no más de 180°, para que la barra de ángulo pueda colocarse fácilmente en el casquillo de nudo, y no tenga que introducirse en dirección longitudinal.

35 Es posible y ventajoso debido a ello que las barras de ángulo no han de unirse como en el estado de la técnica a partir de tubos parciales en el nudo, sino que se extienden en su dirección longitudinal de una pieza a través de varios planos de nudo, de manera particularmente ventajosa por todos los planos de nudo. Los trabajos de fijación requeridos hasta ahora, por norma general trabajos de soldadura, para la unión de las barras de ángulo, pueden suprimirse.

40 Básicamente podría disponerse en cada extremo de tirante libre un propio casquillo de nudo. Para la estabilidad de las piezas laterales y en el sentido de una reducción de los componentes individuales requeridos se prefiere no obstante cuando hay fijados varios tirantes en un casquillo de nudo común. Se piensa aquí en particular en los extremos libres de los tirantes unidos dando lugar a tirantes en X en las zonas, en las cuales se encuentran tirantes en X dispuestos unos sobre los otros. Este es el caso en los planos de nudo centrales. En los planos de nudo exteriores son razonables casquillos de nudo individuales.

45 La transmisión de fuerzas de tracción desde los tirantes a las barras de ángulo se produce mejor cuando ventajosamente o bien los casquillos de nudo que se encuentran en un nudo rodean juntos la barra de ángulo a razón de más de 180°, o se prevén casquillos auxiliares, que rodean con los casquillos de nudo que se encuentran en el un nudo la barra de ángulo a razón de más de 180°. Los casquillos auxiliares se fijan para ello preferentemente a la barra de ángulo y a los casquillos de nudo adyacentes, y forman con los casquillos de nudo un anillo o anillo
 50 parcial alrededor de la barra de ángulo, preferentemente un anillo cerrado. Los casquillos de nudo pueden ser por ejemplo casquillos de 90°, el casquillo auxiliar un casquillo de 180°. Los casquillos de nudo podrían ser no obstante también por ejemplo respectivamente casquillos de 180° y complementarse de este modo también dando lugar a un anillo cerrado. El casquillo auxiliar no ha de tener la altura de los casquillos de nudo, siendo esto no obstante la forma de realización preferente.

55 Una fabricación sencilla de casquillos de nudo y casquillos auxiliares estables en gran cantidad se logra también debido a que ambos se producen a partir de fundición de acero u otro material de fundición adecuado. Los casquillos pueden ser también chapas de acero sencillas, que pueden recortarse por ejemplo también de tubos.

Una estabilización ventajosa en la zona de nudo de las barras de ángulo se logra debido a que directamente por debajo y/o directamente por encima de los casquillos de nudo y/o de los casquillos auxiliares hay fijados anillos de seguridad que rodean la barra de ángulo. Estos sirven como tope y estabilizan de este modo las conexiones en la zona de nudo en dirección de eje de la barra de ángulo. Los anillos de seguridad están configurados preferentemente de varias piezas, por ejemplo, de 2 piezas, respectivamente como casquillos de 180°, de manera que tras la fijación de los casquillos de nudo pueden montarse aún en la barra de ángulo, en cuanto que se fijan por ejemplo a la barra de ángulo y/o a los casquillos de nudo y/o a los casquillos auxiliares.

Como modo de fijación ventajoso se considera la soldadura de los diferentes componentes. En particular la conexión de los casquillos de nudo y/o de los casquillos auxiliares y/o de los anillos de seguridad entre sí puede producirse bien mediante soldadura. De modo alternativo podrían usarse también fijaciones pegadas, como se describen por ejemplo en el artículo *Kleben im Stahlbau* en la revista *Stahlbau* 75 (2006), número 10, páginas 834 y siguientes, autores: Markus Feldmann *et al.* La conexión de los casquillos de nudo y/o de los casquillos auxiliares con las barras de ángulo puede producirse por ejemplo bien mediante pegado. Esto tiene validez también para la fijación de los anillos de seguridad a las barras de ángulo. Como pegamento pueden usarse los pegamentos conocidos del pegado de metales. Alternativamente podría usarse no obstante por ejemplo también mortero (lechada).

La conexión entre los casquillos de nudo de un nudo es particularmente sencilla cuando limitan entre sí en línea recta. Ha de disponerse entonces por ejemplo solo una costura de soldadura recta fácil de automatizar.

Los casquillos de nudo están soldados ventajosamente a los tirantes. Para el refuerzo de esta conexión es ventajosa la previsión de una capa contraria o una soldadura contraria. Por esta razón los casquillos de nudo presentan preferentemente una abertura que permite el acceso al interior de tubo de los tirantes correspondientes.

El primer procedimiento de construcción de torre de celosía de acuerdo con la invención según la reivindicación 13 se caracteriza porque en un primer paso de fabricación se producen las partes laterales planas de la torre de celosía a partir de tirantes. Esto ocurre en posición yacente, para evitar manejo complicado de la parte lateral. Por los lados de extremo de los tirantes se disponen entonces los casquillos de nudo ya explicados arriba. Un primer módulo de torre resulta debido a que se fijan dos barras de ángulo a una primera parte lateral plana. De manera análoga se produce un segundo módulo de torre idéntico. Entre estos dos módulos de torre pueden fijarse entonces las partes laterales aún faltantes. Esto puede producirse en orientación de torre yacente, de manera que finalmente la torre solo ha de elevarse, pudiendo llevarse a cabo entre el montaje y la elevación otros pasos de procedimiento, por ejemplo un transporte hacia el lugar de colocación de la torre.

Un procedimiento de construcción de torre de celosía alternativo se caracteriza porque tal como se ha descrito en el procedimiento anterior, se fabrican las partes laterales planas y se disponen los casquillos de nudo. A cada una de las partes laterales planas se fija entonces una barra de ángulo, de manera que resultan varios módulos de torre idénticos consistentes en una parte lateral y en una barra de ángulo. De manera parecida a como en el procedimiento explicado anteriormente, puede componerse entonces a partir de estos módulos de torre una torre de celosía.

El montaje de la torre de celosía no ha de producirse sin embargo en posición de torre yacente. Es posible también incorporar las partes laterales prefabricadas y las barras de ángulo y posicionarlas en un bastidor entre sí. Mediante fijación de las partes laterales a las barras de ángulo, concretamente mediante fijación de los casquillos de nudo libres a la zona de nudo de las barras de ángulo, puede unirse entonces la torre de celosía.

Es preferente que se aplique un agente de protección contra la corrosión sobre las barras de ángulo y las partes laterales, antes de que las barras de ángulo se unan con las partes laterales. Debido a ello puede lograrse una humectación completa con agente de protección contra la corrosión, en particular también en las zonas de unión.

En lo sucesivo se explica la invención con mayor detalle mediante ejemplos de realización preferentes y mediante dibujos de principio. En los dibujos muestran:

- 45 la figura 1 una vista en perspectiva de una torre de celosía montada a partir de barras de ángulo y tirantes en las superficies laterales de la torre de celosía;
- la figura 2 una representación despiezada de la barra de celosía de la figura 1;
- la figura 3 una ampliación de la zona A de la figura 2;
- la figura 4 la zona de nudo representada en la figura 3 en el estado montado desde otra perspectiva de acuerdo con un primer ejemplo de realización;
- 50 la figura 5 una vista de acuerdo con la figura 4 en una segunda variante de realización;
- la figura 6 una vista en detalle del recorte B de la figura 2;
- la figura 7 una superficie lateral compuesta de tirantes y casquillos parciales de una torre de celosía;

las figuras 8a a 8e en representación muy simplificada el montaje de una torre de celosía a partir de piezas de torre de celosía prefabricadas y

las figuras 9a a 9d un procedimiento alternativo para construir una torre de celosía.

5 La Fig. 1 muestra en vista en perspectiva una torre de celosía 1 construida, que puede servir por ejemplo como estructura de base para un aerogenerador en alta mar. Para fijación al fondo marino podrían haber dispuestos por lo tanto de modo no representado por el lado del suelo, casquillos de pilote en las barras de ángulo 2a a 2d para el alojamiento de pilotes de base, como se representa por ejemplo en el documento EP 2 067 914 A2 en la Fig. 1. La torre de celosía de la Fig. 1 puede formar no obstante también la torre de celosía de un aerogenerador, en cuanto que sobre su extremo abierto superior se dispone la góndola de un aerogenerador, o una pieza de torre tubular para la configuración de una torre híbrida, como se conoce del documento DE 10339438 A1. Es posible también, que la torre de celosía mostrada forme un primer segmento de torre de celosía, que se une con otros segmentos de torre de celosía similares dando lugar a una torre completa.

15 La estructura de la torre de celosía se explica a continuación en vista conjunta con la Fig. 2, así como con las ampliaciones de detalle de las Figs. 3 y 4. Tal como puede verse en particular en las Figs. 3 y 4, la fijación de los tirantes 3 a las barras de ángulo 2a, 2b, 2c, 2d se produce a través de casquillos de nudo 8 soldados a los tirantes 3, que rodean por pares y junto con un casquillo auxiliar 10 la barra de ángulo 2c (Fig. 3 y Fig. 4) en unión positiva. Puede verse en particular en la Fig. 2, que las barras de ángulo 2a-2d están configuradas a través de varios planos de nudo 6 como tubo de una sola pieza, en el ejemplo mostrado de la Fig. 2 las barras de ángulo 2a, 2b, 2c, 2d están configuradas incluso por la totalidad de los planos de nudo 6 como tubo de una sola pieza.

20 En la Fig. 2 puede verse además de ello, que entre pares adyacentes de barras de ángulo 2a, 2b, 2c, 2d hay dispuestas respectivamente partes laterales 19, las cuales consisten en varios, en el ejemplo mostrado tres arriostramientos en X. En la vista de detalle de las Figs. 3 y 4 pueden verse que en los puntos de nudo 5 hay fijados entre dos arriostramientos en X dos tirantes 3 en un casquillo de nudo 8 común. Por el lado de la base y por el extremo de torre de celosía superior, como puede verse por ejemplo en la Fig. 6, los extremos libres de los tirantes 3 están fijados respectivamente de forma individual a un casquillo de nudo 14.

25 En la Fig. 4 puede verse que en la posición de montaje los casquillos de nudo 8 de los tirantes 3 que se unen en este nudo 5, rodean en unión positiva la barra de ángulo 2c y en particular casquillos de nudo 8 adyacentes forman limitando directamente entre sí un casquillo completo, que forman junto con un casquillo auxiliar 10 un anillo 15 que rodea por completo la barra de ángulo 2c en el nudo 5. A este respecto el casquillo auxiliar 10 puede ser por ejemplo un casquillo de 180°, mientras que los casquillos de nudo 8 son respectivamente casquillos de 90°. Ha de tenerse en consideración a este respecto, que por ejemplo al preverse arriostramientos adicionales en el nudo 5, pueden confluir también más de dos casquillos de nudo 8. Los casquillos de nudo 8 deberían rodear entonces la barra de ángulo 2c por un perímetro parcial más pequeño.

30 En el ejemplo de realización mostrado en la Fig. 4 los casquillos de nudo 8 están configurados como casquillos de fundición de acero, a los cuales se sueldan los tirantes 3 preferentemente con superficies de unión planas. Para la fijación de los tirantes 3 o de los casquillos de nudo 8 a las barras de ángulo 2a, 2b, 2c, 2d se dispone por encima y por debajo de los casquillos de nudo 8 una costura de soldadura anular, así como una línea de soldadura que se extiende en dirección longitudinal X de la barra de ángulo 2a, 2b, 2c, 2d para la unión de los dos casquillos de nudo 8, así como para la unión de los dos casquillos de nudo 8 con el casquillo auxiliar 10. Los casquillos de nudo 8 y el casquillo auxiliar 10 pueden pegarse no obstante también con las barras de ángulo 2a, 2b, 2c, 2d. También es posible una combinación de los tipos de fijación mencionados.

35 Del modo representado a modo de principio en la Fig. 3, podría pegarse o soldarse por encima o por debajo de los casquillos de nudo 8 o del casquillo auxiliar 10 un anillo de apoyo adicional, el cual está compuesto por ejemplo a partir de dos casquillos de 180° 16a, 16b. Este anillo se ocuparía de una estabilización axial adicional en dirección longitudinal X de la barra de ángulo 2c.

40 La Fig. 5 muestra en configuración alternativa a la Fig. 4 un nudo de soldadura. A los casquillos de nudo 8 representados en la Fig. 5 hay soldadas piezas de fijación 18 que forman una zona de fijación, a cuyas superficies de unión anulares planas libres pueden soldarse los tirantes 3. También aquí se produce la fijación de los casquillos de nudo 8 a la barra de ángulo 2c a través de una soldadura o alternativa o adicionalmente a través de un pegado. Para ello puede disponerse por ejemplo por el lado superior y por el inferior de los casquillos de nudo 8 y del casquillo auxiliar 10 una costura de soldadura anular, así como en dirección vertical varias costuras rectas, que unen los casquillos de nudo 8 entre sí y los casquillos de nudo 8 con el casquillo auxiliar 10.

45 La Fig. 6 muestra una ampliación del recorte de imagen B de la Fig. 2. A diferencia de en el recorte de ampliación A de las Figs. 3 y 4, en los casquillos de nudo 14 mostrados en el recorte de imagen B solo termina un tirante 3. En correspondencia con ello, el casquillo de nudo 14 está configurado en dirección de eje X más corto que el casquillo de nudo 8 de la Fig. 4. También el casquillo auxiliar 12 es más corto en dirección de eje X que el casquillo auxiliar 10. Por lo demás ha de configurarse no obstante la fijación de los casquillos de nudo 14 y del casquillo auxiliar 12 en la barra de ángulo 2b tal como ya se ha explicado arriba, por ejemplo mediante disposición de dos costuras de

soldadura anulares por encima y por debajo de los casquillos de nudo 14, así como mediante disposición de costuras de soldadura rectas entre los casquillos de nudo 14 adyacentes y el casquillo auxiliar 12 adyacente.

La Fig. 7 muestra en una vista en perspectiva una parte lateral 19, de las cuales la torre de celosía 1 de la Fig. 1 presenta en total cuatro. Estas cuatro partes laterales 19 pueden prefabricarse en posición yacente. Para ello se sueldan por ejemplo en primer lugar tirantes individuales 3 con la ayuda de un nudo de fundición o de soldadura 4 dando lugar a arriostramientos en X, y se unen entonces a continuación los tirantes X a través de casquillos de nudo 8 dando lugar a una parte lateral 19 estable y transportable de acuerdo con la Fig. 7.

Para el montaje de la torre de celosía 1 a partir de módulos de torre prefabricados existe por ejemplo la posibilidad representada en la Fig. 8a, de que se produzcan cuatro módulos 20a, 20b, 20c, 20d consistentes respectivamente en una parte lateral 19 y una barra de ángulo 2a, 2b, 2c, 2d dispuesta por un lado en la parte lateral. Estos cuatro módulos de torre 20a, 20b, 20c, 20d idénticos en construcción pueden unirse entonces tal como se muestra en las Figs. 9a-9d dando lugar a una torre de celosía 1. Para ello se dispone en primer lugar un primer módulo de torre 20a de forma yacente y se coloca un segundo módulo de torre 20b de tal manera en vertical sobre el primer módulo de torre 20a, que los casquillos de nudo 8 libres del segundo módulo 20b entran en contacto en las zonas de nudo 5 de la primera barra de ángulo 2a del primer módulo de torre 20a con esta primera barra de ángulo 2a. Pueden disponerse entonces costuras de soldadura para la fijación de los casquillos de nudo 8 en la barra de ángulo 2a. En un paso posterior se dispone entonces un tercer módulo de torre 20c verticalmente de tal manera que la barra de ángulo 2c del tercer módulo 20c se coloca en sus zonas de nudo 5 en los casquillos de nudo 8 aún libres del primer módulo 20a. También aquí pueden disponerse entonces las costuras de soldadura necesarias. Finalmente se dispone de acuerdo con la Fig. 9d entonces el cuarto módulo de torre 20d de tal manera que la cuarta barra de ángulo 2d se aloja en el casquillo de nudo 8 libre del tercer módulo 20c y los casquillos de nudo 8 libres del cuarto módulo 20d entran en contacto con la barra de ángulo 2b del segundo módulo 20b. Puede soldarse entonces el cuarto módulo 20d con el tercer módulo 20c y el segundo módulo 20b. No se representan en las Figs. 9b-9d los casquillos auxiliares, los cuales pueden soldarse también en cualquiera de las formas de realización mostradas en las Figs. 9b-9d, tan pronto como se encuentran en una barra de ángulo dos casquillos de nudo.

En lugar del montaje yacente que se ha descrito anteriormente, es concebible también un montaje de pie. Para ello se requerirían dado el caso construcciones auxiliares o fundamentos para el apoyo en particular del primer módulo de torre.

Un procedimiento de construcción alternativo es posible por ejemplo debido a que se producen dos partes laterales 19 de acuerdo con la Fig. 7 y adicionalmente dos módulos de torre 21 como se muestra en la Fig. 8b. Frente al módulo de torre 20a de la Fig. 8a se ha soldado en el módulo de torre 21 a ambos lados de una parte lateral 19 de acuerdo con la Fig. 7 una barra de ángulo 2a, 2b. El punto de partida de la construcción de torre son por lo tanto dos partes laterales 19 sin barra de ángulo y dos partes laterales 19 con respectivamente dos barras de ángulo (módulos de torre 21). El montaje de la torre de celosía 1 se produce entonces por lo tanto de tal manera que en primer lugar se pone a disposición en posición yacente un primer módulo de torre 21 con dos barras de ángulo 2a, 2b. En dirección vertical se coloca entonces una parte lateral 19 sin barras de ángulo sobre una de las barras de ángulo 2b del primer módulo 21 de tal manera que los casquillos de nudo 8 libres quedan en la zona de nudo 5 sobre la barra de ángulo 2b. Los casquillos de nudo 8 adyacentes se sueldan entonces entre sí y a la barra de ángulo 2b. Adicionalmente puede soldarse un casquillo auxiliar, tal como se representó por ejemplo en la Fig. 4.

En un paso posterior se dispone una tercera parte lateral 19 sin barras de ángulo sobre la segunda barra de ángulo 2a del primer módulo 21 de manera análoga a la colocación descrita anteriormente de la segunda parte lateral 19. Los casquillos de nudo 8 se fijan de nuevo a las barras de ángulo 2a mediante soldadura y dado el caso se configura un anillo de 360° mediante la ayuda de un casquillo auxiliar. Finalmente se dispone con la ayuda de la Fig. 8e el cuarto módulo 21 con dos barras de ángulo 2c, 2d sobre los casquillos de nudo 8 aún libres de la segunda y tercera parte lateral 19, y se suelda mediante costuras de soldadura adicionales el cuarto módulo 21, dado el caso mediante el uso de casquillos auxiliares adicionales, con la segunda y tercera parte lateral 19.

También aquí es concebible un montaje de pie en lugar del yacente descrito.

Debido a la representación simplificada no se han mostrado en las Figs. 8c-8e y Figs. 9a-9d los casquillos de nudo 14 dispuestos respectivamente en dirección longitudinal X delante y detrás de los casquillos de nudo 8.

En todas las figuras se muestran formas de realización solamente con tirantes 3 en las superficies laterales de la torre 1. La torre podría continuar reforzándose y estabilizándose debido a que están previstos también tirantes que se extienden en diagonal por el interior de la torre. También estos tirantes presentarían por sus extremos casquillos de nudo, los cuales configurarían entonces con casquillos de nudo que se encuentran en el mismo plano de nudo, de tirantes en X, un anillo común, que rodea la barra de ángulo.

Los arriostramientos representados tampoco han de configurarse obligatoriamente como arriostramientos en "X". Son concebibles por ejemplo también arriostramientos diagonales sencillos. Las secciones transversales deberían entonces adaptarse correspondientemente para lograr la misma capacidad de carga.

En el caso de la torre de celosía puede tratarse también de una torre de celosía para un aerogenerador, el cual se compone de varios segmentos de torre de celosía dispuestos los unos sobre los otros, lográndose al menos un segmento de torre de celosía según el procedimiento de acuerdo con la invención.

5 Además de la soldadura y el pegado mencionados de los casquillos de nudo (8, 14) con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) son concebibles también otras técnicas de conexión, por ejemplo aprisionamiento, por ejemplo del modo conocido de una abrazadera de tubo.

Los casquillos de nudo (8, 14) pueden estar en contacto directamente con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d). Es concebible no obstante también que entre casquillo de nudo (8, 14) y barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) se prevea un inserto intermedio elástico, por ejemplo en forma de uno o de varios elementos de goma.

10

REIVINDICACIONES

1. Torre de celosía (1) para un aerogenerador, presentando la torre de celosía (1) al menos tres barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) tubulares, que se extienden respectivamente en una dirección longitudinal X, y tirantes (3) tubulares que se extienden entre estas barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), estando los tirantes (3) en la torre de celosía (1) construida unidos con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), presentando cada barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) varias zonas separadas unas de las otras en su dirección longitudinal, denominadas como nudos (5), en las cuales están unidos los tirantes (3) con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), encontrándose los nudos (5) de barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) adyacentes en la torre de celosía (1) construida en un plano de nudo (6) horizontal común, de manera que la torre de celosía (1) construida presenta varios planos de nudo (6) separados unos de otros en dirección vertical, presentando los tirantes (3) por sus extremos de lado de barra de ángulo, casquillos de nudo (8, 14) en contacto con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), estando los casquillos de nudo (8, 14) dimensionados y configurados de tal manera, que están en contacto respectivamente en una zona perimetral parcial de cómo mucho 180° con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), y estando los casquillos de nudo (8, 14) de un nudo (5) unidos con la barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) y/o entre sí, de modo que los casquillos de nudo (8, 14) conforman un anillo o anillo parcial alrededor de la barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), caracterizada por que los casquillos de nudo (8, 14) en contacto con la barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) en un nudo (5), limitan entre sí directamente y también limitan entre sí directamente las zonas perimetrales parciales cubiertas por los casquillos de nudo (8, 14).
2. Torre de celosía (1) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) se extienden en su dirección longitudinal X de una sola pieza por varios planos de nudo (6), estando configuradas en particular de una sola pieza por todos los planos de nudo (6).
3. Torre de celosía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que al menos en los planos de nudo (6) centrales hay fijados varios tirantes (3) a un casquillo de nudo (8) común.
4. Torre de celosía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que o bien los casquillos de nudo (8, 14) que se encuentran en un nudo (5) rodean juntos la barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) a razón de más de 180°, o que los casquillos de nudo (8, 14) que se encuentran en un nudo (5) rodean junto con un casquillo auxiliar (10, 12) la barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) a razón de más de 180°, estando unido el casquillo auxiliar (10, 12) con la barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) y/o con los casquillos de nudo (8, 14) adyacentes, de manera que los casquillos de nudo (8, 14) configuran junto con el casquillo auxiliar (10, 12) un anillo (15) o anillo parcial alrededor de la barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d).
5. Torre de celosía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los casquillos de nudo (8, 14) y/o los casquillos auxiliares (10, 12) están fabricados a partir de un material de fundición, en particular de acero de fundición.
6. Torre de celosía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la conexión de los casquillos de nudo (8, 14) y/o de los casquillos auxiliares (10, 12) entre sí está configurada mediante soldadura.
7. Torre de celosía (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los casquillos de nudo (8, 14) están soldados a los tirantes (3).
8. Procedimiento para la construcción de una torre de celosía (1) para un aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-7, estructurándose la torre de celosía (1) a partir de al menos tres barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) tubulares y partes laterales (19) planas que se extienden entre las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), a partir de tirantes (3) tubulares, presentando cada barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) varias zonas denominadas como nudos (5), en las cuales están unidos los tirantes (3) con las barras de ángulo, consistente en los siguientes pasos:
- a) producción de todas las partes laterales (19) planas en posición yacente mediante conexión de los tirantes (3) correspondientes en un plano, y mediante
- b) disposición de los casquillos de nudo (8, 14) en los extremos libres de los tirantes (3), estando configurados los casquillos de nudo (8, 14), para rodear las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) en sus nudos (5) por un perímetro parcial;
- c) producción de un primer módulo de torre (21) plano mediante conexión de una primera parte lateral (19) plana con dos barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) en posición yacente mediante conexión de los casquillos de nudo (8, 14) en la zona de nudo de las dos barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d);
- d) producción de un segundo módulo de torre (21) plano mediante conexión de una segunda parte lateral (19) plana con dos barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) en posición yacente mediante conexión de los casquillos de nudo (8, 14) en la zona de nudo con las dos barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d);
- e) conexión de las otras partes laterales (19) con el primer módulo de torre (21) y el segundo módulo de torre (21) mediante conexión de los casquillos de nudo (8, 14) de las otras partes laterales (19) en la zona de nudo con las

barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) y con los casquillos de nudo (8, 14) del primer módulo de torre (21) y/o del segundo módulo de torre (21) en la zona de nudo (5),

f) dado el caso levantar la torre de celosía (1), cuando el montaje se ha producido en posición yacente.

5 9. Torre de celosía (1) para un aerogenerador, presentando la torre de celosía (1) al menos tres barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) tubulares, que se extienden respectivamente en una dirección longitudinal X, y tirantes (3) tubulares que se extienden entre estas barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), estando los tirantes (3) en la torre de celosía (1) construida unidos con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), presentando cada barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) varias zonas separadas unas de las otras en su dirección longitudinal X, denominadas como nudos (5), en las cuales están unidos los tirantes (3) con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), encontrándose los nudos (5) de barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) adyacentes en la torre de celosía (1) construida en un plano de nudo (6) horizontal común, de manera que la torre de celosía (1) construida presenta varios planos de nudo (6) separados unos de otros en dirección vertical, presentando los tirantes (3) por sus extremos de lado de barra de ángulo, casquillos de nudo (8, 14) en contacto con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), caracterizada por que la torre de celosía (1) está producida a partir de módulos (19, 21; 20a, 20b, 20c, 20d) prefabricados, consistiendo al menos uno de los módulos (21; 20a, 20b, 20c, 20d) prefabricados en una parte lateral (19) plana y al menos una barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) conectada con ella, estando formada la parte lateral (19) plana mediante conexión de los tirantes correspondientes en un plano.

10 10. Torre de celosía de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizada por que al menos uno de los módulos (21) prefabricados consiste en una parte lateral (19) plana y dos barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) conectadas con ella.

20 11. Procedimiento para la construcción de una torre de celosía (1) para un aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 y 10, estructurándose la torre de celosía (1) a partir de al menos tres barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) tubulares y partes laterales (19) planas que se extienden entre las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d), a partir de tirantes (3) tubulares, consistiendo en los siguientes pasos:

25 a) producción de todas las partes laterales (19) planas en posición yacente mediante conexión de los tirantes (3) correspondientes en un plano;

b) disposición de casquillos de nudo (8, 14) en los extremos libres de los tirantes (3), estando configurados los casquillos de nudo (8, 14), para rodear las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) en sus nudos (5) por un perímetro parcial;

30 c) producción de varios módulos de torre (20a, 20b, 20c, 20d) planos mediante disposición respectivamente de una barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) en cada una de las partes laterales (19) planas en posición yacente mediante conexión de los correspondientes casquillos de nudo (8, 14) con la correspondiente barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d),

d) conexión de un segundo módulo de torre (20b) plano con un primer módulo de torre (20a) plano mediante conexión de los casquillos de nudo (8, 14) con las barras de ángulo (2a, 2b);

35 e) conexión de los otros módulos de torre (20c, 20d) planos con el primer módulo de torre (20a) y el segundo módulo de torre (20b) mediante conexión de los casquillos de nudo (8, 14) de los otros módulos de torre (20c, 20d) con las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) y con los casquillos de nudo (8, 14) del primer módulo de torre (20a) y/o del segundo módulo de torre (20b),

f) dado el caso levantar la torre de celosía (1), cuando el montaje se ha producido en posición yacente.

40 12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 8 u 11, caracterizado por que se aplica agente de protección contra la corrosión sobre las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) y sobre las partes laterales (19), antes de que se unan las barras de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) con las partes laterales (19).

45 13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 8, 11 o 12, caracterizado por que directamente por encima y/o directamente por debajo de los casquillos de nudo (8, 14) se fijan anillos de seguridad (16a, 16b) de una sola pieza o de varias piezas a la barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) y/o a los casquillos de nudo (8, 14).

14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 8 u 11-13, caracterizado por que en el nudo (5) se fijan casquillos auxiliares (10, 12), que rodean junto con los casquillos de nudo (8, 14) la barra de ángulo (2a, 2b, 2c, 2d) por un ángulo perimetral de más de 180°, formando los casquillos de nudo (8, 14) y los casquillos auxiliares (10, 12) en particular un anillo (15) cerrado.

50 15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 8 u 11-14, caracterizado por que en la zona de fijación (18) se dispone entre tirante (3) y casquillo de nudo (8, 14) una capa opuesta, en particular se produce una soldadura contraria.

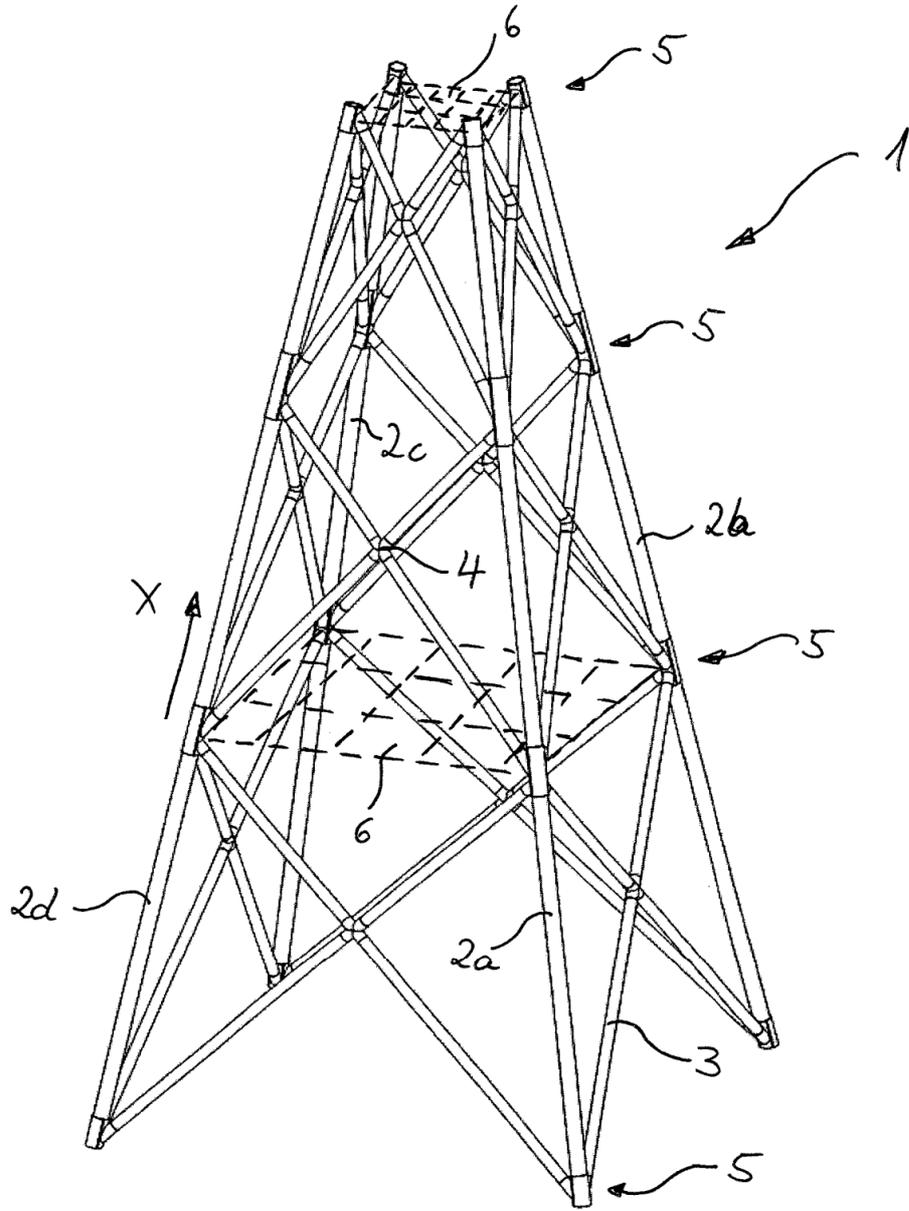


Fig. 1

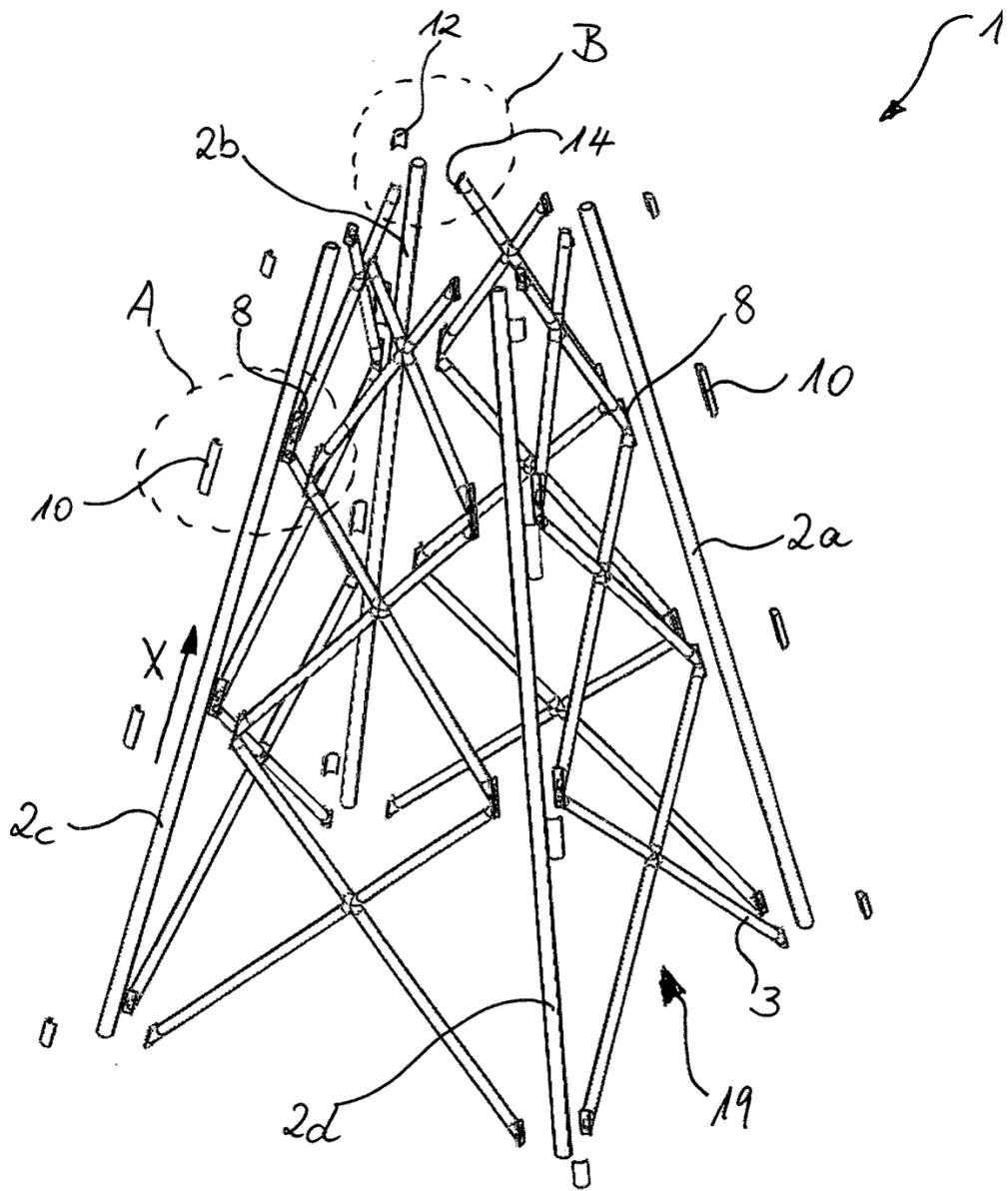


Fig. 2

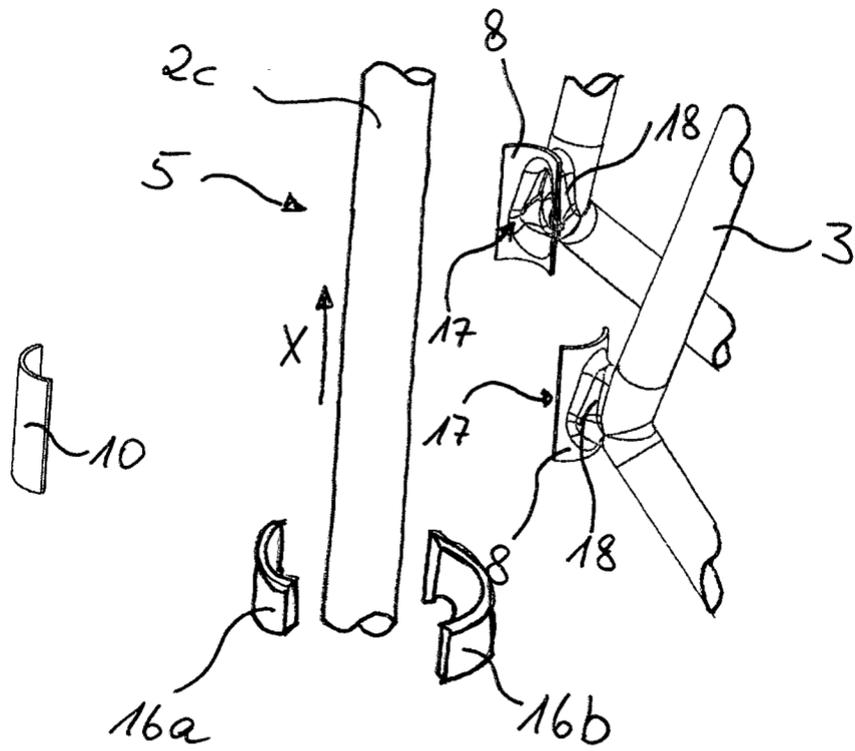


Fig. 3

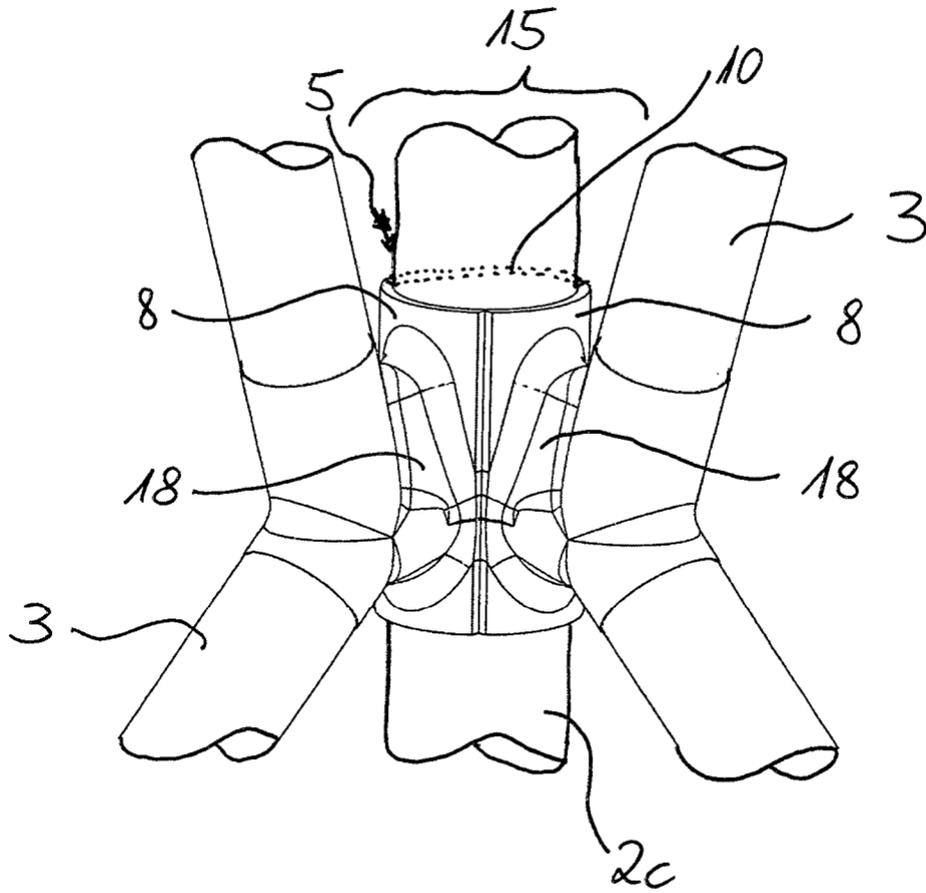


Fig. 4

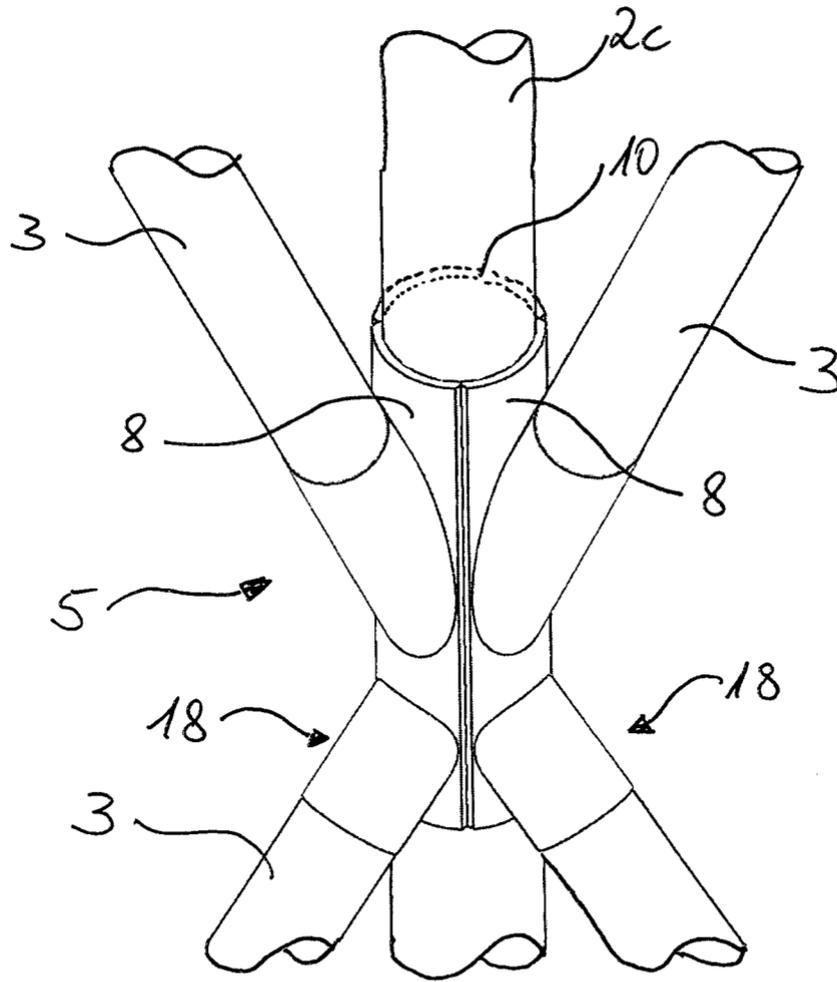


Fig. 5

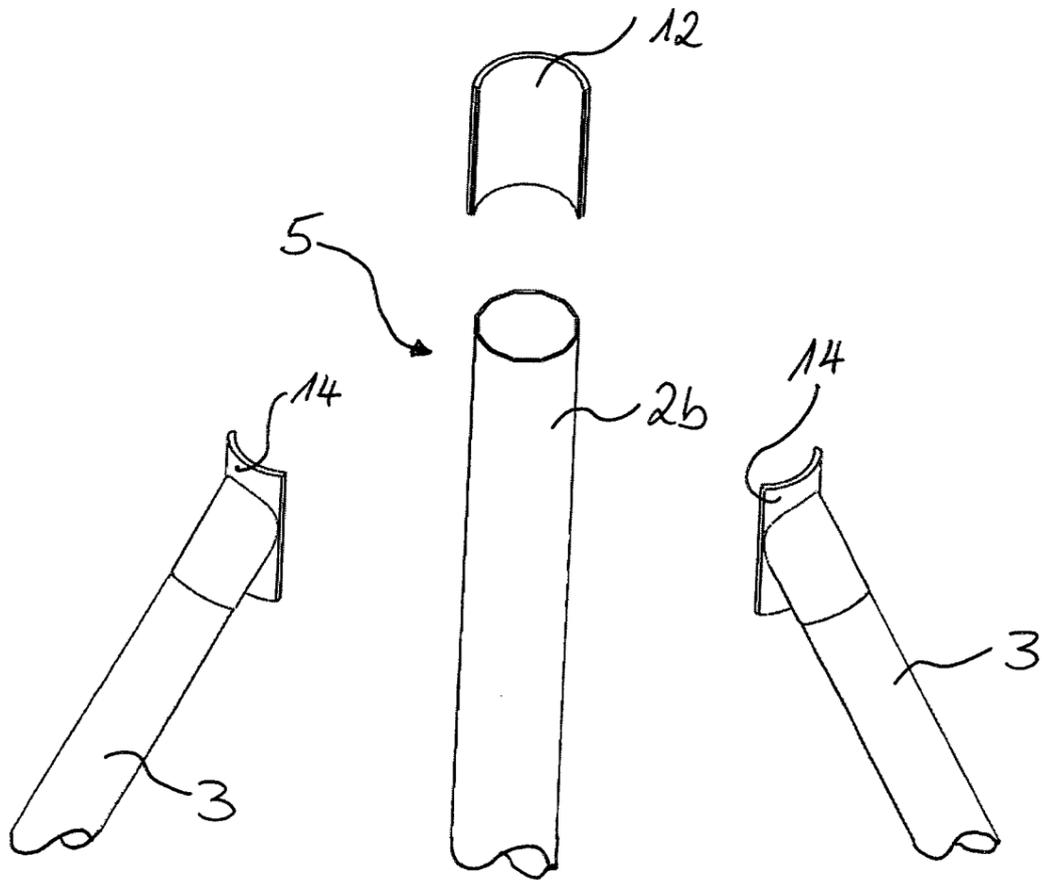


Fig. 6

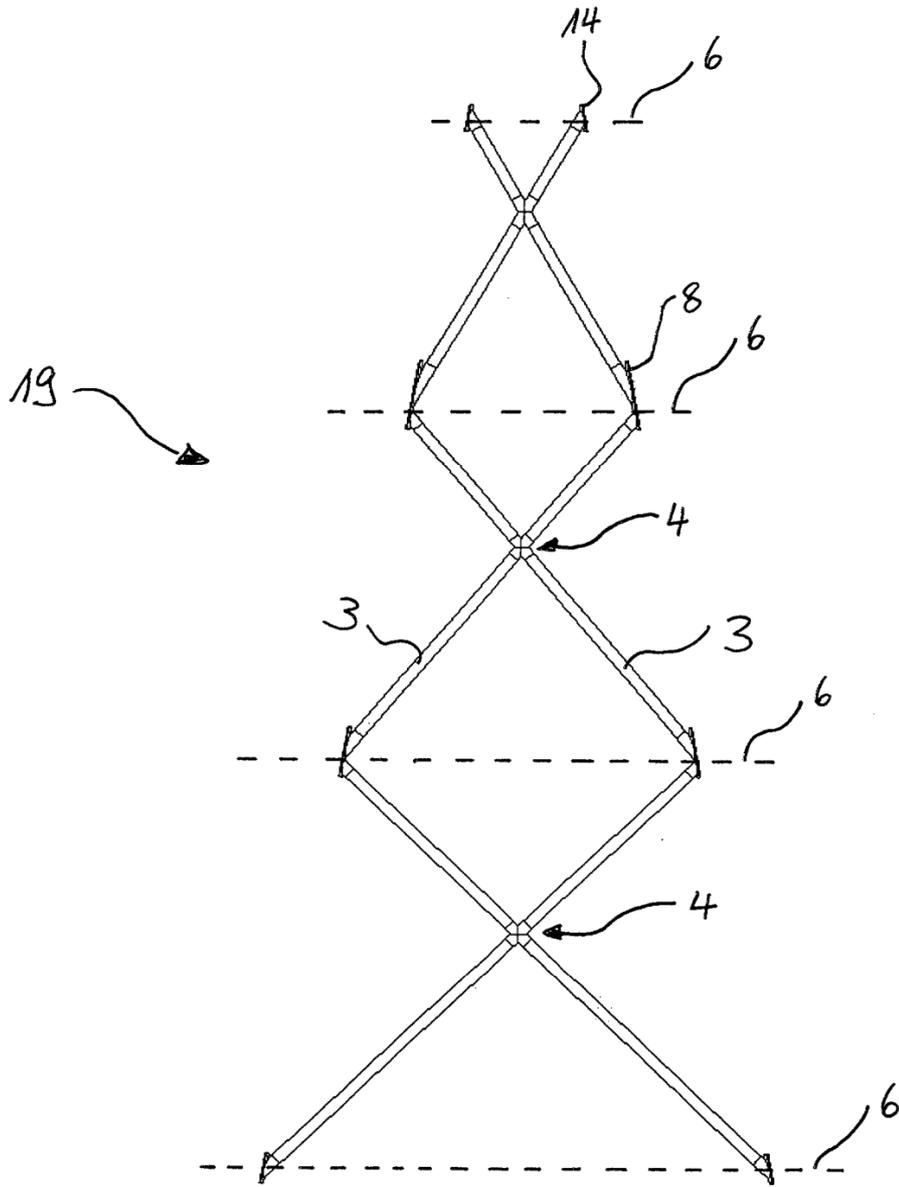


Fig. 7

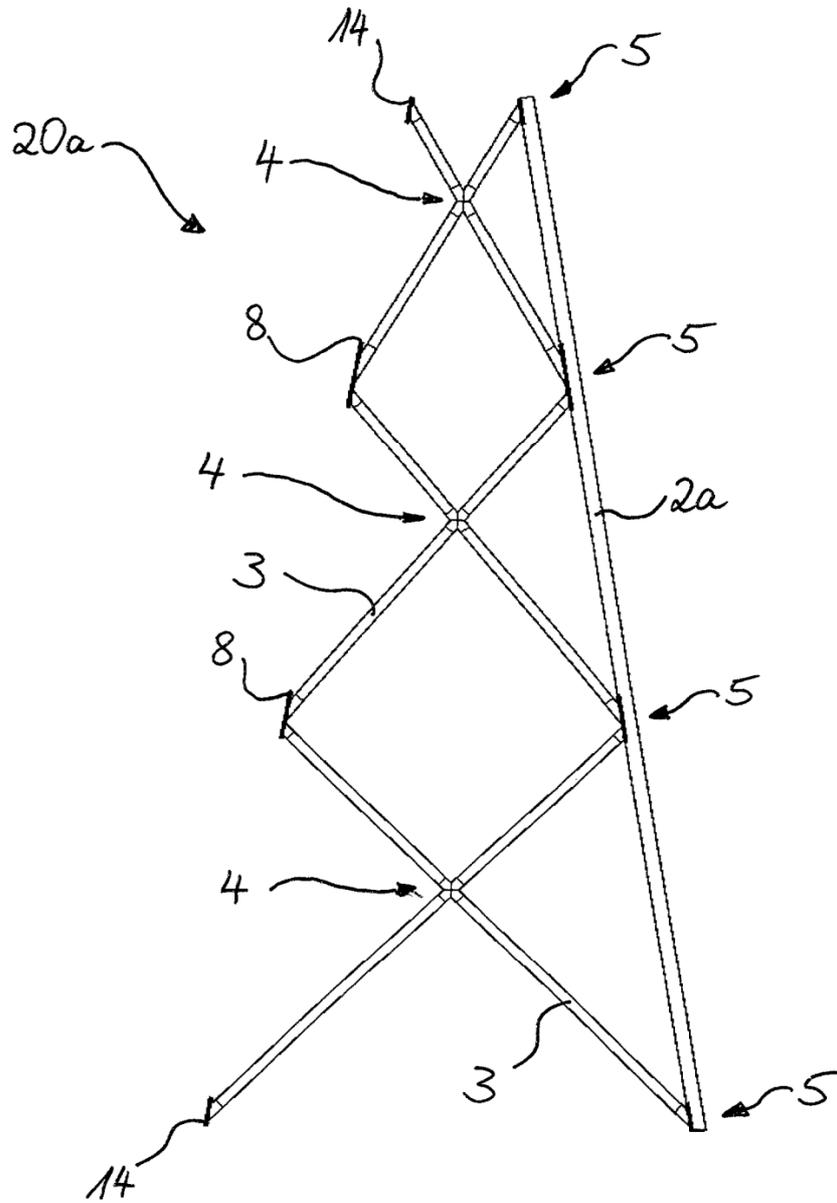


Fig. 8a

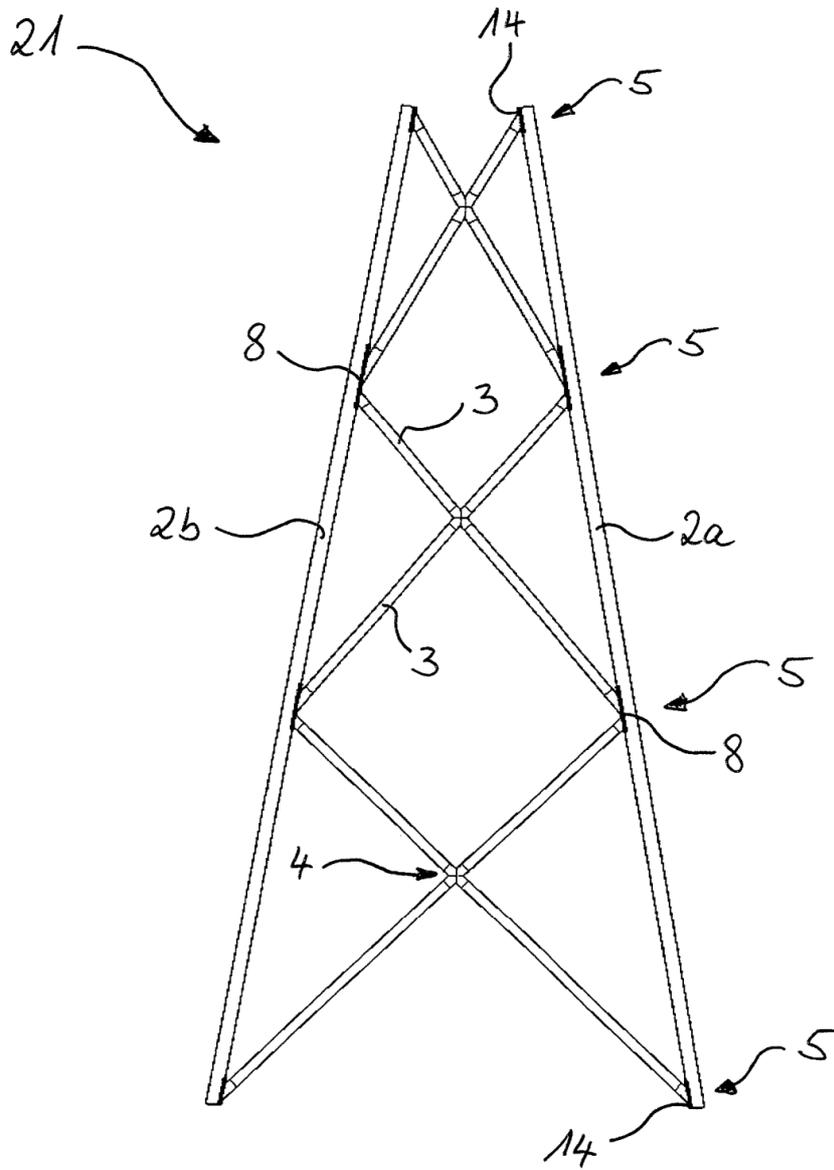


Fig. 8b

