



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 997 457**

⑮ Int. Cl.:

E02D 27/42 (2006.01)
F03D 13/20 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2019** PCT/EP2019/059135

⑦ Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2019** WO19201714

⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2019** E 19717833 (8)

⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024** EP 3781747

④ Título: **Procedimiento para la fabricación de un cimiento para un aerogenerador**

⑩ Prioridad:

16.04.2018 DE 102018109009
27.03.2019 DE 102019107960

④ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

17.02.2025

⑩ Titular/es:

SMART & GREEN MUKRAN CONCRETE GMBH
(100.00%)
Im Fährhafen 20
18546 Sassnitz, DE

⑩ Inventor/es:

PRASS, GREGOR y
SCHRIEFER, CHRISTOPH

⑩ Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 997 457 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

Procedimiento para la fabricación de un cimiento para un aerogenerador

La invención se refiere a un método según la reivindicación 1 para la fabricación de un cimiento para un aerogenerador, presentando el cimiento esencialmente elementos prefabricados, preferentemente de hormigón armado, con una primera

5 sección a modo de zapata que se extiende verticalmente, sobre la que se coloca una torre de un aerogenerador, y una segunda sección que se extiende esencialmente horizontalmente como cuerpo de cimentación y que está en contacto con el suelo, estando dispuesta la primera sección por encima de la segunda sección y presentando al menos un elemento de zapata cerrado, preferentemente en forma de manguito, cuyo diseño es anular o poligonal, y estando la segunda sección formada por al menos dos elementos horizontales, así como un método para su producción. Los 10 cimientos para aerogeneradores se diseñan básicamente como cimientos de hormigón *in situ*. Para ello, se cava un foso en el sitio de construcción y se le agrega una capa de limpieza. A continuación, se montan el encofrado y la armadura y todo se rellena con hormigón *in situ*. Se puede construir un cuerpo plano con una zapata (véanse, por ejemplo, los documentos US 20160369520 A1 o WO 2008/036934 A2). Además del esfuerzo de transporte que implica la entrega del hormigón, el encofrado y la armadura, esto requiere mucha mano de obra en el lugar de instalación. La garantía de 15 calidad también es compleja y, dependiendo del clima, puede resultar problemática. Además, el desmontaje al final de la vida útil del aerogenerador es caro y muy complejo. Esto se aplica especialmente a las torres de hormigón para aerogeneradores, que idealmente tienen una relación entre diámetro y altura de aproximadamente 1:10, por lo que no son raros diámetros de 8 a 15 m. Hasta ahora, los cimientos de estas torres se han realizado con hormigón *in situ*. Además, deben preverse zonas en donde los elementos de pretensado de la torre puedan fijarse a los cimientos y 20 pretensarse. El pretensado se realiza mediante dispositivos destinados a tal fin, que deben ser llevados a las zonas de pretensado. Como apoyo para el pretensado o para la fijación de los elementos de pretensado (cordones/cuerdas), normalmente en el interior del cimiento se prevén complejas estructuras en voladizo, debajo de las cuales se colocan los dispositivos. Estas estructuras son complejas y son susceptibles de mejoras.

Además, existe una necesidad fundamental de construir cimientos para aerogeneradores a partir de elementos 25 prefabricados, lo que podría reducir o eliminar los problemas antes mencionados. En principio es ventajoso que en la prefabricación los componentes se puedan fabricar de forma estandarizada y en condiciones definidas. También se reduce la cantidad de trabajo en la obra. Para ello, en el estado de la técnica se han descrito diversos enfoques.

Por ejemplo, el documento WO 2008/036934 A2 muestra una combinación de elementos prefabricados y construcción 30 clásica de encofrado/refuerzo. Esto significa que las desventajas mencionadas anteriormente solo se reducen marginalmente.

En el estado de la técnica se muestran a continuación otros enfoques para producir cimientos para aerogeneradores a partir de componentes prefabricados:

El documento EP 1058787 B1 da a conocer un cimiento para un aerogenerador para la construcción de aerogeneradores 35 marinos, que se transporta completamente premontada, es decir, incluido el cimiento, y se coloca de una sola pieza en el fondo del mar en el lugar de instalación. El cimiento tiene segmentos prefabricados individuales. Estos pueden estar hechos de hormigón. Se describen una sección plana y una sección de zapata. La sección de zapata consta de anillos circulares. La sección plana se compone de elementos básicos individuales trapezoidales en la zona de la base, sobre los cuales se monta verticalmente en el extremo interior la sección de zapata, que presenta pasos verticales. Las secciones básicas planas están unidas entre sí mediante uniones machihembradas. La sección de zapata y la sección 40 de base plana están unidas con un puntal diagonal para dar rigidez. Los segmentos circulares de la sección de zapata presentan también pasos verticales. En los pasos se introducen cables de conexión/varillas de anclaje. Si las piezas de cimentación son de hormigón, debajo de los elementos básicos en la zona de los pasos verticales se proporciona un anillo de tope plano de acero. El cimiento se monta con los cables de conexión/varillas de anclaje y el aerogenerador se fija al cimiento. Además, se prevén pasos horizontales en los elementos de base y puntales diagonales, en los que 45 también van dispuestos cables de conexión/varillas de anclaje con los que se pretensan horizontalmente los elementos de cimentación. Solo mediante un pretensado horizontal se consigue que el cimiento sea resistente. Así, el documento EP 1 058 787 B1 describe un cimiento formado por piezas prefabricadas individuales de hormigón, con una sección de superficie y una sección de zapata, estando al menos estas dos secciones conectadas entre sí vertical y horizontalmente.

50 La desventaja aquí es que se requieren costes y un trabajo considerables para conectar los elementos y crear el cimiento estáticamente resistente.

El documento EP 1 074 663 A1 describe un cimiento para un aerogenerador con un cuerpo central como zapata con nervaduras/protuberancias/soportes en forma de estrella que se extienden lateralmente atornillados al mismo. Las nervaduras y el cuerpo central se atornillan horizontalmente en obra. Las piezas están prefabricadas, entre otras cosas, de hormigón y se entregan en camión hasta la obra, se colocan mediante grúa y se unen horizontalmente entre 55 sí mediante bridas y uniones roscadas *in situ*. Además, son necesarios anclajes en el exterior de las nervaduras para garantizar una transferencia de carga suficiente.

La desventaja aquí es que se requieren costes y un trabajo considerables para conectar los elementos y crear el cimiento estáticamente resistente. También se requieren anclajes adicionales.

El documento WO 2004/101898 A2 da a conocer un cimiento para un aerogenerador compuesto por piezas individuales prefabricadas de hormigón, previéndose un cuerpo central al que se atornillan horizontalmente cuerpos superficiales, o componiéndose el cimiento exclusivamente de componentes que presentan tanto una sección plana como una sección a modo de zapata, uniéndose estas horizontalmente mediante tornillos contra bridadas.

- 5 La desventaja aquí es que se requieren costes y un trabajo considerables para conectar los elementos y crear el cimiento estéticamente resistente.

El documento EP 2182201 A1 revela dos cimientos diferentes para un aerogenerador. En ambos casos se construye un cimiento a partir de piezas prefabricadas de hormigón tras su correspondiente entrega en obra. Ambos contienen una sección plana y una sección a modo de zapata. En la variante 1 está previsto un cuerpo central. A este se fijan los nervios/elementos de superficie. Cuando se ensamblan, las nervaduras forman un cuerpo poligonal. El cuerpo central presenta un saliente que está rodeado por una escotadura correspondiente en las nervaduras. Las nervaduras también se bloquean contra el cuerpo central mediante una anilla de amarre. Se proporcionan varillas de anclaje en los cuerpos de superficie para montar la torre. En la segunda variante, las nervaduras tienen elementos de anclaje que sobresalen horizontalmente y que, una vez ensamblados, se extienden radialmente hacia el centro del cimiento. 10 Se proporcionan placas debajo y encima de los anclajes. El hormigón *in situ* se coloca en la cavidad así formada para conectar los anclajes entre sí y formar un cuerpo central. En ambas variantes se simplifica la conexión horizontal. Sin embargo, tanto las nervaduras como el cuerpo central tienen dimensiones y masas que complican el transporte. 15

Los documentos WO 2017/141095 A1 y WO 2017/141098 A1 también describen un cimiento para un aerogenerador. Este cimiento está formado por cuerpos nervados prefabricados, que en su extremo interior presentan una sección de zapata sobre la que está dispuesta la torre del aerogenerador. Las nervaduras se extienden como rayos hacia fuera. 20 En otra forma de realización, las secciones entre las nervaduras están llenas con elementos de placa que se atornillan a las nervaduras con bridás para formar una placa. En el medio, en lugar de un cuerpo central, se proporciona un manguito de acero, que está conectado a refuerzos dispuestos dentro de las nervaduras y vigas de refuerzo dispuestas en la cavidad interior. Las nervaduras tienen una placa base, sobre la que se disponen en una sola pieza 25 un elemento de refuerzo diagonal y la sección de zapata. Las secciones de zapata están conectadas entre sí horizontalmente mediante elementos machihembrados. Además, las secciones de zapata presentan aperturas horizontales en las que hay previstos elementos de apriete para unir horizontalmente las secciones de zapata. Además, en las secciones de zapata están fundidas varillas de anclaje para unir la torre a los cimientos. Además, 30 también se dan a conocer anclajes externos al suelo. El documento US2011/061321A1 también describe otros cimientos para aerogeneradores.

La desventaja aquí es que se requieren costes y un trabajo considerables para conectar los elementos y crear el cimiento estéticamente resistente.

Por lo tanto, el objetivo de la invención es superar las desventajas antes mencionadas y hacer que los cimientos para aerogeneradores, en particular para aerogeneradores con torres de hormigón, se puedan construir de manera económica a partir de elementos prefabricados. 35

Resulta conveniente que los elementos horizontales presenten una sección de soporte para la primera sección, preferentemente a modo de zapata, que esté dividida en al menos dos secciones parciales mediante una escotadura prevista entre las secciones parciales, preferentemente accesible, de las cuales al menos una esté unida de manera portante a la primera sección dispuesta por encima de ella.

- 40 De este modo es posible proporcionar de forma especialmente sencilla un cimiento que se pueda unir a la torre, preferentemente a una torre de hormigón.

Otra exposición de la invención prevé que la escotadura esté dispuesta en la primera sección debajo de una apertura para el paso de un elemento de pretensado de la torre del aerogenerador. Otra exposición de la invención prevé que la primera sección parcial esté prevista en el extremo interior delantero del elemento horizontal. De este modo se 45 puede realizar el pretensado de forma especialmente sencilla.

El objetivo según la invención se resuelve tanto en cuanto el cimiento está construido esencialmente a partir de elementos prefabricados de hormigón armado, previéndose como cuerpo de cimentación en contacto con el suelo una sección que se extiende esencialmente en dirección horizontal, sobre la que se extiende una sección a modo de zapata que se extiende verticalmente, que se presenta como un elemento de zapata cerrado de forma anular o poligonal, 50 caracterizándose por que la sección horizontal está formada por al menos tres elementos horizontales, y por que los elementos horizontales se disponen dependiendo de los parámetros de la torre a levantar, estando dispuestos los elementos horizontales a lo largo de una viga que parte del centro, desplazándose los elementos horizontales hacia dentro o hacia fuera para formar espacios interiores de diferentes tamaños. También es ventajoso que se utilicen elementos horizontales idénticos. Esto permite de manera especialmente sencilla prever un cimiento en función de las 55 dimensiones de la torre a construir. En particular, es posible crear cimientos para diferentes radios de torre con un tipo de elemento horizontal, moviendo correspondientemente los elementos horizontales en paralelo, como se explica en particular en el ejemplo de realización preferido.

- 5 Otra exposición de la invención prevé que la primera sección presente únicamente un elemento de zapata cerrado. Es ventajoso que el elemento de zapata se moldee al menos parcialmente en un encofrado *in situ*. Además, es ventajoso que en los elementos horizontales estén previstos medios de conexión, que están moldeados para establecer una unión con el elemento de zapata. De esta manera se puede fabricar el elemento de zapata de forma económica. Al mismo tiempo se puede reducir el esfuerzo de transporte en la zona de la zapata.
- 10 Otra exposición de la invención prevé que el elemento de zapata esté formado al menos en parte por piezas prefabricadas de hormigón semiacabadas, que se llenan con hormigón *in situ*. Esto permite reducir aún más la cantidad de trabajo involucrado en la creación del encofrado. De este modo se puede fabricar el elemento de zapata de forma económica. Al mismo tiempo se puede reducir el esfuerzo de transporte en la zona de la zapata.
- 15 10 Otra exposición de la invención prevé que el al menos un elemento de zapata de la primera sección presente al menos una apertura sustancialmente vertical, en donde está dispuesto un elemento de refuerzo, un elemento de pretensado, un elemento de refuerzo o un elemento de anclaje sustancialmente vertical, preferiblemente una varilla roscada. De este modo es posible realizar el cimiento de forma rápida y económica con especial facilidad.
- 20 15 Otra exposición de la invención prevé que la sección de soporte del elemento horizontal de la segunda sección tenga al menos una apertura esencialmente vertical que, cuando se ensambla, está alineada con la al menos una apertura esencialmente vertical del al menos un elemento de zapata de la primera sección. De este modo es posible realizar el cimiento de forma rápida y económica con especial facilidad.
- 25 20 Otra exposición de la invención prevé que el al menos un elemento de zapata de la primera sección y los al menos dos elementos horizontales de la segunda sección estén conectados entre sí mediante el elemento de apuntalamiento, elemento de pretensado, elemento de refuerzo o elemento de anclaje esencialmente vertical de tal manera que para transferir las cargas del aerogenerador no se necesitan otros medios de fijación, en particular medios de fijación horizontales. Sorprendentemente se ha demostrado que se puede prescindir fácilmente de medios de conexión horizontales.
- 30 25 Otra exposición de la invención prevé que por debajo o dentro de la segunda sección esté previsto al menos un tope, contra el cual se disponen y apuntalar los elementos de apuntalamiento esencialmente verticales, y/o que por encima o dentro de la primera sección esté previsto un tope, contra el cual los elementos de apuntalamiento esencialmente verticales están dispuestos y apuntalados, siendo el tope superior preferentemente una brida de la torre del aerogenerador. Esto permite garantizar fácilmente un apuntalamiento o pretensado seguro.
- 35 30 Otra exposición de la invención prevé que el elemento de zapata cerrado de la primera sección esté compuesto por al menos dos segmentos. Esto permite un fácil transporte incluso en tamaños que solo serían posibles con un transporte especial o no serían posibles.
- 40 35 Otra exposición de la invención prevé otra sección a modo de zapata, que esté dispuesta debajo de la segunda sección y que presente al menos un elemento de zapata cerrado, preferiblemente en forma de manguito, y que la sección adicional sea necesaria para retirar las cargas del aerogenerador.
- 45 40 Otra exposición de la invención prevé que el elemento de zapata cerrado de la primera sección y/o de la siguiente sección esté compuesto por al menos dos segmentos, estando prevista una zona de conexión entre los segmentos. Esto permite un fácil transporte incluso en tamaños que solo serían posibles con un transporte especial o no serían posibles.
- 50 45 Otra exposición de la invención prevé que los segmentos se solapen en la zona de conexión, superponiéndose también las aperturas en la zona de solape. Esto permite un fácil transporte incluso en tamaños que solo serían posibles con un transporte especial o no serían posibles.
- 55 50 Otra exposición de la invención prevé que los segmentos en la zona de conexión se unan entre sí con superficies de apoyo esencialmente verticales, previéndose preferentemente distancias entre las superficies de apoyo. Otra exposición de la invención prevé que de los segmentos en la zona de conexión surjan elementos de refuerzo esencialmente horizontales, que se superponen en la zona de conexión. Esto puede proporcionar una conexión simple y segura.
- 55 55 Otra exposición de la invención prevé que los segmentos en la zona de conexión se estrechen en función de la altura de los segmentos y/o de la anchura de los segmentos, estando previstas aperturas preferentemente en las secciones estrechadas. Otra exposición de la invención prevé que los elementos de refuerzo horizontales se solapen en las secciones estrechadas. Otra exposición de la invención prevé que la zona de conexión y/o la zona estrechada se llene con un mortero y/o hormigón *in situ*. Sorprendentemente se ha demostrado que de este modo se consigue una unión especialmente resistente y económica en caso de proporcionarse segmentos.
- Otra exposición de la invención en relación con todas las soluciones de la invención prevé que se dispongan juntas verticales y horizontales entre los elementos disponiendo espaciadores verticales y/u horizontales entre los elementos. Otra exposición de la invención en relación con todas las soluciones de la invención prevé que las juntas verticales y/u horizontales entre los elementos se rellenen al menos parcialmente con un mortero. Esto favorece la estabilidad del cimiento, ya que las demás medidas se refuerzan proporcionando una conexión monolítica.

Se da a conocer un método para producir un cimiento para un aerogenerador, en particular un cimiento descrito anteriormente, estando el cimiento construido esencialmente a partir de elementos prefabricados, preferiblemente de hormigón armado, previéndose una sección que se extiende sustancialmente horizontalmente como cuerpo del cimiento en contacto con el suelo, sobre la que se dispone una sección a modo de zapata que se extiende verticalmente, que está prevista como elemento de zapata cerrado, preferentemente en forma de manguito, de forma anular o poligonal, estando formada la sección horizontal por al menos tres elementos horizontales, y disponiéndose los elementos horizontales en función de los parámetros de la torre a construir.

Resulta ventajoso que los elementos horizontales estén dispuestos lateralmente distanciados entre sí o que los elementos horizontales estén dispuestos lateralmente paralelos y distanciados entre sí.

- 10 Además, es ventajoso que la sección a modo de zapata se cree en la sección que se extiende esencialmente horizontal, dotando al encofrado de refuerzo y/o al menos parcialmente piezas semiacabadas de hormigón prefabricadas, que luego se vierten con hormigón *in situ*. Esto permite reducir aún más la cantidad de trabajo involucrado en la creación del encofrado. De este modo se puede fabricar el elemento de zapata de forma económica. Al mismo tiempo se puede reducir el esfuerzo de transporte en la zona de la zapata.
- 15 Esto permite una construcción especialmente sencilla de los cimientos, especialmente si se utiliza un solo tipo de elemento horizontal.

La invención se explica a continuación con más detalle mediante ejemplos de realización con referencia a un dibujo. Se muestra en la:

- Fig. 1 a 6 vistas y detalles de una primera forma de realización de un cimiento según la invención,
 20 Fig. 7 a 11 vistas y detalles de una segunda forma de realización de un cimiento según la invención,
 Fig. 12 a 19d vistas y detalles de una tercera forma de realización de un cimiento según la invención, y
 Fig. 20, Fig. 21 un suplemento de la tercera forma de realización según la Fig. 12 a 19d.

Las Fig. 1 a 6, Fig. 7 a 11 y Fig. 12 a 19d muestran una primera, una segunda y una tercera forma de realización de un cimiento 10 según la invención. Los mismos componentes tienen los mismos signos de referencia.

- 25 En la Fig. 1 y la Fig. 13, en una vista en sección, una forma de realización de un cimiento 10 está dispuesta en un foso 101 en el suelo 100 sobre una capa 102 de limpieza. Presentan una primera sección 11 y una segunda sección 12. Además, opcionalmente puede estar prevista una tercera sección (no mostrada) debajo de la segunda sección 12, que entonces está prevista preferiblemente en una depresión (no mostrada).
- 30 La primera sección 11 está construida como zapata 20 a partir de uno o varios elementos 14 de zapata cerrados (véanse las Fig. 4a a 4d / Fig. 9a, 9b / Fig. 15a, 15b), que en este caso están configurados preferentemente como anillos circulares, de modo que la sección 11 de zapata tiene un espacio 15 interior. Según la primera y segunda formas de realización mostradas, los elementos 14 de zapata tienen aperturas 18 verticales en las que, después de que se ha ensamblado el cimiento 10, se proporcionan varillas 19 de anclaje o refuerzo para sujetar, apuntalar o pretensar el cimiento 10.
- 35 Los elementos 14 de zapata están formados por al menos un segmento 16.

Si están previstos varios segmentos 16, los segmentos 16 presentan una zona 17 de conexión, que está realizada de tal manera que los segmentos 16 presentan superficies 38 finales verticales, de las que emergen elementos 36 de refuerzo (véanse las Fig. 6 y 11), que están conectados entre sí a través de medios 37 de conexión. A continuación, se rellena la zona 17 de conexión con mortero 39 u hormigón *in situ*.

- 40 La segunda sección 12 está diseñada de forma plana. Como alternativa, también se puede realizar en forma de estrella. En la Fig. 3 / Fig. 8 / Fig. 14 se muestra una vista superior del cimiento 10. La Fig. 2 / Fig. 7 / Fig. 13 muestran una vista espacial del cimiento 10. La segunda sección 12 está formada por elementos 22 horizontales en forma de elementos nervados. Estos se muestran en la Fig. 5a a 5d / Fig. 10a, 10b / Fig. 18a a 18d. Estos se extienden radialmente hacia fuera visto desde el espacio 15 interior. Tienen una placa 23 base, que es, por ejemplo, trapezoidal, de modo que todas las placas base ensambladas forman una superficie poligonal (véase la Fig. 3) que se aproxima a una forma circular. Como alternativa, también son posibles segmentos circulares (véanse las Fig. 19a a 19d) o una forma mixta de segmento circular y forma trapezoidal. Entre las superficies 44 laterales de las placas 23 base pueden estar previstas preferentemente distancias B que dependen del diámetro de la torre a construir.

- 50 En el extremo 24 interior de la placa 23 base está prevista una sección 25 de soporte, que de manera esencialmente preferible corresponde a la zapata 20 de la primera sección 11. También pueden estar previstas aperturas 18 en la sección 25 de soporte. Alternativamente, se pueden instalar hierros de refuerzo o varillas 19 de anclaje (Fig. 18a a 18d) en alineación con las aperturas 18 en la primera sección 11 en la sección 25 de soporte, por ejemplo, en la primera y segunda secciones 29, 30 de soporte, que se extienden hacia fuera desde el hormigón de la sección 25 a modo de zapata del elemento 22 horizontal. En la sección 25 de soporte está dispuesta la zapata 20 con su al menos un elemento 14 de zapata.

- La sección 25 de soporte está dividida aquí preferiblemente en dos secciones 29, 30 de soporte. Entre las secciones 29, 30 de soporte está prevista una escotadura 33 que está configurada preferentemente de forma accesible. La primera sección 29 de soporte está prevista en el extremo 24 interior del elemento 22 horizontal. En las formas de realización aquí presentadas está configurada como una columna estrecha. Las zonas 31 libres a su derecha e izquierda forman un paso 32 en el estado montado del cimiento para proporcionar acceso a la escotadura 33. La segunda sección 30 de soporte se muestra a modo de zapata en la primera y tercera forma de realización, y se muestra como parte de una pared 26 de refuerzo en la segunda forma de realización. Además, se pueden proporcionar aperturas 18, como se muestra en las Fig. 10a, 10b.
- La pared 26 de refuerzo está dispuesta en ángulo recto sobre la placa base, cuya altura disminuye, por ejemplo, hacia el extremo 27 exterior de la placa 23 base. Entre dos paredes 26 de refuerzo adyacentes, se forma una cavidad 28 abierta hacia arriba, en la que se puede introducir capa 104 de relleno, por lo que se puede aplicar una carga a la segunda sección 12 del cimiento 10.
- Se pueden disponer espaciadores (no mostrados) entre los elementos 14, 16, 22, 30 para permitir/simplemente llenar las juntas con mortero.
- En la Fig. 11 se muestra otra conexión de los segmentos 16. Los segmentos están dispuestos de forma conjunta entre sí. Sin embargo, los segmentos 16 se estrechan en una zona 17 de conexión. En la zona 35 estrechada el elemento 36 de refuerzo sale horizontalmente de los segmentos 16. Los elementos 36 de refuerzo de los segmentos 16 adyacentes, cuando están dispuestos para el montaje, están alineados y se superponen en la zona 17 de conexión/zona 35 estrechada. Estos se unen entre sí mediante medios 37 de conexión, que en la Fig. 11 solo se muestran esquemáticamente. En caso necesario, los segmentos 16 también presentan aperturas 18 en las zonas 35 estrechadas, aunque estas no se muestran en la Fig. 11. Después de la unión de los elementos 36 de refuerzo, las zonas 35 estrechadas se llenan con mortero 39 o con hormigón *in situ*, uniéndose además los segmentos entre sí de forma monolítica/cohesiva, lo que conduce a una unión especialmente estable de los segmentos 16. Es especialmente ventajoso que la zona de solapamiento pueda ser claramente más corta debido a la disposición de los estrechamientos. Además, se reduce significativamente la cantidad de mortero 39 necesaria. Esto hace que el uso de mortero de fraguado más rápido o de hormigón *in situ* sea económico, lo que significa que la instalación de los cimientos se puede realizar más rápidamente. Lo mismo se muestra en la Fig. 6 sin zonas 36 estrechadas, pero con paredes 38 finales planas.
- Los segmentos 16 están provistos, preferiblemente en el centro, de aperturas 40 (dependiendo de la disposición de los elementos de pretensado de la torre), a través de las cuales son guiados los elementos de pretensado de la torre. La parte 41 inferior del segmento 16 sirve entonces como tope para los elementos de pretensado. Las escotaduras 33 están dispuestas de manera que quedan situadas debajo del extremo 42 inferior de las aperturas 40 para que sean accesibles para el pretensado. Además, en los segmentos puede haber previstas depresiones 43. Estas pueden usarse para disponer medios para conectarse a la torre.
- Se puede proporcionar una tercera sección (no mostrada) debajo de la segunda sección 12. Esta sirve para reforzar el cimiento 10. Se ha demostrado que, especialmente en el caso de diámetros de zapata grandes, es posible prever solamente la tercera sección 13 para conseguir una transferencia de carga suficiente.
- Además, la tercera sección (no mostrada) es también, al mismo tiempo que su elemento de zapata más bajo (no mostrado), un tope para los elementos 31 de sujeción de las varillas 19 de anclaje cuando se pretensan si es necesario.
- En este caso pueden estar previstos, por ejemplo, dos elementos 14 de zapata, que están formados por segmentos 16, que a su vez están dispuestos aquí de forma conjunta. Alternativamente también pueden estar previstos otros elementos 14 de zapata. En el elemento 14d de zapata inferior puede estar prevista una depresión (no representada) en la que pueden encajar los elementos de fijación (no mostrados) o en la que pueden estar dispuestos elementos de tope (no mostrados).
- Debajo de la tercera sección (no mostrada) hay una cavidad (no mostrada) en la que desembocan las varillas 19 de anclaje/soportes roscados u otros medios de sujeción alternativos (cables, etc.) y en la que, por ejemplo, se pueden atornillar tuercas como medios de sujeción (no mostradas) en forma de medios pretensores o de frenado. Por motivos de protección contra la corrosión de los elementos de fijación, la cavidad (no representada) se rellena con hormigón *in situ*.
- Como en las Fig. 19a a 19d, es posible formar una segunda sección con un elemento 22 horizontal que tiene espacios 15 interiores de diferentes tamaños, según la invención, moviendo los elementos 22 horizontales hacia dentro o hacia fuera a lo largo de una viga que parte del centro, como muestra la Fig. 19d con la doble flecha A. Hacia dentro queda limitado dado que las superficies 44 laterales de las placas 23 base de los elementos 22 horizontales se tocan entre sí. Hacia fuera depende del radio 45 de la torre a construir, que en las Fig. 19a a 19d está representado por un círculo 46. Preferiblemente, la distancia B es la misma en toda la longitud de las superficies 44 laterales desde el extremo 24 interior hasta el extremo 27 exterior, de modo que dos superficies 44 laterales están dispuestas paralelas entre sí. Esto permite construir de forma sencilla cimientos para torres de diferentes diámetros, preferentemente con un único elemento 22 horizontal.

Para que las cavidades 28 puedan llenarse con capa 104 de relleno y esta no pueda penetrar en el espacio 15 interior, existen elementos 47 en forma de L (Fig. 17a a Fig. 17c), que se colocan contra la segunda sección 30 de soporte, como se muestra en la Fig. 13.

5 Además, se proporcionan placas 48 de cubierta (Fig. 16a a Fig. 16c), que se colocan en dos placas 23 base adyacentes para cubrir la distancia B entre dos superficies 44 laterales de modo que el suelo no pueda entrar en la distancia B o pasar a través de la distancia B. A través de la placa 48 de cubierta, se puede aplicar la carga completa de la capa 104 de relleno a la segunda sección introduciéndola en la cavidad 28.

10 Como alternativa a un elemento 14 de zapata prefabricado o segmentos 16 prefabricados, que se ensamblan *in situ* para formar un elemento 14 de zapata, el elemento de zapata, como se muestra en la tercera forma de realización, también se puede fabricar *in situ* en la sección 25 de soporte usando encofrado (no mostrado), refuerzo (no mostrado) y el vertido *in situ* con hormigón.

15 Para ello se coloca un encofrado (no representado) sobre la sección 25 de soporte según un plano de encofrado. En este encofrado sobresalen las varillas 19 de anclaje previstas en los elementos 22 horizontales o que se pueden insertar en las aperturas 18. Las varillas 19 de anclaje están integradas en el refuerzo (no mostrado) que se proporcionará en el encofrado según un plano de refuerzo. Luego se vierte el hormigón *in situ*. Despues del endurecimiento, el elemento 14 de zapata se conecta con la segunda sección 12 y se puede erigir la torre.

20 Otra alternativa para erigir el elemento 14 de zapata del cimiento 10 según la invención se muestra en las Figuras 20, 21. Como alternativa al encofrado no representado o aquí parcialmente montado (tampoco representado), están previstas piezas prefabricadas de hormigón semiacabadas como placas 49 y 50. Estas se apoyan en las secciones 29, 30 de soporte y, junto con las secciones 29, 30 de soporte, de las que sobresale la varilla 19 de anclaje, forman esencialmente la parte inferior del elemento 15 de zapata. También se prevén elementos 51 y 52 en forma de L para el lado interior del elemento 15 de zapata y para el lado exterior del elemento 15 de zapata. Estos también se apoyan en las secciones 29, 30 de soporte.

25 Las piezas 49, 50, 51, 52 de hormigón semiacabadas contienen refuerzo y además están provistas de un refuerzo que llega hacia fuera (no mostrado).

Además, las piezas 49, 50, 51, 52 de hormigón semiacabadas pueden presentar escotaduras 53 para las varillas 19 de anclaje y/o las aperturas 40.

30 Las piezas 49, 50, 51, 52 de hormigón semiacabadas completamente dispuestas forman preferentemente una cubeta 54 en la que se vierte el hormigón *in situ*. Por ejemplo, se puede proporcionar soporte adicional en la cubeta para aumentar la rigidez del elemento 15 de zapata.

También son posibles combinaciones de encofrados y piezas 49, 50, 51, 52 de hormigón semiacabadas.

Despues del endurecimiento, el elemento 14 de zapata se conecta con la segunda sección 12 y sobre ella se puede erigir la torre.

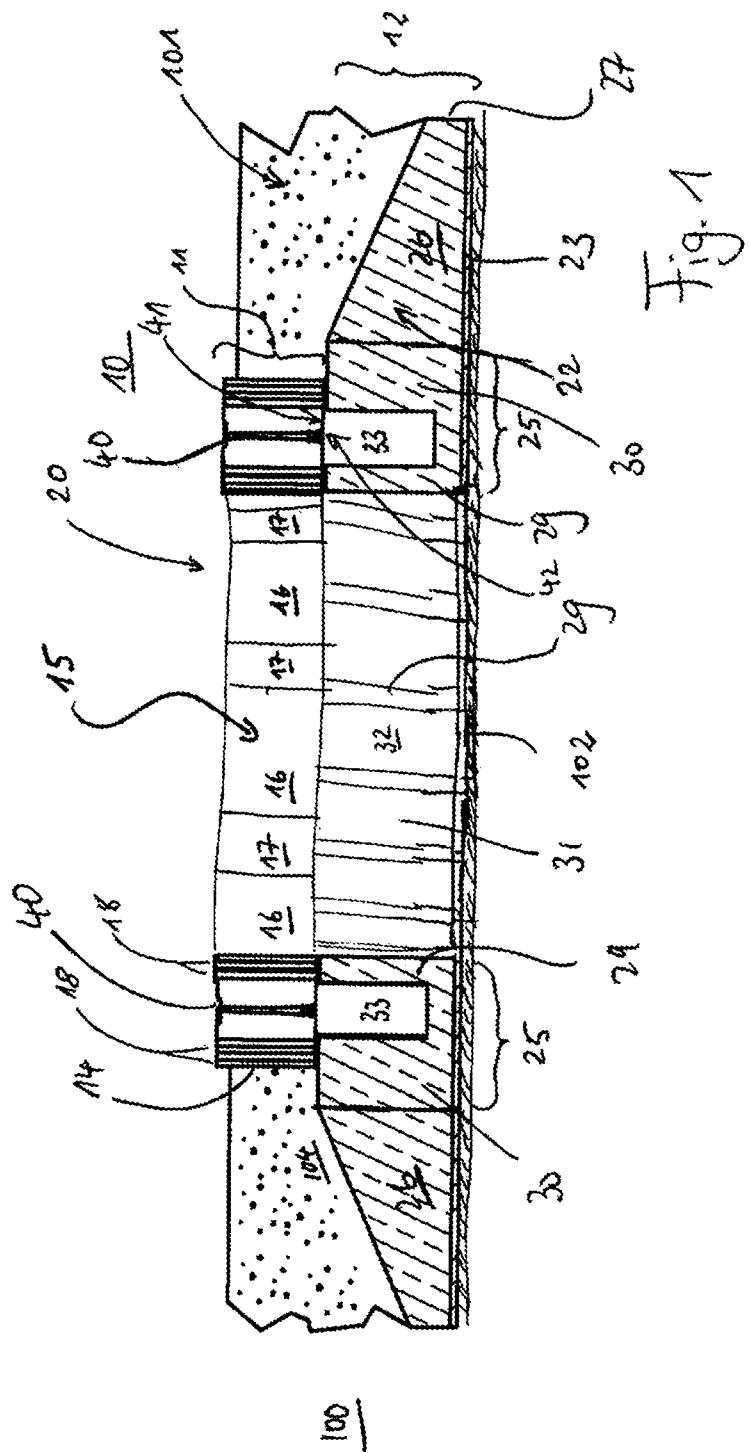
Lista de signos de referencia

35	10	Cimiento	44	Superficie lateral
	11	Primera sección/sección de zapata	45	Radio
	12	Segunda sección	46	Círculo
	14	Elemento de zapata	47	Elemento en forma de L
	15	Espacio interior	48	Placa de cubierta
40	16	Segmento	49	Placa
	17	Zona de conexión	50	Placa
	18	Apertura	51	Elemento en forma de L
	19	Varillas de anclaje	52	Elemento en forma de L
	20	Zapata	53	Escotadura
45	21	Sección de paso	54	Cubeta
	22	Elemento horizontal/elemento nervado	100	Suelo
	23	Placa base	101	Foso

24	Extremo interior	102	Capa de limpieza
25	Sección de soporte	104	Capa de relleno
26	Pared de refuerzo		
27	Extremo exterior	A	Dirección de desplazamiento
5	28 Cavidad	B	Distancia
	29 Primera sección de soporte		*****
	30 Segunda sección de soporte		
	31 Zona libre		
	32 Paso		
10	33 Escotadura		
	35 Zona estrechada		
	36 Elemento de refuerzo		
	37 Medio de conexión		
	38 Superficie final		
15	39 Mortero/hormigón <i>in situ</i>		
	40 Apertura		
	41 Parte inferior		
	42 Extremo inferior		
	43 Depresión		

REIVINDICACIONES

1. Método para la fabricación de un cimiento (10) para un aerogenerador, en el que el cimiento (10) está construido esencialmente a partir de elementos prefabricados de hormigón armado, en el que como cuerpo de cimentación en contacto con el suelo (100) se prevé una sección (12) que se extiende esencialmente horizontalmente, sobre la que se dispone una sección (11) a modo de zapata que se extiende verticalmente, que se prevé como elemento (14) de zapata cerrado, que está diseñado de forma anular o poligonal, en el que la sección (12) horizontal está formada a partir de al menos tres elementos (22) horizontales, y en el que los elementos (22) horizontales se disponen en función de los parámetros de la torre a erigir, caracterizado por que los elementos (22) horizontales están dispuestos a lo largo de una línea (A) que parte del punto central, y por que los elementos (22) horizontales se desplazan hacia el interior o hacia el exterior para formar espacios (15) interiores de diferentes tamaños.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que los elementos (22) horizontales están dispuestos espaciados lateralmente entre sí, o por que los elementos (22) horizontales están dispuestos lateralmente paralelos y espaciados entre sí.
3. Método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que los elementos (22) horizontales presentan una sección (25) de soporte para la primera sección (11), que está dividida en al menos dos secciones (29, 30) parciales por una escotadura (33) prevista entre las secciones (29, 30) parciales, de las cuales al menos una está conectada de manera portante a la primera sección (11) dispuesta por encima de ella.
4. Método según la reivindicación 3, caracterizado por que la escotadura (33) está dispuesta debajo de una apertura (40) en la primera sección (11) para el paso de un elemento de pretensado de la torre del aerogenerador, y/o por que la primera sección (29) parcial está dispuesta en el extremo (24) interior delantero del elemento (22) horizontal.
5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el al menos un elemento (14) de zapata de la primera sección (11) tiene al menos una apertura (18) sustancialmente vertical en la que está dispuesto un elemento de apuntalamiento, un elemento de pretensado, un elemento de refuerzo, un elemento de anclaje o una varilla roscada sustancialmente vertical.
6. Método según la reivindicación 5, caracterizado por que la sección (25) de soporte del elemento (22) horizontal de la segunda sección (12) tiene al menos una apertura sustancialmente vertical que, cuando está montada, está alineada con la al menos una apertura (18) sustancialmente vertical del al menos un elemento (14) de zapata de la primera sección (11).
7. Método según la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que el al menos un elemento (14) de zapata de la primera sección (11) y los al menos dos elementos (22) horizontales de la segunda sección (12) están conectados entre sí por el elemento de apuntalamiento, el elemento de pretensado, el elemento de refuerzo o el elemento de anclaje sustancialmente vertical de tal manera que no se requieren otros medios de fijación, en particular medios de fijación horizontales, para la transferencia de las cargas del aerogenerador.
8. Método según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que por debajo o dentro de la segunda sección (12) se dispone al menos un tope contra el cual se disponen y apuntalan los elementos de apuntalamiento esencialmente verticales, y/o por que por encima o dentro de la primera sección (11) se dispone un tope contra el cual se disponen y apuntalan los elementos de soporte esencialmente verticales.
9. Método según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que se proporciona una sección adicional en forma de zapata, que está dispuesta debajo de la segunda sección (12) y tiene al menos un elemento de zapata cerrado, y por que la sección adicional es necesaria para transferir las cargas del aerogenerador.
10. Método según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que el elemento (14) de zapata cerrado de la primera sección (11) y/o de la sección adicional está compuesto por al menos dos segmentos (16), previéndose una zona (17) de conexión entre los segmentos (16).
11. Método según la reivindicación 10, caracterizado por que los segmentos (16) se superponen en la zona (17) de conexión, superponiéndose también las aperturas (18) en la zona de solape.
12. Método según la reivindicación 10, caracterizado por que los segmentos se unen entre sí en la zona (17) de conexión con superficies (38) finales sustancialmente verticales.
13. Método según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que de los segmentos (16) en la zona (37) de conexión emergen elementos (36) de refuerzo sustancialmente horizontales, que se superponen en la zona (37) de conexión.
14. Método según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que la primera sección (11) tiene únicamente un elemento (14) de zapata cerrado, por que el elemento (14) de zapata está al menos parcialmente moldeado en un encofrado con refuerzo en obra, y/o por que el elemento (14) de zapata está construido al menos parcialmente a partir de piezas prefabricadas de hormigón semiacabadas que se vierten con hormigón *in situ*.
15. Método según la reivindicación 14, caracterizado por que en los elementos (22) horizontales se disponen medios (19) de conexión, que también están fundidos para producir una conexión con el elemento (14) de zapata.



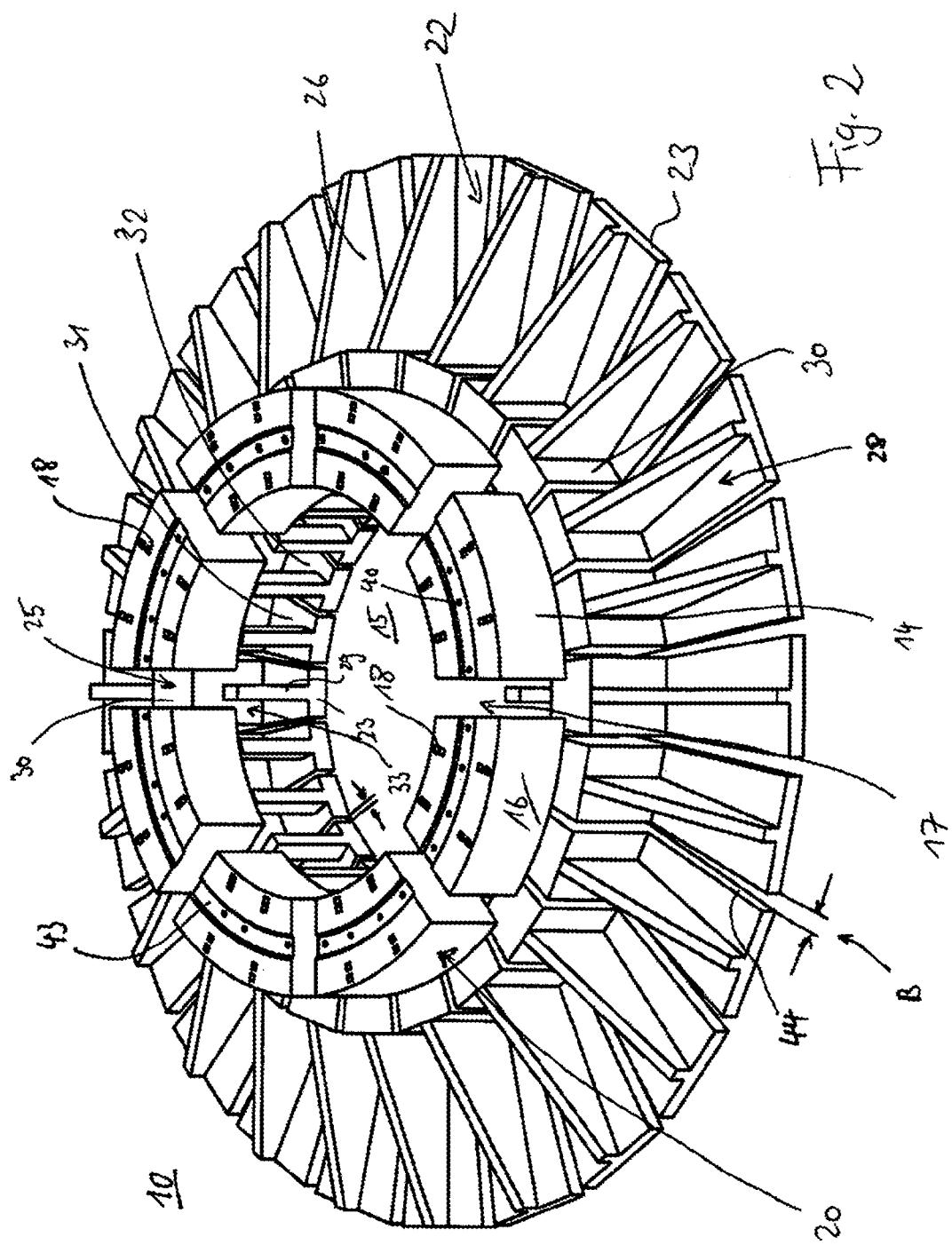
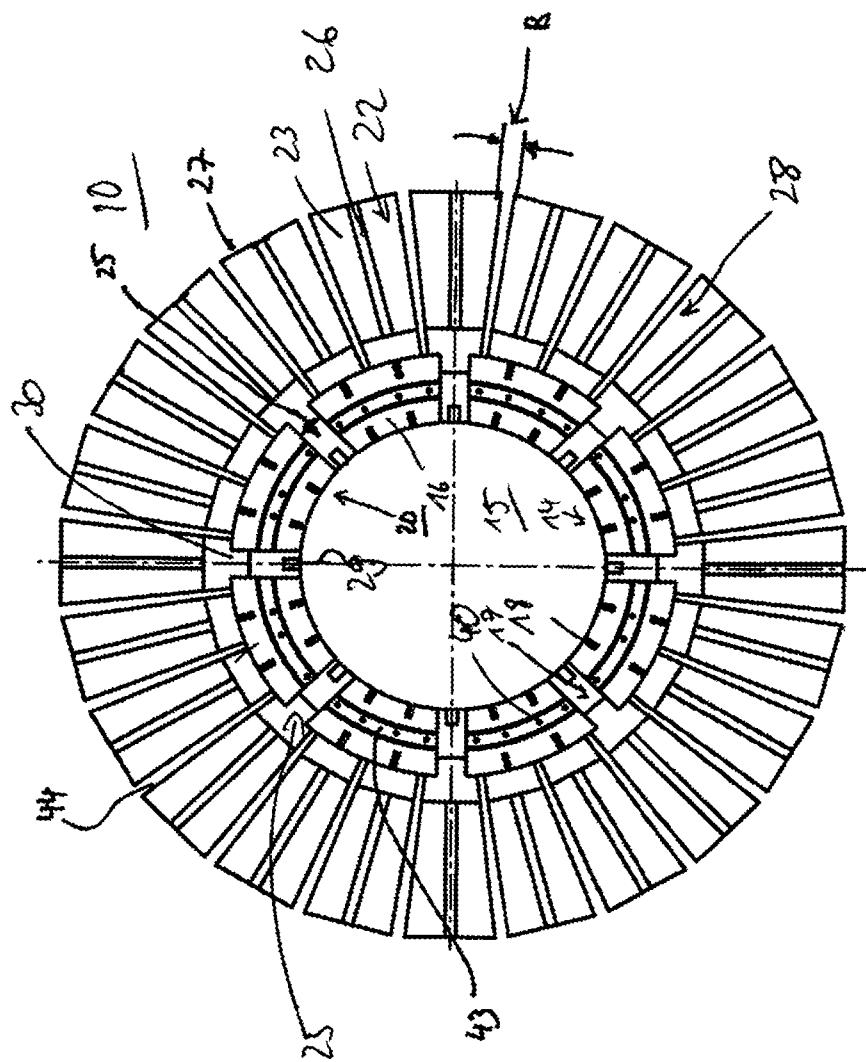
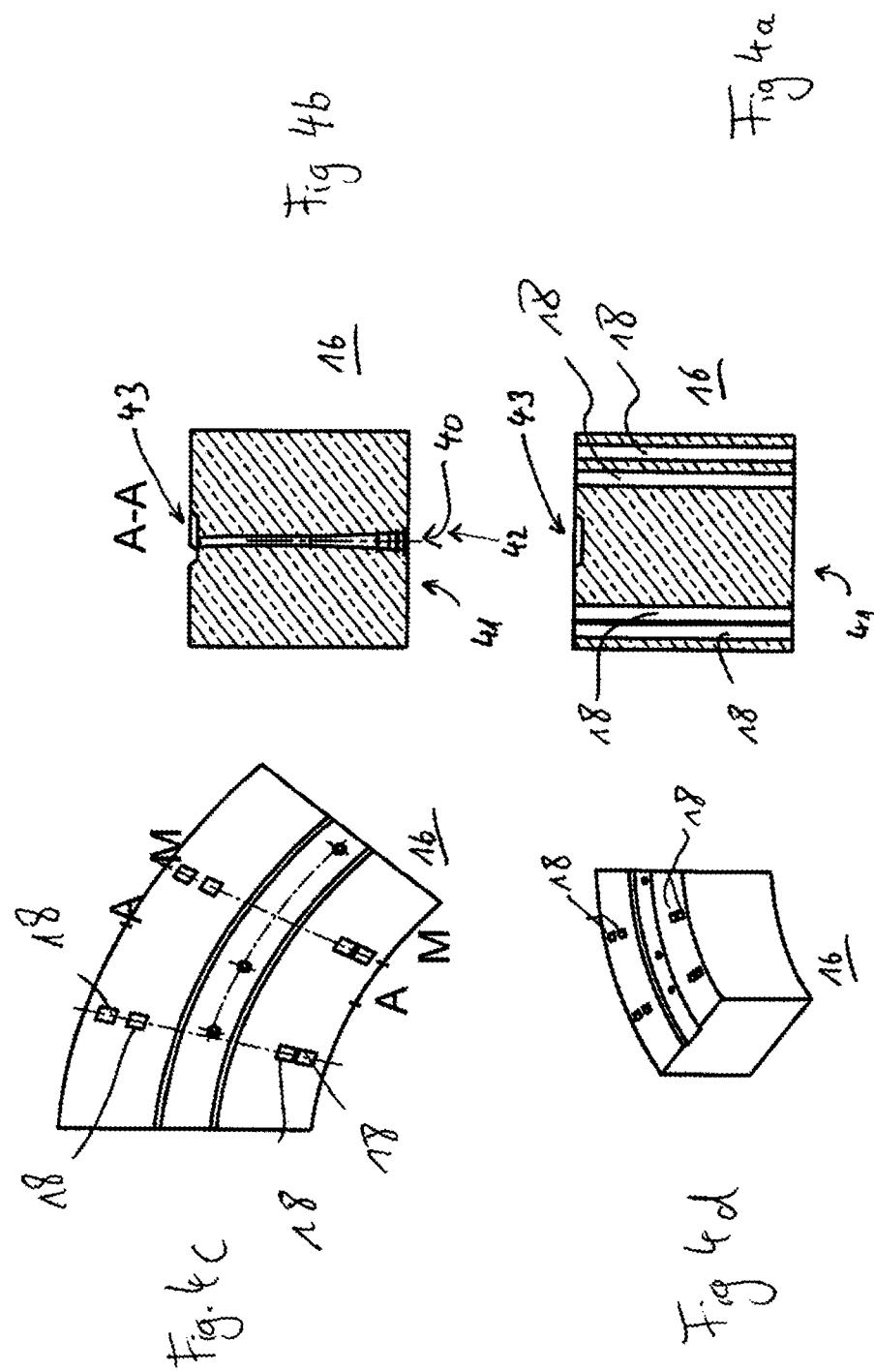


Fig. 3





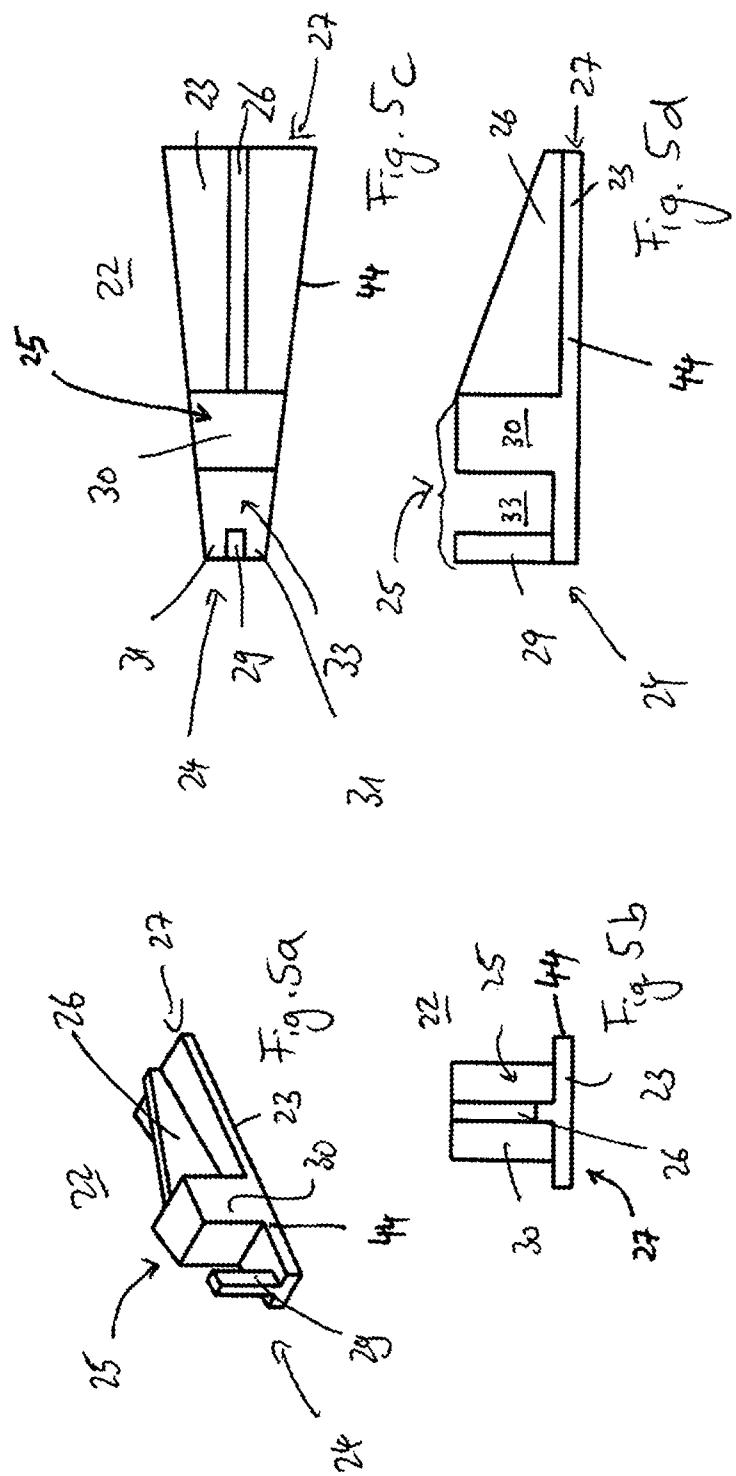
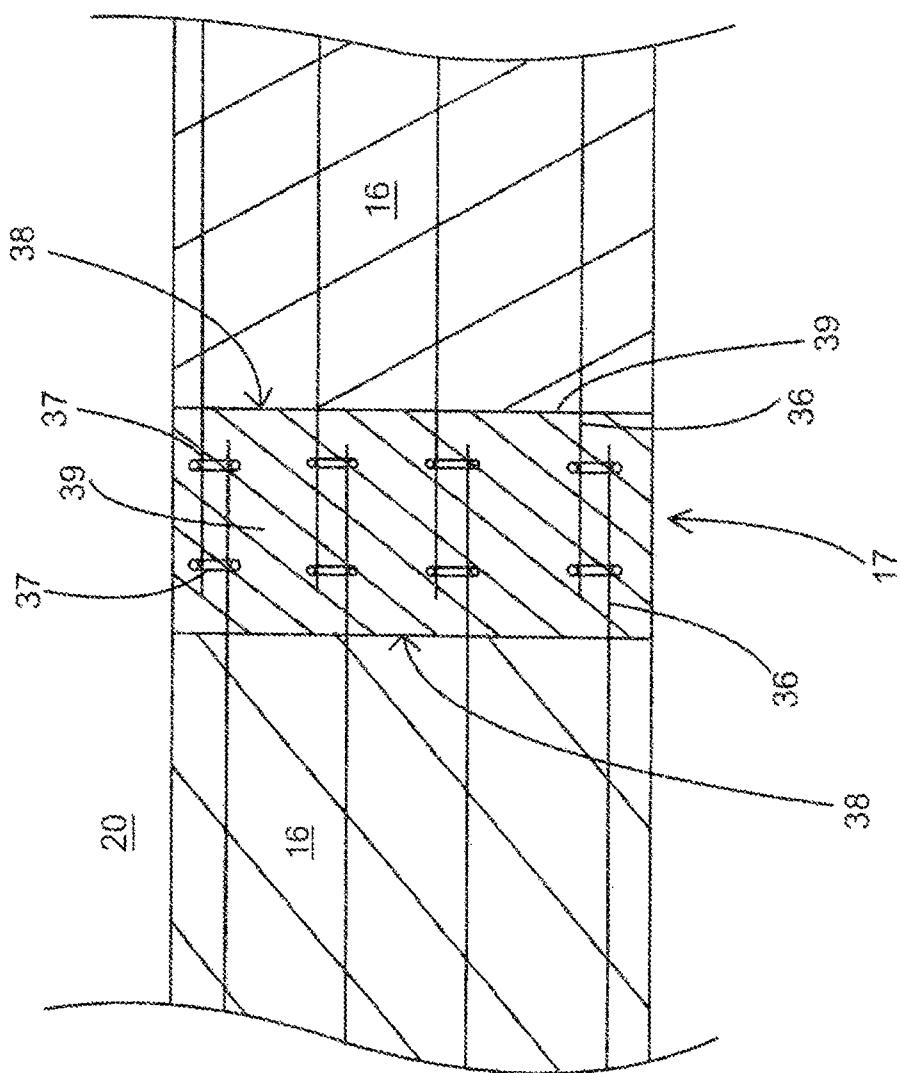


Fig. 6



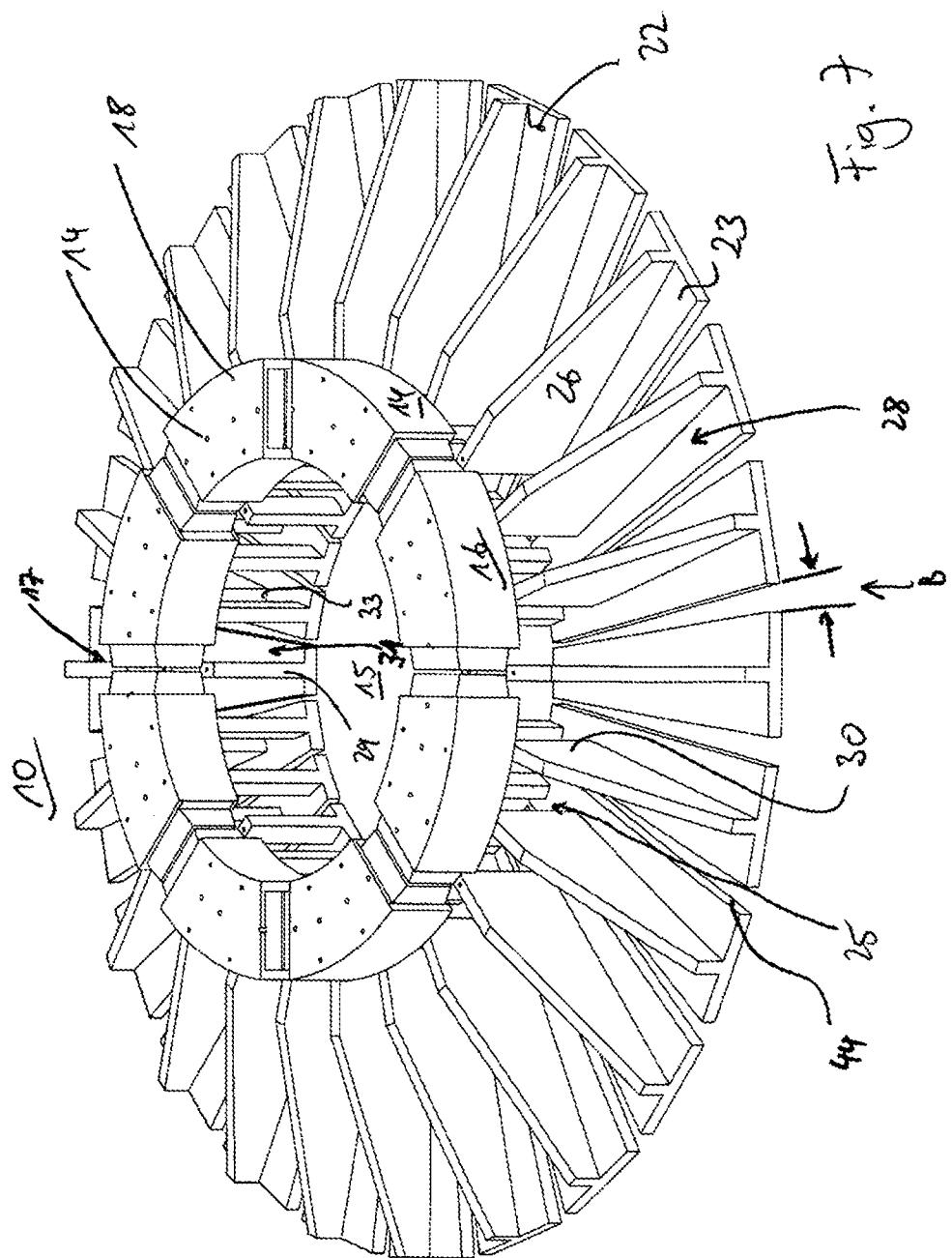
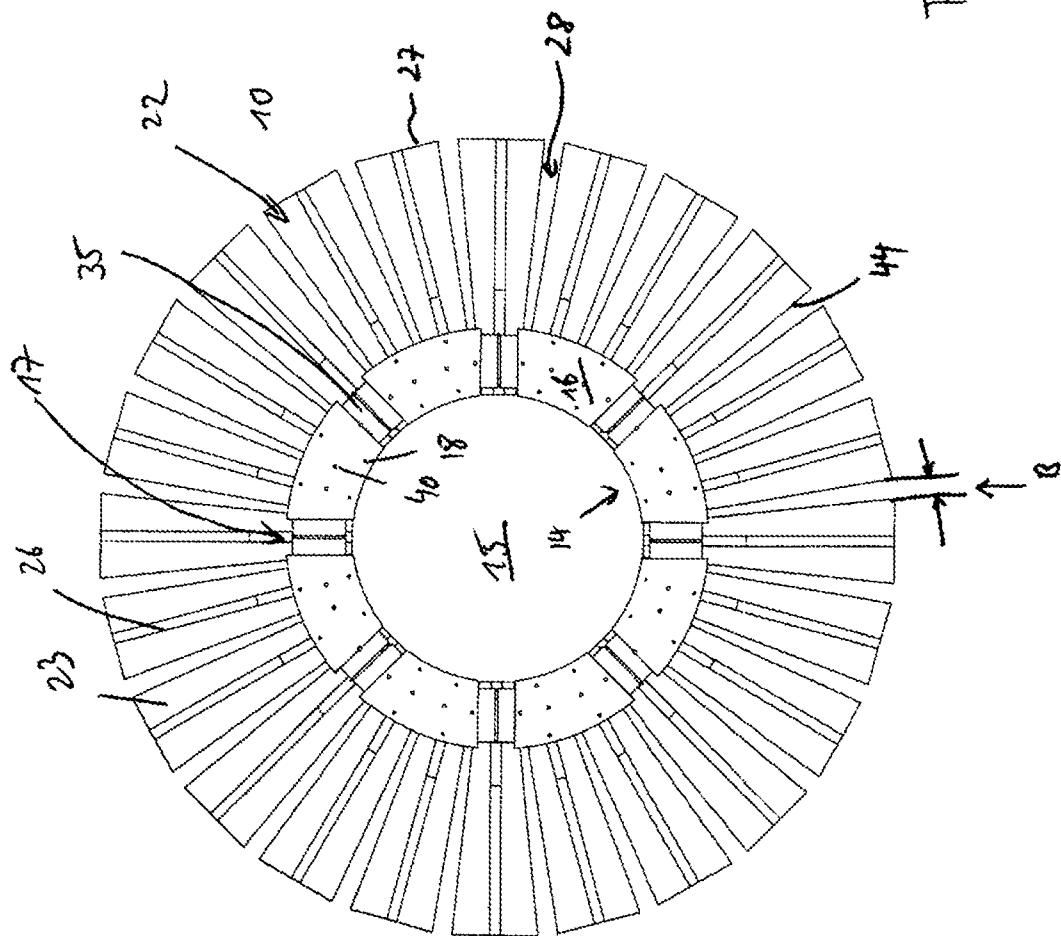
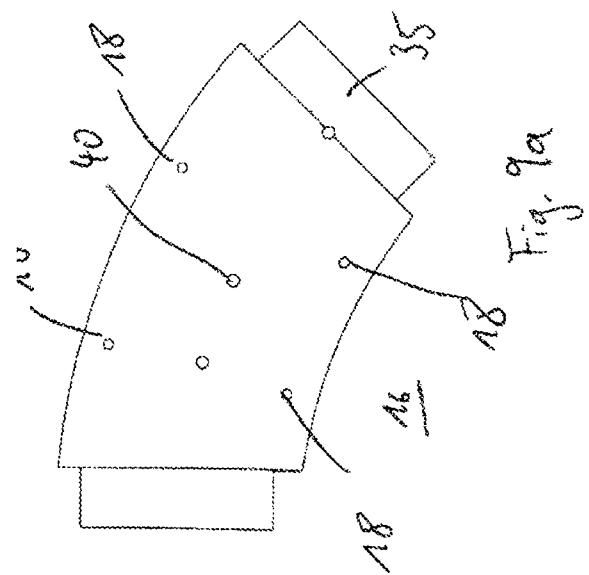
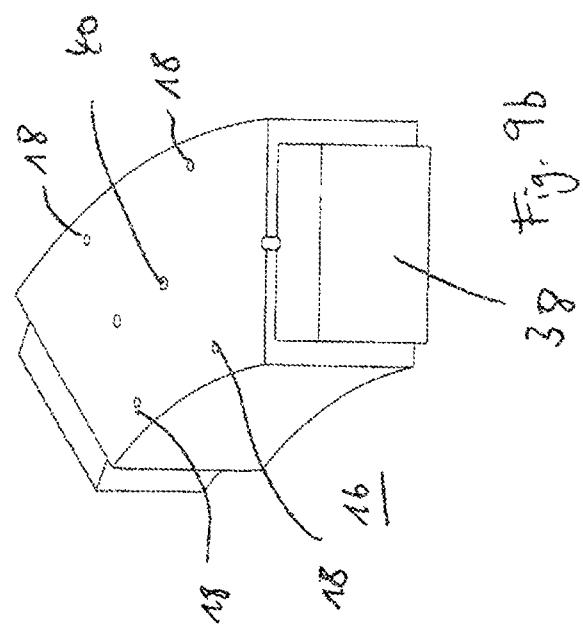


Fig. 8





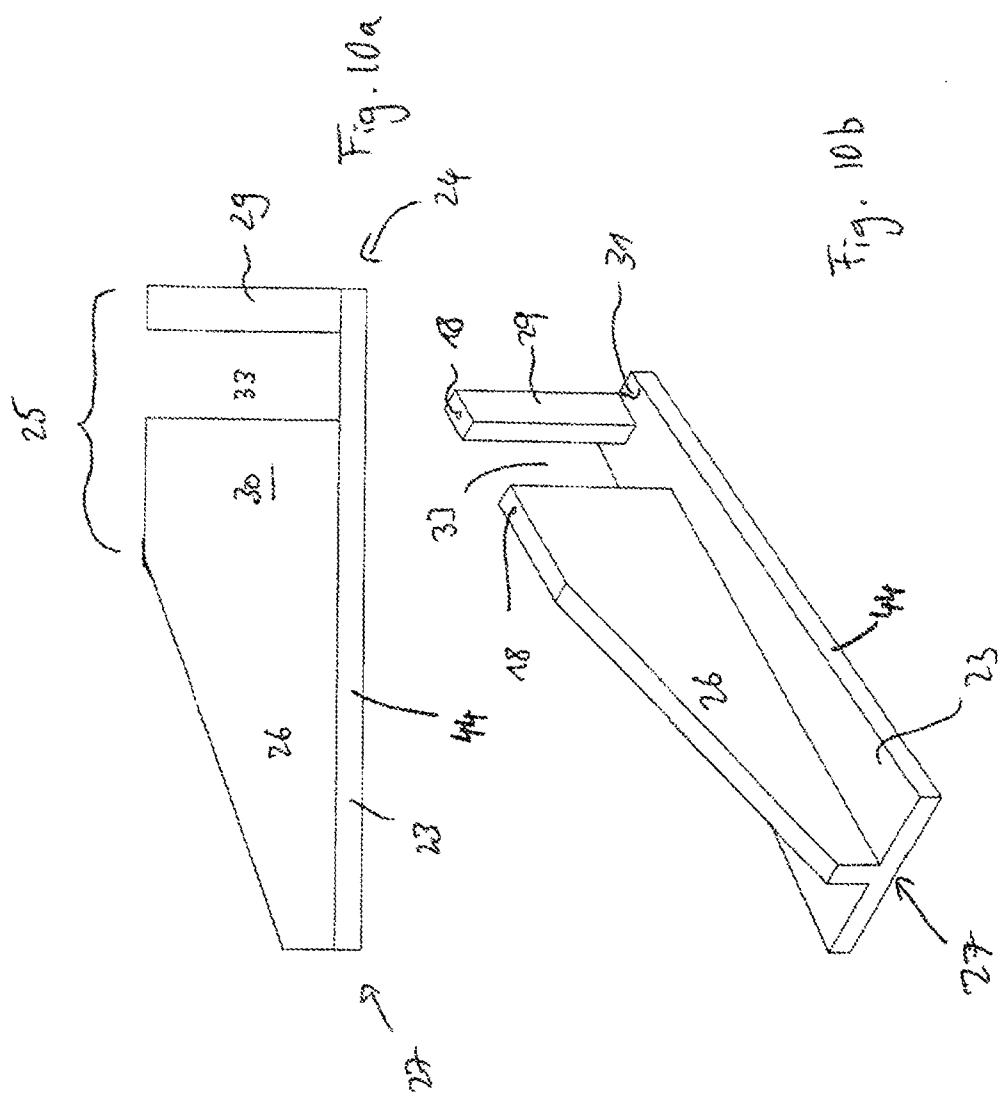
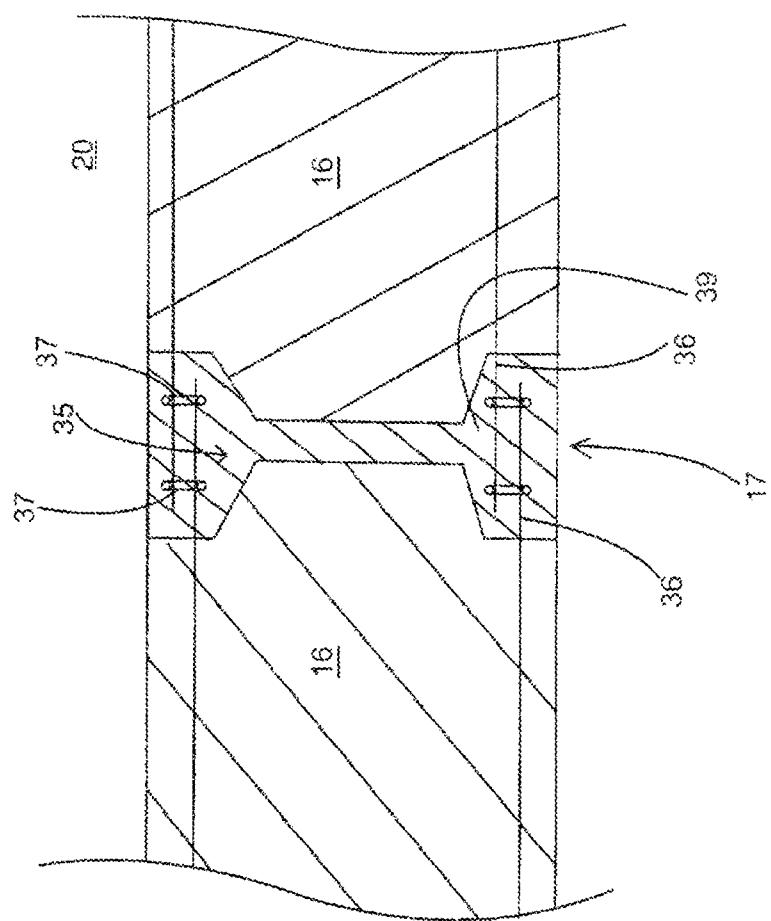


Fig. 11



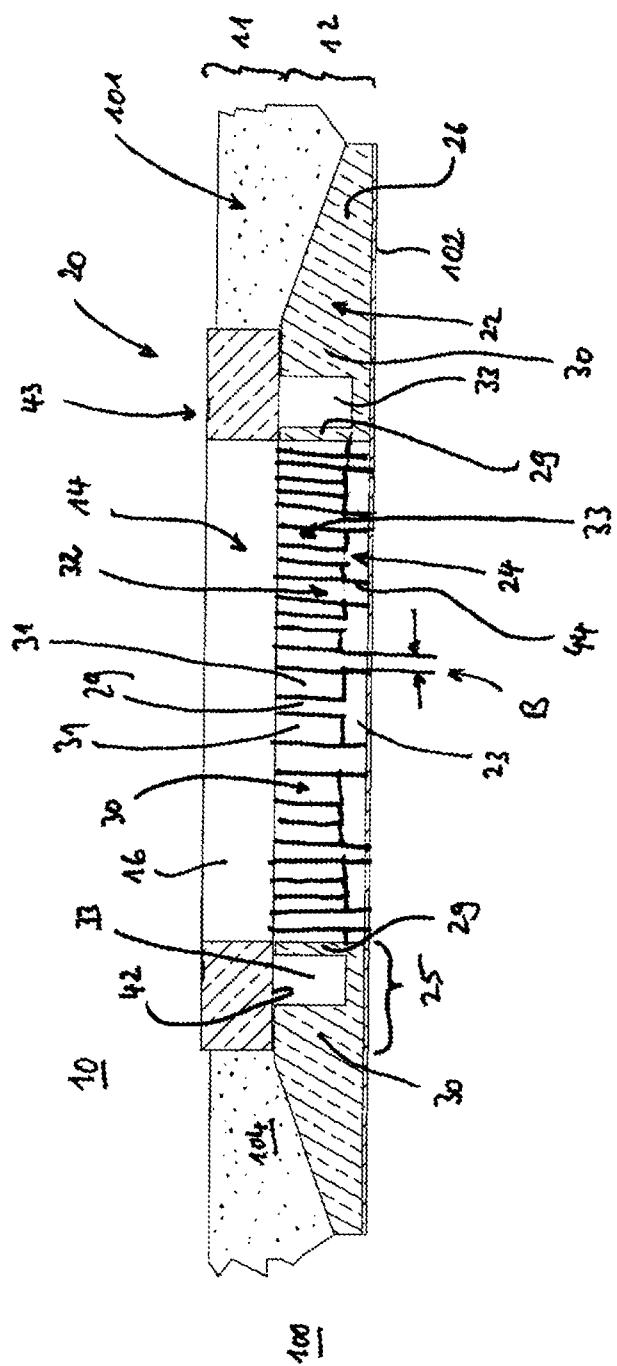


Fig. 12

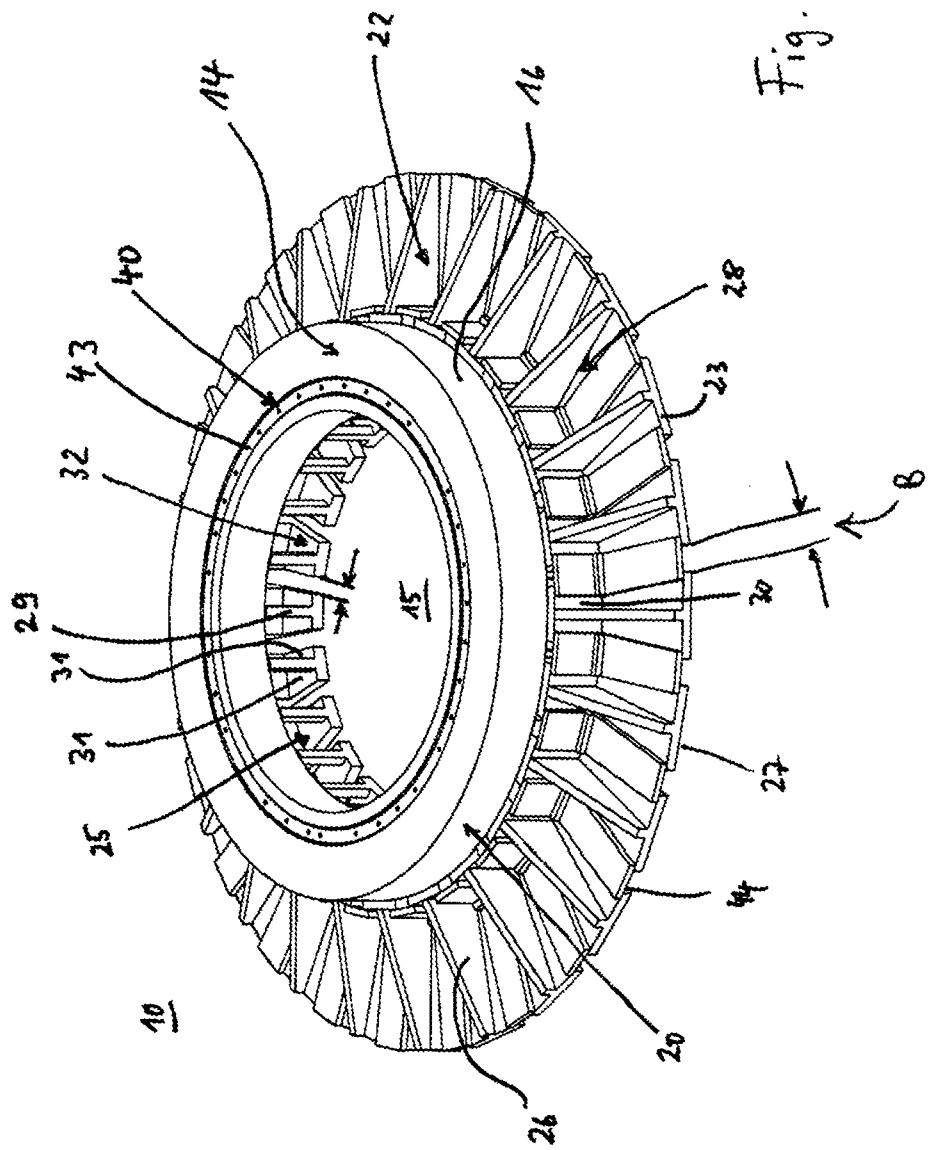


Fig. 13

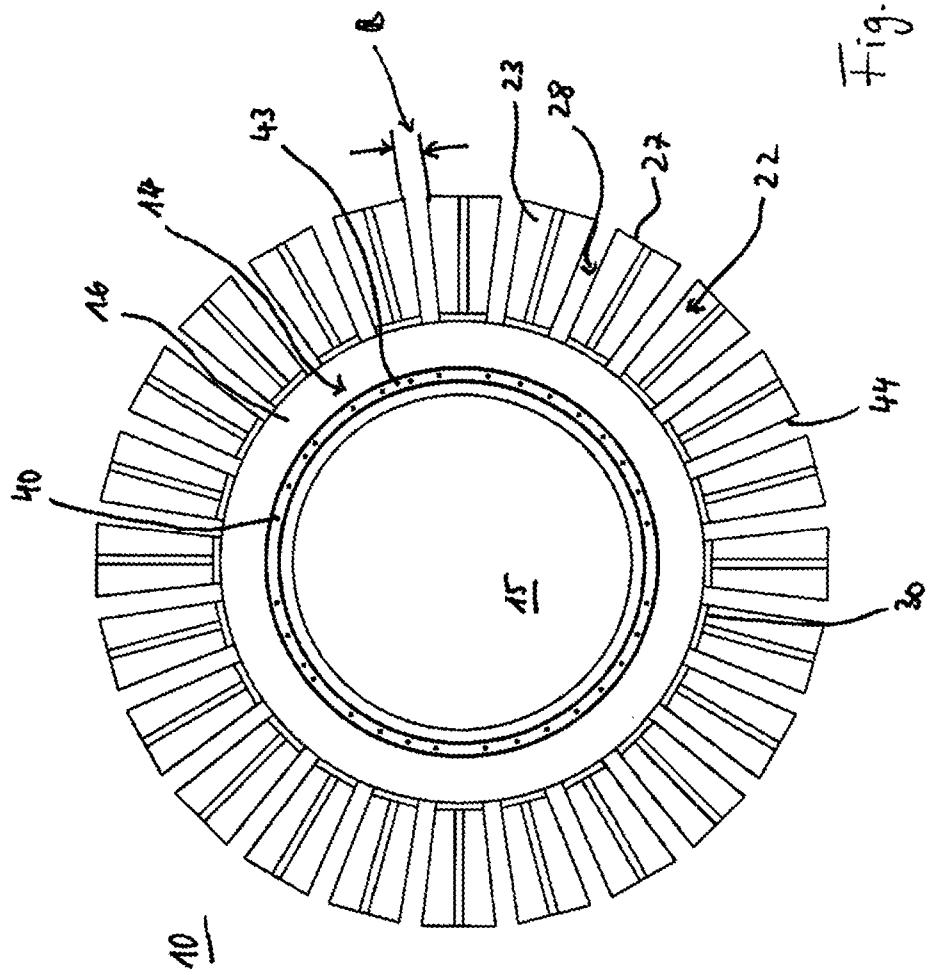


Fig. 14

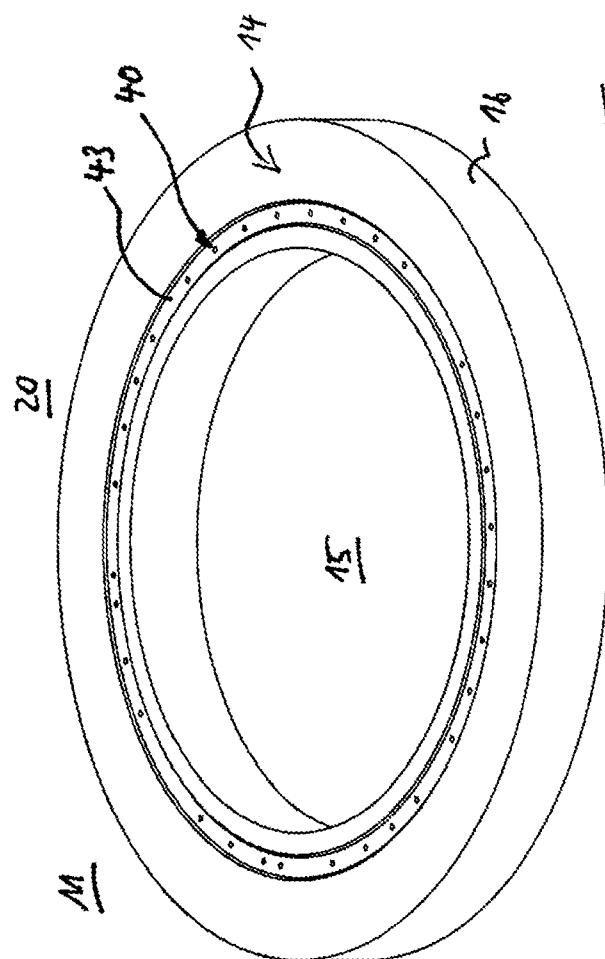


Fig. 15a

Fig. 15b

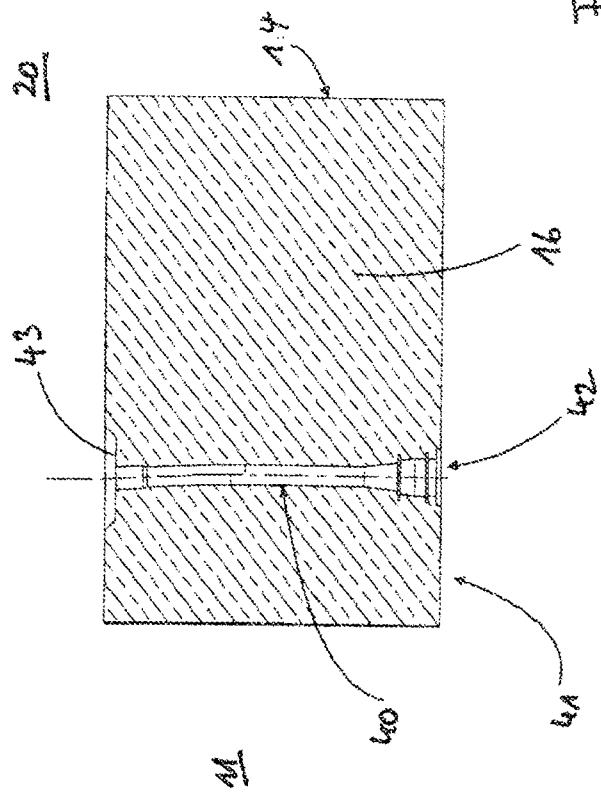
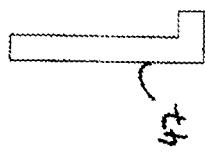
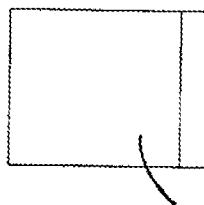


Fig. 17a



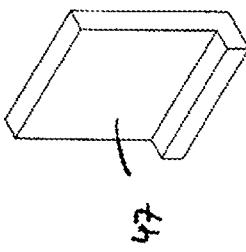
47

Fig. 17b



47

Fig. 17c



47

Fig. 16a



48

Fig. 16b

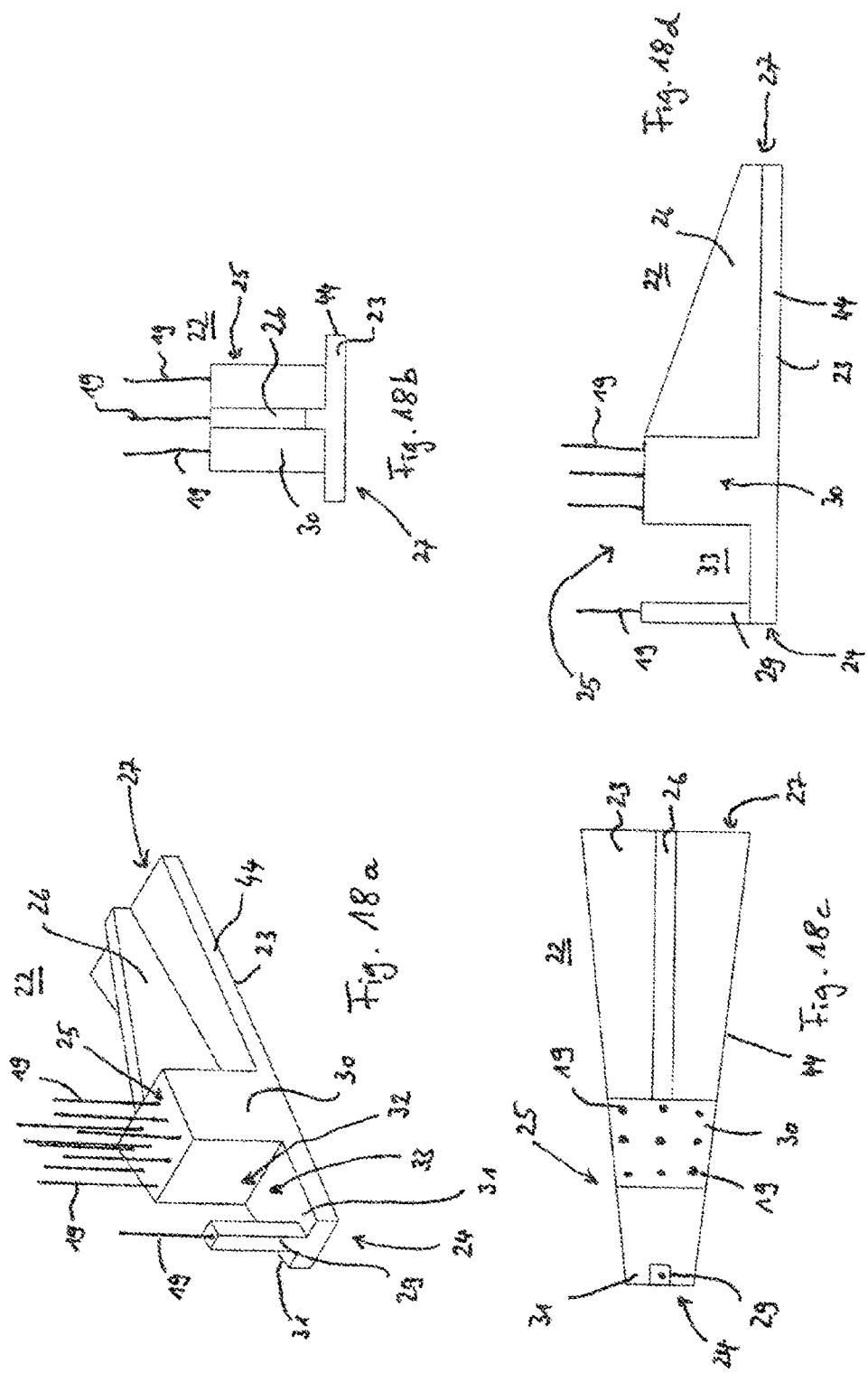


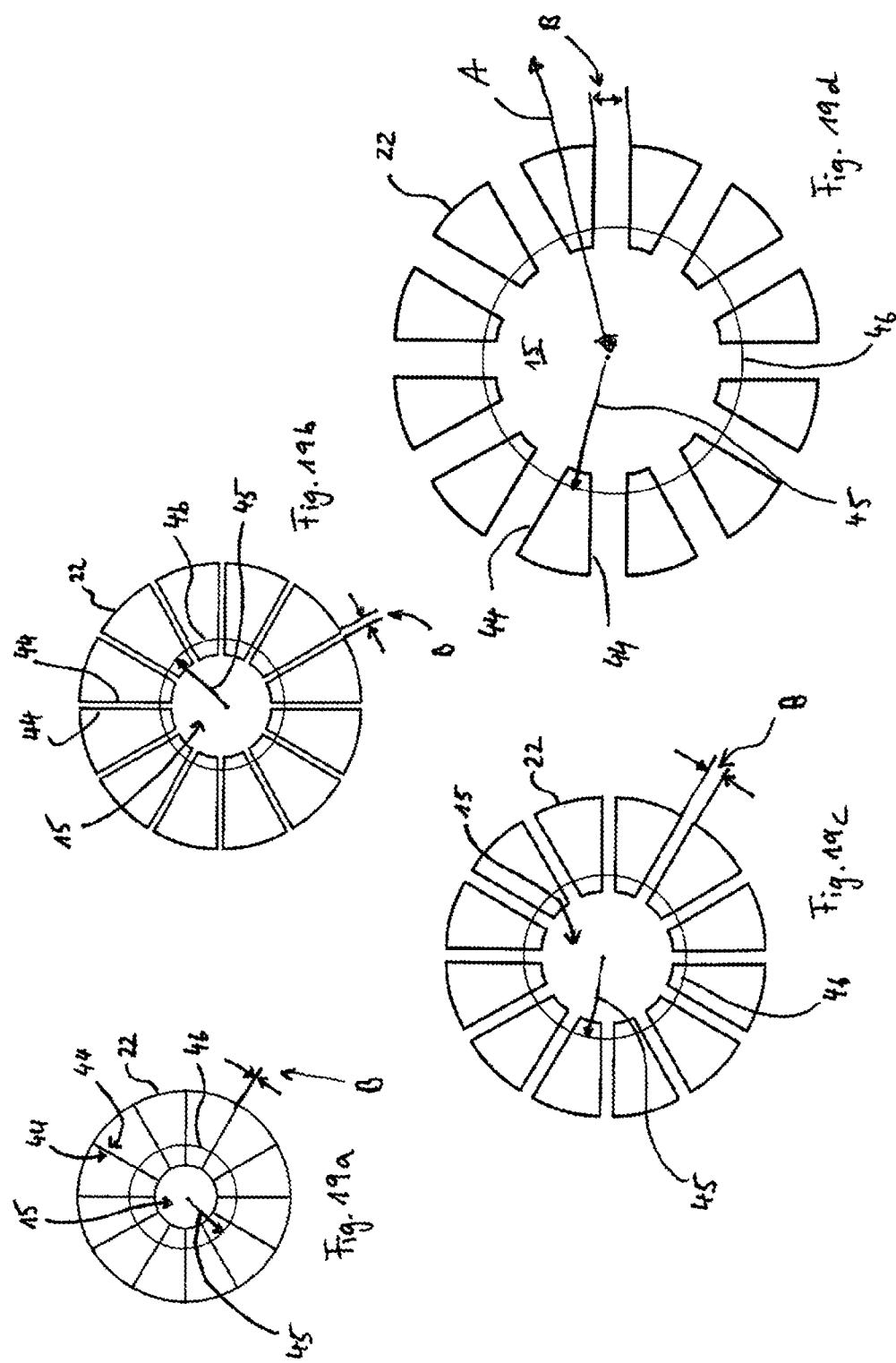
48

Fig. 16c



48





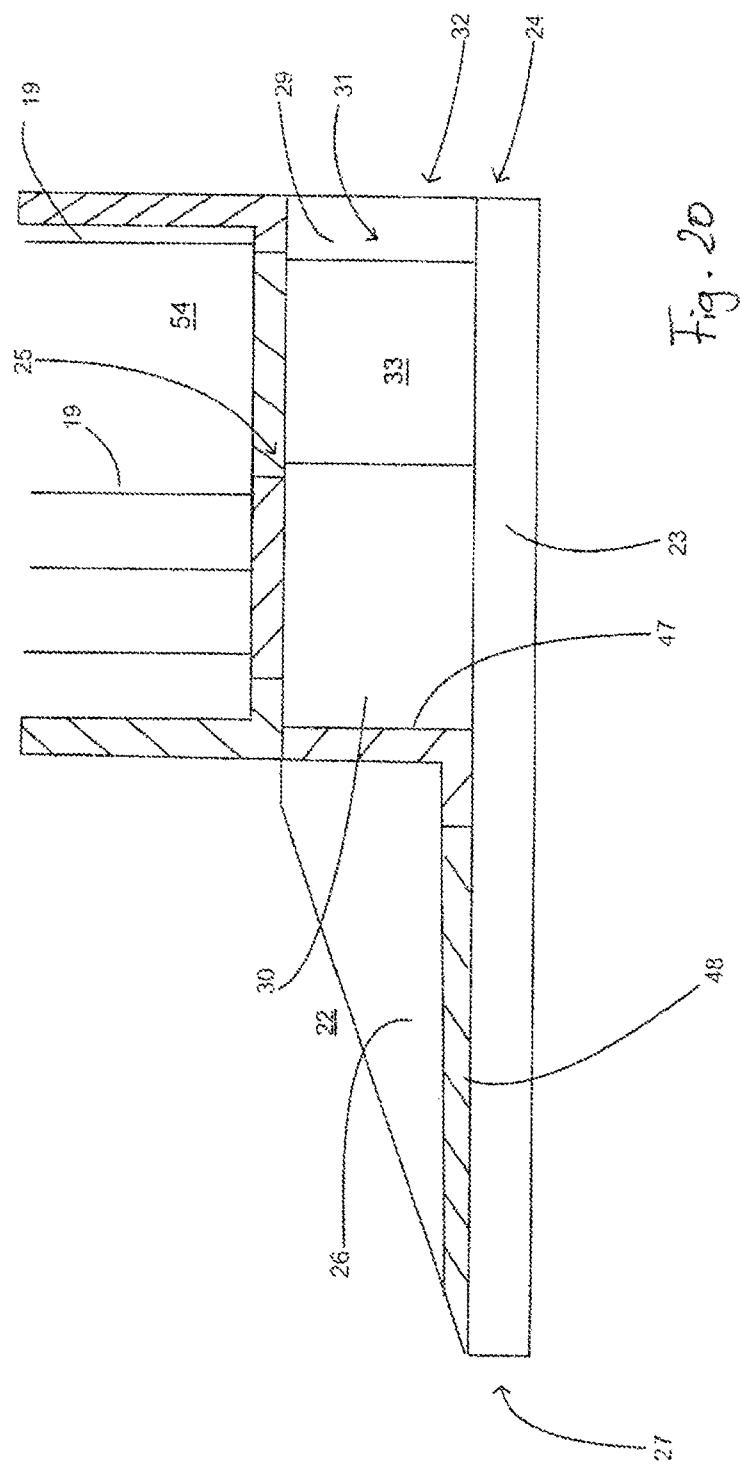


Fig. 20

