



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 33408 B1**
- (51) Cl. internationale : **E04H 12/12; E04H 12/16; F03D 11/04**
- (43) Date de publication : **03.07.2012**
-
- (21) N° Dépôt : **34463**
- (22) Date de Dépôt : **16.12.2011**
- (30) Données de Priorité : **19.05.2009 EP 09380102.5**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/IB2010/052222 19.05.2010**
- (71) Demandeur(s) : **PACADAR S.A., TORRE ESPACIO, P° DE LA CASTELLANA, 259 D E-28046 MADRID (ES)**
- (72) Inventeur(s) : **MARTÍNEZ DE CASTAÑEDA, Francisco Javier ; CIDONCHA ESCOBAR, Manuel**
- (74) Mandataire : **M. MEHDI SALMOUNI-ZERHOUNI**
-
- (54) Titre : **AÉROGÉNÉRATEURS ET MÉTHODE POUR ÉRIGER LA STRUCTURE DE SUPPORT**
- (57) Abrégé : LA STRUCTURE DE L'INVENTION CONSISTE EN UNE SÉRIE DE SEGMENTS DE FÛT (1) DE FORME TRONCONIQUE, CHAQUE SEGMENT COMPRENANT AU MOINS DEUX PIÈCES (2 ET 3) À SECTION SECTORIELLE CIRCULAIRE OU POLYGONALE, LES PIÈCES CONSTITUANTES ÉTANT PRÉCONTRAINTE SUR BANC EN FABRIQUE, AVEC UNE PRÉCONTRAINTE CENTRÉE OU LÉGÈREMENT DÉVIÉE (4) ET UNE OSSATURE PASSIVE (5) DANS LE PÉRIMÈTRE DE LA SECTION OU DES FIBRES, LESDITS PIÈCES ÉTANT JOINTES AU MOYEN DE JOINTS LONGITUDINAUX (6) HUMIDES OU SECS, TOURNÉS EN PLAN OU NON, ET DE JOINTS TRANSVERSAUX (7) POUVANT ÊTRE À DIFFÉRENTS NIVEAUX ET ASSURER OU NON LA CONTINUITÉ DE LA PRÉCONTRAINTE GÉNÉRALE, EN VUE D'UN ASSEMBLAGE AU MOYEN DE BARRES D'ACIER (12) ET, EN CAS DE JONCTION AUX FONDATIONS, AVEC POSITIONNEMENT DIRECT DES ACIERS EN ATTENTE SIMULTANÉMENT À LA RÉALISATION DES FONDATIONS, OU AU MOYEN DE GAINES DESTINÉES À RECEVOIR ULTÉRIEUREMENT LESDITES BARRES (16).

ABRÉGÉSTRUCTURE DE SUPPORT POUR AÉROGÉNÉRATEURS ET MÉTHODE POUR ÉRIGER LA
STRUCTURE DE SUPPORT

- 5 Elle comporte une série de tronçons de fût (1), tronconiques chacun d'eux comportant deux ou plusieurs pièces (2) et (3) à section de secteur circulaire ou polygonale formée par des pièces mise en traction préalable sur un banc à l'usine avec une précontrainte centrée ou légèrement déviée (4) et une armature passive (5) sur le périmètre de la section ou fibres, unies au moyen de joints longitudinaux (6) humides ou secs, tournés en plan ou non et des joints transversaux
- 10 (7) pouvant être à des niveaux différents et donner une continuité ou non à la précontrainte générale, pour couder au moyen de barres en acier (12) et, dans le cas de l'union à fondation, avec le positionnement direct des barres d'attente en même temps que l'on exécute cette fondation ou au moyen de gaines recevant postérieurement ces barres (16).

03 JUL 2012

STRUCTURE DE SUPPORT POUR AÉROGÉNÉRATEURS ET MÉTHODE POUR ÉRIGER LA
STRUCTURE DE SUPPORT

Cette invention concerne une structure de support vertical ou une tour pour
aérogénérateurs d'énergie électrique ou d'autres usages, en béton précontraint, offrant un fût
5 en béton précontraint à hauteur variable tronconique ou cylindrique réalisé au moyen de
secteurs annulaires, dont chacun comprend plusieurs pièces de paroi à coupe semi-circulaire
ou polygonale ou des secteurs circulaires ou polygonaux, unies entre elles longitudinalement et,
dans le cas de plusieurs, superposées en hauteur, unies transversalement par un système
permettant la continuité structurelle de la tour. À son extrémité supérieure sera situé soit
10 l'aérogénérateur directement soit un autre fût métallique sur lequel le générateur sera
finallement fixé.

Cette invention a son application dans le domaine de la construction en général et
notamment, dans l'industrie destinée à la construction et l'installation de structures de support
pour aérogénérateurs d'énergie électrique.

15 Un deuxième aspect de l'invention concerne une méthode pour ériger la structure de
support ou tour à partir de l'incorporation successive de ces pièces de paroi.

Le long de ce mémoire, sera entendue comme pièce de paroi, une pièce formant la
paroi de la structure de support ou tour, cette paroi étant mince, de 5 à 30 cm de béton
précontraint, avec une précontrainte centrée et une armature passive sur le périmètre de la
20 section ou du béton renforcé par des fibres, adaptée pour former, avec une ou plusieurs pièces,
un secteur annulaire de la structure de support ou tour.

Antécédents de l'invention

En référence à l'état de l'art, il faut signaler que le secteur éolien, qui est en train de
s'étendre énormément dans le domaine du développement des énergies renouvelables a
25 évolué à la recherche d'une plus grande rentabilité, ce qui a débouché sur le design
d'aérogénérateurs chaque fois plus puissants, de 3 ou même 5 MW, pour couvrir la demande
générée.

Ces nouveaux designs obligent à une nouvelle approche des structures de support ou
tours porteuses de l'aérogénérateur devant subir des sollicitations beaucoup plus grandes que
30 les actuelles et arriver à de nouvelles hauteurs de jusqu'à 120 mètres pour pouvoir y héberger
des machines ayant des pales de plus de 50 mètres de long.

Une extrapolation des tours actuelles (jusqu'à 70 mètres de haut) réalisées au moyen
de tôles cambrées et électrosoudées, unies transversalement au moyen de brides, ne permet
pas d'aborder, de façon économique, les nouvelles prestations demandées à ces éléments,
35 notamment à cause de la grande flexibilité de ce genre de structures réalisées en acier et à
l'incompatibilité de cette caractéristique par rapport aux conditions requises selon le calcul
dynamique de ces nouvelles tours.

Par conséquent, il faut employer d'autres matériaux et, parmi ces matériaux, le béton
offre les caractéristiques nécessaires pour affronter ces problèmes.

Dans ce sens, plusieurs initiatives ont été entamées: certaines résolvent l'exécution de ces tours en béton armé ou bien en effectuant une post-contrainte sur le site, c'est à dire dans le propre parc éolien et dans la position définitive de ces éléments grâce à un coffrage coulissant ou grim pant. Dans le cas de la post-contrainte sur le site, un enfilage et une post-contrainte des câbles sont effectués à l'intérieur de la paroi mince de béton dans des gaines
5 laissées à cet effet ou par l'intérieur ou l'extérieur de la tour. Ces solutions, en plus de coûter, cher posent le problème d'être longues à exécuter, ce qui va directement à l'encontre de la rentabilité du projet.

Dans d'autres cas, on a cherché à résoudre le problème au moyen de petites pièces en
10 béton préfabriqué comme des claveaux circulaires ou des plaques ayant une petite taille (qui sont unies entre elles en conformant la tour). Ces pièces en général armées ont besoin d'épaisseurs importantes pour garantir le fonctionnement dynamique correct de la tour lorsqu'elle est soumise aux charges de travail et par conséquent à section fissurée. Pour ce, souvent ces designs sont renforcés par des post-contraintes extérieures ou intérieures,
15 exécutées sur le site, comprimant toutes les sections le long de la tour pour empêcher la fissuration.

Dans cette solution, la présence d'un grand nombre d'unions entre les pièces, de post-contraintes sur le site etc., complique et augmente énormément le coût de l'assemblage de ces tours et compromet le fonctionnement réel de l'ensemble.

20 On connaît de nombreux antécédents décrivant divers exemples de réalisation de tours en utilisant du béton armé, parmi lesquels il faut citer: JP-A-9-235912, DE-A-29809541, DE-A-19832921, EP-A-960986, US2006/0254168, WO 02/01025, US 7.114.295, JP-U-3074144, EP-A-1474579 (MECAL APPLIED MECHANICS), EP-A-1645761 (INNEO21), EP-A-1876316 (MONTANER), WO2007/033991 (SIKA), WO2008/031912 8 (GAMESA).

25 Les solutions techniques expliquées dans ces brevets peuvent être classifiées dans les groupes suivants:

- a. Tour réalisée sur le site.
- b. Tour en béton armé à secteurs annulaires, superposés et post-contrainte au chantier.
- c. Des tours en béton formées par la superposition de secteurs structurels annulaires
30 comportant deux ou plusieurs pièces composantes, assemblées, rendant nécessaire une post-contrainte au chantier.
- d. Des tours à jalousie soit en béton soit en acier.
- e. Tour formé par du béton coulé entre deux lames d'acier.
- f. Des tours auxquelles sont apportées des pièces ayant diverses formes appropriées
35 soit pour faciliter la production soit pour améliorer l'efficacité structurelle;
- g. Des tours comportant des pièces qui ont des éléments de renfort spécifique y incorporés.

Le brevet FR 1145789 se rapporte à une méthode de construction sans échafaudage d'une tour ou cheminée avec des éléments préfabriqués. Quoique le document indique que ces
40 éléments préfabriqués peuvent être réalisés en béton précontraint, lors de la description des

Fig. 8 à 10, il est indiqué que les unions verticales comprendront des tirants de précontrainte qui sont visibles dans ces figures.

Le brevet US 5809711 décrit un appareil et une méthode pour unir deux éléments en béton pré-comprimés susceptibles de former des structures telles que des mâts, des tours ou par exemple des ponts. Le brevet décrit des éléments en béton précontraint sur banc, en forme de pièces de paroi, avec plusieurs câbles de précontrainte qui se prolongent en dépassant à l'extérieur de la pièce de paroi et qui sont disposés insérés à travers des conduits configurés dans une pièce de paroi adjacente, superposée, ces conduits affectant presque toute cette pièce adjacente, pour y relier par le biais d'une contrainte postérieure ces câbles de prolongement, en obtenant des joints transversaux. Cette solution de construction a cependant l'inconvénient de se borner à des développements de faible hauteur des pièces de paroi, telles que les structures de claveaux, car dans le cas contraire, l'assemblage au chantier des pièces de paroi devant recevoir les câbles insérés pour la post-contrainte de toute la pièce de la paroi et l'union entre les pièces de la paroi superposées, représenterait une opération très difficile et compliquée.

Ce brevet propose une structure de support vertical ou tour, du genre comportant plusieurs sections structurelles annulaires, superposées, dont chacune intègre deux ou plusieurs pièces de paroi unies par leurs bords longitudinaux et elle s'écarte des propositions précédentes, se basant en général sur la post-contrainte de câbles au propre point d'installation de la tour ou parc éolien, pour doter de résistance la tour et les joints d'union, par la particularité de réaliser des pièces de paroi par précontrainte à l'atelier, calculée selon la position relative que va occuper la pièce dans la tour ou structure, de sorte que les pièces constituant la tour, comme elles incorporent la précontrainte sont déjà par elles-mêmes structurellement résistantes et il suffit de réaliser les unions entre les pièces de parois adjacentes et superposées pour former la tour.

De plus, au moyen de la proposition d'éliminer complètement le besoin de post-contrainte des pièces préfabriqués au chantier de cette invention, on réduit d'une part les coûts, car la précontrainte à l'atelier est un processus industriel et d'autre part, les temps d'assemblage et les incertitudes de cette opération réalisée au dehors de l'atelier. D'autre part la technologie appliquée élimine le besoin d'éléments auxiliaires pour le transport, garantit un état de compression dans les pièces qui maximise la vie utile de la tour, permet de nouveaux designs et des alternatives d'assemblage simplifiant l'obtention de la tour.

Un autre aspect qui rend différente la proposition étant à la base de cette invention consiste en un système de connexion entre éléments préfabriqués ayant une armature précontrainte, notamment applicable à l'union des secteurs annulaires du fût permettant la continuité de l'action de la précontrainte sans avoir besoin (en tout ou partie) d'éléments complémentaires tels que des barres d'union et d'autres systèmes de post-contrainte, et comprimant les zones d'extrémités de chaque pièce dans lesquelles la perte de précontrainte a lieu par diffusion, dans les unions en profitant des propres câbles de précontrainte configurant l'armature active de ces pièces de paroi précontraintes mais qui, contrairement à la solution

expliquée dans le brevet US 5809711, n'affecte qu'un court secteur de chaque pièce, d'extrémité, dans les zones d'union des pièces superposées.

D'autres documents de l'état de l'art pouvant être cités sont les brevets DE 20 2005 020398, EP 1876316, EP 758034, DE 102 23 429 et JP 2004 011210.

5 Les aspects singuliers de cette invention sont décrits ci-après en détail.

Brève explication de l'invention

Face aux solutions signalées auparavant, cette invention résout la préfabrication de la tour au moyen de grandes pièces de paroi en béton précontraint sur le banc de fabrication (application contrôlée d'une tension au béton au moyen de la mise en tension de cordes ou de câbles en acier), à longueur limitée exclusivement par les conditions de transport (avec des longueurs typiques de 20 à 40 m), à section semi-circulaire ou à secteur circulaire ou polygonal ou à secteur polygonal chaque pièce étant dessinée pour pouvoir travailler soumise à des sollicitations dérivées de son propre poids et du transport comme s'il s'agissait d'une grande poutre à section en U à résistance structurelle prédéterminée. De plus, la précontrainte de chacune des pièces à l'origine a été calculée pour chaque pièce de paroi selon la position relative que doit occuper cette pièce de paroi dans la structure de support ou tour, c'est-à-dire pour répondre de façon appropriée aux exigences de charge structurelle dans chacune des sections de la tour. Ainsi, ces pièces de paroi permettent de former la structure de support ou tour sans avoir à soumettre l'ensemble de chaque pièce à des post-contraintes complémentaires, ultérieures, affectant toute la pièce. Comme on verra dans l'explication suivante, seulement des unions conventionnelles seront effectuées, telles que des barres passives et des systèmes vissés et d'autres systèmes tel que celui décrit dans ce mémoire dans lequel les câbles de la pièce sont remis en tension dans les régions d'union affectant exclusivement un court développement de chaque pièce de paroi (longueurs typiques de 1 à 1,5 m), à sa partie terminale, permettant de comprimer ces régions où la perte de précontrainte intervient.

La structure de support ou tour proposée comporte un fût, en général tronconique, quoiqu'il peut être cylindrique, formé en partie par deux ou plusieurs secteurs ou sections structurelles annulaires, superposées, unies entre elles par des joints transversaux. Conformément aux principes de cette invention, chaque section structurelle annulaire de la tour comporte deux ou plusieurs pièces de paroi préfabriquées et précontraintes à l'atelier, comme il a été indiqué, unies par leurs côtés en formant des joints longitudinaux de la tour.

La précontrainte peut intervenir avec des armatures post-contraintes, où le bétonnage se fait avant la mise en traction des armatures actives, en se logeant dans des conduits ou des gaines provenant de leur mise en traction et ancrage lorsque le béton a acquis une résistance suffisante ou, tel que c'est le cas ici, avec 10 armatures précontraintes, où le bétonnage se fait après avoir mis en traction et l'ancré provisoirement des armatures sur des éléments fixes.

Dans ce cas, lorsque le béton a acquis une résistance suffisante, les armatures sont délogées de leurs ancrages provisoires et, par adhérence, la force préalablement introduite dans les armatures est transférée au béton.

Finalement, la corde, du point de vue des conditions d'adhérence, peut être adhérente, comme c'est le cas de la précontrainte avec l'armature précontrainte, ou avec l'armature post-contrainte, où après la traction on procède à injecter du matériau adhérent entre l'armature et le béton, ou non adhérente, comme c'est le cas de la précontrainte avec l'armature post-contrainte où on utilise des systèmes de protection de l'armature ne créant pas d'adhérence.

Le développement de la tour et des systèmes d'union au moyen de l'utilisation des pièces précontraintes directement depuis l'usine offre les avantages suivants:

- Cela représente une économie des coûts car la précontrainte agit comme armature résistante dans la pièce dès le premier moment.

10 - Cela permet d'obtenir des tailles de pièces plus grandes.

- L'utilisation de la technique de la précontrainte, de bétons très résistants ou de bétons ayant des fibres représente un changement du design offrant plus de raideur, sveltesse, durabilité et économie de matériaux comme c'est le cas de la technique actuelle de construction de ponts au moyen de poutres précontraintes en section double T, bacs ou caissons.

15 - Cela évite la fissuration et garantit donc plus de raideur à la tour, une vie utile plus longue et des coûts d'entretiens moins élevés.

- Cela réduit les coûts de production car les câbles de précontrainte sont placés à l'usine dans un processus industriel.

20 - Cela améliore les temps d'assemblage et réduit les travaux à réaliser au chantier en simplifiant leur exécution et leurs coûts. Comme on réduit les temps d'assemblage, on réduit également les incertitudes climatologiques et les difficultés propres à la construction au chantier.

25 - Cela élimine le besoin d'éléments auxiliaires pour le transport en permettant de placer des pièces de plus grande taille sur les chariots de roulement (dolly) conventionnels sans avoir besoin de structures de support.

- Étant donnée la capacité de résistance des pièces, cela permet de nouvelles alternatives d'assemblage comme celle décrite dans ce brevet dans lequel les pièces dès qu'elles sont partiellement unies à leur partie inférieure sont résistantes isolément.

30 - Les systèmes d'union au moyen de joints secs permettent la réalisation de tours démontables. Il n'y a besoin de démolition d'aucun de ses éléments pour le démontage complet de la tour, ce qui rend possible la réutilisation des pièces conformant la tour pour son montage ultérieur dans une place. Cela permet de démanteler les parcs à la fin de leur vie utile ou même de réutiliser les pièces pour conformer des tours plus hautes.

35 Par ce qui a été indiqué, une, deux ou plus de ces pièces de paroi placées en position verticale et unies longitudinalement, forment un tronçon de fût ayant une esthétique et fonctionnalité identiques à celles utilisées actuellement. Sur ce premier tronçon de cône on situera, jusqu'à arriver à la hauteur nécessaire, soit un nouveau tronçon en béton précontraint formé à nouveau par deux pièces semi-circulaires, soit un tronçon métallique.

Chaque pièce sera composée d'une section semi-circulaire ou polygonale ou un de ses secteurs, pas très épais et ayant un rayon variable, en béton très résistant qui pourra être, s'il le faut, auto-compactable, béton très résistant ou béton ayant des fibres avec une précontrainte centrée ou légèrement déviée pour corriger les défauts du propre poids ou d'autres charges provisoires et un renfort pouvant se faire au moyen de l'ajout de fibres au béton ou avec une armature passive dans le périmètre de la section, que sera exécuté en position horizontale dans un moule et sur des bancs agencés à cet effet.

Cette précontrainte, exécutée sur un banc au moyen du positionnement de gaines et de câbles, bétonnage et leur ultérieur mise en traction préalable à l'extraction de la pièce du moule, garantit l'entretien sans fissuration de la section complète de béton, en préservant les caractéristiques mécaniques et la durabilité de la tour. Cet aspect a une importance vitale car, dans d'autres solutions de béton armé, celui-ci se déforme sous les sollicitations et l'acier pour commencer à travailler doit être étiré en produisant des fissures dans le béton. Dans la pièce précontrainte dès le processus même de la fabrication, il est garanti que des fissures ne vont pas apparaître ce qui augmente la vie utile de la tour et élimine le besoin d'entretien qui est très coûteux dans d'autres solutions.

La pièce de paroi, au lieu d'être fabriquée par précontrainte pourrait être également obtenue par post-contrainte à l'atelier (indépendamment de la complexité et des coûts de l'opération), car ce qui est important est que la traction soit incorporée dans la pièce de paroi dès sa fabrication, en lui fournissant cette résistance structurelle, indépendamment du système utilisé.

La manipulation et transport des pièces de paroi, jusqu'à leur positionnement définitif, interviendront dans la position de fabrication, certains éléments de lien transversal pouvant être nécessaire étant donnée la sveltesse de l'élément.

Les unions longitudinales (conformément à la génératrice du tronc de cône) entre les pièces se feront au moyen d'un joint humide, avec le chevauchement et l'enfilage d'une armature passive et un remplissage postérieur avec un mortier très résistant ou bien au moyen d'une union sèche soit au moyen de douilles et de boulons dans la paroi de la pièce traversée diagonalement en plan et à différentes hauteurs soit avec des brides de béton perforées le long de l'intérieur des bords longitudinaux de la pièce qui permettraient de coudre le joint au moyen de boulons vissés et d'écrous, avec contrôle du couple de serrage.

Dans le cas où plusieurs tronçons de la tour en béton seraient superposés, les joints verticaux pourront être tournés en plan afin d'éviter un joint continu le long des différents tronçons fût, ou ne pas être tournés et laisser un joint longitudinal continu comme il conviendra.

Les unions transversales entre tronçons ou entre le premier tronçon et la fondation se fait au moyen d'un élargissement aux extrémités de la pièce perforée dans le sens de la génératrice de la pièce permettant la couture au moyen de barres d'acier très résistantes pouvant coudre le joint au moyen d'une union humide ancrée par chevauchement, une union vissée ou une union post-contrainte au chantier, au moment de l'assemblage, lesquelles seront

protégées par des mortiers liquides ou plastiques de ciment et/ou de résines, ainsi que tout autre produit protecteur tel que des cires.

Dans le cas de l'union post-contrainte, ces barres d'union en plus de couder les deux pièces, garantissent la continuité de la précontrainte sur toutes les sections de la tour. Ainsi, selon le système d'ancrage employé (précontrainte sans éléments auxiliaires d'ancrage, précontrainte ancré à la tête au moyen de supports auxiliaires ou post-contrainte), on aura besoin de différentes longueurs de regrossis et de couture, en pouvant employer, en cas d'ancrage de la précontrainte depuis l'extrémité de la pièce ou en cas de post-contrainte, le regrossis de la section de béton aux extrémités de la pièce, on pourra remplacer par placement d'une planche métallique très épaisse en forme de bride intérieure à cette extrémité permettant, grâce aux perforations appropriées, l'union au reste des éléments au moyen de barres très résistantes qui seront vissés avec contrôle de couple de serrage ou ils seront post contraints.

Dans le cas de l'union à la fondation, ces barres d'attente pourront avoir été situées au moment de l'exécution du sabot ou ultérieurement par le positionnement de gaines en fondation dans lesquelles les barres sont introduites avant leur remplissage avec du mortier très résistant.

Ces deux unions, transversales et longitudinales pourront être pourvues d'un système de guidage facilitant le positionnement exact des pièces.

Étant donné que, comme il a été dit, chaque tronçon de la tour peut être conformé par deux pièces semi-circulaires ou polygonales, mais aussi par plus de pièces à section de secteur semi-circulaire ou polygonale, c'est-à-dire, quatre pièces de moitié de section, six pièces de tiers de section, huit pièces de quart de section, etc., il faut remarquer que ces pièces, au départ de la fondation de la tour peuvent avoir une longueur différente, par exemple la moitié pourraient avoir une longueur normale et l'autre moitié, intercalée, avoir la moitié de cette longueur, avec quoi aux superpositions successives des tronçons suivants, les unions transversales restent à des niveaux différents, la moitié des pièces au sommet de la tour, ayant à nouveau la moitié de la longueur pour rester toutes au même niveau.

Ce système d'assemblage évite d'utiliser des tours auxiliaires en diminuant les temps et les couts d'assemblage.

La finition du béton extérieure et intérieure des pièces pourra être quelconque de celle existant pour un autre type de pièce, telles que lisse, peinte, texturisée, lavée, etc.

Les pièces pourront présenter les creux nécessaires à l'accès à l'intérieur de la tour de personnes et d'équipements.

De la même façon on pourra positionner au moment de la fabrication, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la pièce, toutes insertions, plaques d'ancrage, etc. qui seront nécessaires à l'installation des équipements auxiliaires. Dans ce sens, il faut signaler que le système d'assemblage peut demander l'assemblage préalable d'une tour auxiliaire, laquelle, dès que le chantier est fini peut être démonté ou non, en restant à l'intérieur de la tour.

Comme il a été dit plus haut l'invention propose également un système de connexion d'éléments préfabriqués, précontraints à partir des propres câbles de précontrainte offrant la possibilité de connexion entre des éléments préfabriqués avec armature précontrainte sans

avoir besoin d'éléments complémentaires à partir de la contrainte ultérieure d'une partie des câbles de mise en traction de la pièce de paroi.

À cet effet, dans ces pièces de paroi précontraintes à l'atelier, les câbles de précontrainte employés sont prolongés par des tronçons dépassant à l'extérieur de la pièce de paroi, ces tronçons de prolongement étant prévus pour leur aménagement insérés à travers des conduits configurés dans une pièce de paroi adjacente pour y être reliés par une mise en traction postérieure de ces tronçons de prolongement de câble, en disposant deux pièces de paroi superposées, se faisant face bout à bout, en obtenant un joint transversal garantissant la continuité de la précontrainte.

Plus précisément, selon le système que cette invention préconise, la partie dépassant à l'extérieur des câbles (qui, en tout cas, est nécessaire pour la mise en traction et qui, cependant, dans la solution conventionnelle précontrainte doit être coupée après), est hébergée dans des conduits laissés à cet effet dans la pièce contiguë, lesquels peuvent être situés tous sur le même côté du joint, ou bien combinés sur l'un ou l'autre des côtés.

Pour faciliter l'enfilage de ces câbles le système de l'invention prévoit l'utilisation d'éléments à rainures longitudinales et même de plaques d'ancrage communes ayant cette typologie.

Ce nouveau système et méthode de remise en traction permettent de donner la continuité à l'action de la précontrainte, et il suffit de regrossir la section transversale de la pièce sur une longueur de 50 à 300 cm, pour y héberger les éléments d'ancrage.

En principe, le système n'est pas adhérent dans la région du joint, étant donné le besoin d'une mise en traction postérieure d'une part et la rupture de l'adhérence du béton à l'extrémité d'autre part.

Il faut signaler, cependant, que l'on peut protéger le câble de mise en traction simplement avec de la graisse ou de la cire ou alternativement, faire une injection postérieure du système de connexion avec de la résine ou du coulis de ciment pour offrir un système adhérent.

Par ailleurs, dans le système que propose cette invention, des éléments de protection des ancrages tels que des capuchons ou assimilés sont possibles.

Par ailleurs, étant donné que la zone à remettre en traction n'est pas très longue, la pénétration d'une cale doit être petite et il faut des calculs précis pour déterminer la quantité de mise en traction à effectuer ainsi que les dimensions nécessaires des zones d'ancrage.

Le câble de précontrainte sera l'habituel pour des armatures précontraintes conventionnelles de 0,5; 0,6 ou 0,62 pouces ou autres.

Il faut remarquer également que le système est applicable dans l'union à fondation en donnant une marge suffisante à la longueur d'ancrage dans les éléments de fondation.

Le nouveau système de connexion d'éléments préfabriqués précontraints à partir des propres câbles de précontraintes proposé représente par conséquent une structure innovante de caractéristiques structurelles et de constructions inconnues à ce jour, des raisons qui, unies

à leur utilité pratique lui donne une base suffisante pour obtenir le privilège d'exclusivité demandé.

Pour ce qui a été expliqué, cette invention, en plus de résoudre tout à fait les besoins techniques générés dans le secteur éolien pour les aérogénérateurs de nouvelle génération permet d'améliorer les expectatives de coûts des tours, en offrant des avantages complémentaires tels que l'entretien minimum ou la possibilité de démontage et de transfert de la tour dans les cas d'unions sèches, la plus grande durabilité ou la plus forte résistance à la fatigue.

Par ailleurs, son usage ne se borne pas au secteur éolien mais il résout avec efficacité des structures de cheminées, tours de contrôle, tours de communications, etc.

Brève description des dessins

Comme complément de cette description et afin d'aider à mieux comprendre les caractéristiques de l'invention, sont annexées à ce mémoire description, comme une partie intégrale de celui-ci, des feuilles de dessin dans lesquelles à titre illustratif et non limitatif, il a été représenté ce qui suit:

La Fig. 1 montre une vue en élévation de la structure de support pour aérogénérateurs d'énergie électrique et d'autres usages en béton précontraint, intégralement préfabriquée, à section circulaire, conformément à l'invention où l'on apprécie sa composition réalisée au moyen de l'union de plusieurs tronçons.

La Fig. 2 montre une vue en coupe transversale de la structure de support pour aérogénérateurs d'énergie électrique et d'autres usages en béton précontraint, intégralement préfabriquée, à section circulaire, selon la coupe "A-A" signalée dans la figure 1.

La Fig. 3 montre une vue en section selon une coupe longitudinale d'un élément préfabriqué précontraint auquel on a incorporé un système de connexion de deux pièces de paroi superposées à partir des propres câbles de précontrainte, conformément à l'invention, où on apprécie un exemple d'union aux conduits situés sur le même côté que le joint transversal.

La Fig. 4 montre une vue également en section selon une coupe longitudinale d'un autre exemple d'élément préfabriqué précontraint incorporant le système d'union de l'invention, dans ce cas avec les conduits situés combinés sur l'un et l'autre côtés de l'union transversale.

La Fig. 5 montre une vue en élévation et plusieurs sections de l'invention où on apprécie l'agencement des pièces composant l'ensemble, dans le cas d'union de plusieurs tronçons, en tournant le joint longitudinal du fût, dans chaque tronçon.

La Fig. 6 montre une vue agrandie du détail "d1" signalé dans la Fig. 2, où on apprécie la configuration interne de la structure de l'invention.

La Fig. 7 montre une vue agrandie du détail "d2" signalé dans la Fig. 2, où on apprécie l'union des pièces à section semi-circulaire ou polygonale les composants dans le cas de joint humide.

La Fig. 8 montre une vue agrandie du détail "d2" signalé dans la Fig. 2, où on apprécie l'union des pièces à section semi-circulaire ou polygonale la composant dans le cas de joint avec boulons et douilles.

La Fig. 9 montre une vue agrandie du détail "d2" signalé dans la 2, où on apprécie l'union des pièces à section semi-circulaire ou polygonale qui les composent dans le cas de joint avec brides en béton.

La Fig. 10 montre une vue en section longitudinale d'une portion de la structure de l'invention et de sa fondation.

La Fig. 11 montre une vue en section de la structure selon la coupe "A-A" signalée dans la Fig. 10, où on peut apprécier une vue en plan de l'union transversale entre deux tronçons de l'invention.

La Fig. 12 montre une vue agrandie du détail "e1" signalé dans la Fig. 10, où on apprécie que les unions transversales au moyen de regrossis des parois de la pièce cousus avec des barres en acier très résistant garantissant la continuité de la précontrainte dans toutes les sections de la tour.

La Fig. 13 montre une vue agrandie du détail "e1" signalé dans la Fig. 10, où l'on apprécie la réalisation des unions transversales au moyen de brides métalliques cousues avec des barres en acier très résistant vissées avec le contrôle du couple de serrage, dans le cas d'ancrage de la précontrainte depuis l'extrémité de la pièces.

La Fig. 14 montre une vue en section de la structure selon la coupe "B-B" signalé dans la Fig. 10, où on peut apprécier une vue en plan de l'union à fondation du premier tronçon de l'invention.

La Fig. 15 montre une vue agrandie du détail "e2" signalé dans la Fig. 10, où l'on apprécie la réalisation des unions à fondation au moyen de l'option de regrossis des parois de la pièce cousu à la fondation avec des barres d'acier très résistant mais placées à l'attente au moment de l'exécution de la propre fondation.

La Fig. 16 montre une vue agrandie du détail "e2" signalé dans la Fig. 10, où l'on apprécie la réalisation des unions à la fondation au moyen de l'option de regrossis des parois de la pièce, cousu à la fondation au moyen de gaines.

La Fig. 17 montre une vue en plan d'une union entre des tronçons de l'invention avec des détails des guides de positionnement, ainsi qu'une section d'une union entre tronçons avec ces guides.

La Fig. 18 montre un détail de la réalisation du transport ainsi que les éléments de lien transversal de la section.

La Fig. 19 montre une vue en perspective du système d'assemblage alternatif de la structure de l'invention au moyen du commencement de tronçons intercalés ayant des mesures différentes.

Les Fig. 20 et 21 montrent des vues en perspective respectives de phases successives d'assemblage, jusqu'à achever la structure, à partir des tronçons inégaux montrés dans la Fig. 19.

La Fig. 22 montre une illustration relative à de possibles étapes, conformément à cette invention, pour ériger la structure de support proposée.

Description d'exemples de mises en œuvre de l'invention

Vu les figures et leurs commentaires et conformément à la numération adoptée, on peut y observer un exemple de réalisation de l'invention comportant les parties qui sont décrites à la suite:

5 Ainsi, comme représente les Fig. 1 et 2, la structure support pour des aérogénérateurs d'énergie électrique et d'autres usages en béton précontraint, intégralement préfabriquée, est constituée par un fût -1- préfabriqué en béton précontraint ou post contraint sur le banc de fabrication, très résistant, pouvant être, s'il le faut, auto compactant, à forme tronconique à hauteur variable réalisé avec au moins deux pièces -2- et -3- à section semi-circulaire ou
10 polygonale (non illustrées), à paroi mince de 5 à 30 cm présentant une précontrainte centrée -4- et une armature passive sur le périmètre de la section -5- comme on observe dans le détail "d1" représenté dans la Fig. 6 et unies entre elles au moyen de joints longitudinaux -6-.

La précontrainte -4- peut présenter de légères variantes concernant son centrage, pour corriger les effets du propre poids et d'autres charges provisoires.

15 La structure de l'invention, de son côté, est composée d'un ou plusieurs tronçons de ce fût -1- préfabriqué en béton précontraint ou post contraint sur le banc de fabrication, unis entre eux le cas échéant au moyen de joints transversaux -7- ou bien au moyen d'un système de connexion qui sera détaillé en regard spécifiquement des Fig. 3 et 4 des dessins.

L'invention permet optionnellement la réalisation de trois versions alternatives
20 conformément à autant de mises en œuvre préférées quant à l'union de ces joints longitudinaux -6-. Dans la mise en œuvre préférée, l'invention prévoit ces unions longitudinales -6- exécutées au moyen de joints humides -8-, avec chevauchement et enfilage de l'armature passive et ultérieur remplissage avec un mortier très résistant selon le détail de la Fig. 7. Dans une autre mise en œuvre, ce joint longitudinal -6- est exécuté en plaçant des douilles et des boulons -9-
25 dans la paroi de la pièce, traversés diagonalement en plan et à des hauteurs différentes, tel que détaillé dans la Fig. 8. Et dans une troisième option de mise en œuvre préférée, ce joint longitudinal -6- est exécuté avec des brides en béton perforées-10-, le long de l'intérieur des bords longitudinaux de la pièce, qui permettraient de couder le joint au moyen de boulons vissés et de vis -11-, avec le contrôle du couple de serrage, ce qui est détaillé dans la Fig. 9.

30 Il faut remarquer que ces joints longitudinaux -6- peuvent être installés, avec une rotation en plan afin d'éviter un joint continu le long des différents tronçons fût -1- constituant la structure comme il est observé dans la Fig. 5, mais qui peuvent également ne pas être tournés et offrir une continuité.

Par ailleurs, ces joints transversaux -7- aussi bien à fondation qu'entre les tronçons qui
35 sont montrés dans les Fig. 11 et 14, seront cousus au moyen de barres d'acier -12- très résistantes qui seront post contraintes au chantier au moment de l'assemblage et ayant une longueur suffisante garantie ainsi que la continuité de la précontrainte dans toutes les sections de la tour, qui seront protégés avec des mortiers liquides ou plastiques de ciment et/ou des résines ainsi que tout autre produit protecteur tel que des cires. Pour les joints transversaux on
40 peut également utiliser le système des Fig. 3 et 4 qui est expliqué plus bas.

Dans une mise en œuvre préférée de l'invention, ces barres d'acier -12- seront situées dans les unions transversales, en traversant des regrossis perforés de la paroi de béton -13- réalisés aux extrémités de chaque tronçon, comme c'est détaillé dans la Fig. 12. Dans une autre mise en œuvre préférée représentée dans la Fig.13, pour le cas d'ancrage de la précontrainte de puis l'extrémité de la pièce, ces barres traversent une planche métallique perforée très épaisse -14- en conformant une bride à l'intérieur du fût.

Par ailleurs et en ce qui concerne l'union du fût à la fondation dans une mise en œuvre préférée de l'invention, la fixation de ces barres en acier -12- dans cette fondation -15-, on peut l'exécuter directement en même temps que celle-là comme montre la Fig. 15, en pouvant alternativement, dans une autre mise en œuvre préférée représentée dans la Fig. 16, être exécutée au moyen du positionnement de gaines -16- dans la fondation -15- dans lesquelles on introduit les barres d'acier -12- avant leur remplissage avec du mortier très résistant -17-.

Afin de faciliter le positionnement exact, au moment de l'assemblage, des pièces -2- et -3- et des différents tronçons de fût -1- qu'elles conforment, aussi bien les joints longitudinaux -6- que les joints transversaux -7- optionnellement, pourront être pourvus d'un système conventionnel de guidage -18- tel que détaillé dans la Fig. 17.

Finalement et pour garantir la stabilité de la pièce avant son positionnement définitif, les pièces seront optionnellement pourvues d'un système de lien transversal -19- tel que représenté dans la Fig. 18.

Tel que l'on observe dans les Fig. 19 à 21, conformément à une réalisation alternative, chaque tronçon ou fût -1- de la tour peut être conformé par plus de deux pièces -2- et -3- à section de secteur semi-circulaire ou polygonal, (six pièces de tiers de section dans l'exemple représenté), dont les moitiés, où commence la fondation de la tour et intercalées, présentent une longueur normale -2- et les autres -3- environ la moitié, de sorte que, dans les superpositions successives des tronçons -1- suivants, les unions longitudinales -6- ne sont pas tournées et les transversales -7- restent à des niveaux différents, la moitié des pièces étant tout au haut de la tour ayant, à nouveau la moitié de la longueur pour rester toutes au même niveau au sommet.

En référence aux Fig. 3 et 4, le système de connexion entre éléments préfabriqués précontraints, qui est proposé est matérialisé dans cet exemple d'exécution, à partir de pièces de paroi préfabriquées -2-, comme celles dont on a parlé jusqu'ici, pourvues à leur intérieur de cordes ou de câbles précontraints ayant une portion de câble -4a- qui dépasse à l'extérieur hébergée dans des conduits -24- prévus à cet effet dans la pièce de paroi contigüe -2- à laquelle elle doit être unie. Pour obtenir cette union dans cette pièce -2- contigüe on a réalisé un grossissement -21- de sa section transversale apte pour y héberger les éléments d'ancrage -22- sur lesquels on peut incorporer des éléments de protection -23- tels que des capuchons ou assimilés. Ces conduits -24- peuvent être situés tous sur le même côté du joint tel que l'on observe dans l'exemple représenté dans la Fig. 3, ou bien combinés sur l'un ou l'autre côté, tel que représenté dans l'exemple de la figure 4.

Pour faciliter l'enfilage des câbles -4- à l'intérieur des conduits -4a-, le système de l'invention prévoit l'utilisation d'éléments ayant des rainures longitudinales et même des plaques d'ancrage communes ayant cette typologie (non représentés).

5 Il faut remarquer que le système n'est pas adhérent dans la région de la partie grossie - 21- où se trouvent les conduits -4a-, étant donné le besoin d'une mise en traction postérieure d'une part et la rupture de l'adhérence du béton à l'extrémité, de l'autre, mais cependant on peut protéger le câble de mise en traction simplement avec de la graisse ou de la cire, ou
alternativement, effectuer une injection postérieure au système de connexion avec de la résine ou du coulis de ciment pour offrir un système adhérent.

10 Dans la Fig. 22, on montre un exemple de méthodologie pouvant être implantée pour ériger la structure de support ou tour conformément à l'invention en appréciant comment chacune des pièces de couples (2,3) est installée séparément en s'unissant, le cas échéant, à une pièce adjacente à travers un joint longitudinal union des bords d'interface, verticaux ou formant un joint transversal unissant une pièce (2,3) à l'immédiatement au-dessous.

15 L'implémentation de l'invention est compatible avec la réalisation d'une post contrainte locale dans certaines parties de la tour demandant des exigences plus grandes ou bien avec une post contrainte n'affectant que certaines des pièces de paroi ou une partie de celles-ci, étant bien entendu que la plupart des pièces de paroi vont dépendre de la rigidité structurelle obtenue lors de leur fabrication sur le banc.

20

REVENDEICATIONS

- 1.- Structure de support pour aérogénérateurs, du type comportant un fût (1) formé en partie par deux ou plusieurs sections structurelles annulaires, superposées, unies entre elles par des joints transversaux (7), chacune de ces sections structurelles comportant au moins deux pièces de paroi (2,3), en béton, préfabriquées, à section transversale fraction circulaire ou polygonale, chaque section structurelle annulaire comportant plusieurs de ces pièces de paroi adjacentes unies par des joints longitudinaux, caractérisée en ce que:
- 5
- 10 - chacune de ces pièces de paroi est obtenue par précontrainte à l'atelier, en pré-comprimant son corps sur un banc de fabrication, au moyen d'au moins des câbles s'étendant tout au long, tendus, de sorte que la précontrainte est incorporée à la pièce dès sa fabrication et agit comme armature résistante, et l'on a calculé cette précontrainte conformément à la position relative que la pièce de paroi va occuper dans la structure de support;
- 15 - chacune de ces pièces est assemblée avec les adjacentes, en superposition pour former la structure de support, avec seulement une union à ses extrémités se faisant face bout-à-bout et sans post contrainte complémentaire affectant toute la pièce; et
- 20 - les pièces de la paroi d'une ou plusieurs de ces sections annulaires ont sur une ou deux de leurs portions d'extrémité, une section graissée où se trouvent configurés des conduits pour y agencer à travers eux des tronçons de câble de précontrainte.
- 2.- Structure de support conformément à la revendication 1, caractérisée en ce que ce grossissement comporte des configurations à grosseur croissante depuis une extrémité de la pièce jusqu'à la région où débouche le conduit et il s'étend le long d'un tronçon longitudinal ayant une longueur de 50 à 300 cm.
- 25
- 3.- Structure de support conformément à la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ce grossissement dépasse vers l'intérieur, vers l'extérieur ou vers les deux côtés intérieur et extérieur de la section annulaire de la pièce de paroi, en offrant dans la région la plus protubérante une surface d'ancrage pour la post contrainte du câble.
- 30
- 4.- Structure de support conformément à la revendication 1 caractérisée en ce que ce grossissement s'étend sur une section annulaire complète ou fraction de section annulaire de la pièce de paroi.
- 35
- 5.- Structure de support conformément à la revendication 1 caractérisée en ce que certaines de ces pièces de paroi sont prolongées par des tronçons dépassant à l'extérieur de la pièce de paroi, ces tronçons de prolongement étant prévus pour leur aménagement insérés à travers des conduits configurés dans une pièce de paroi adjacente pour y être reliés par une mise en traction postérieure de ces tronçons de prolongement de câble, en disposant deux

pièces de paroi superposées, se faisant face bout à bout, en obtenant un joint transversal garantissant la continuité de la précontrainte.

5 6.- Structure de support conformément à la revendication 1 caractérisée en ce que ces conduits pour le passage des câbles qui dépassent pour une mise en traction postérieure sont pourvues de gaines.

10 7.- Structure de support conformément à la revendication 1 caractérisée en ce que chaque section structurelle annulaire comporte au moins deux pièces de paroi (2) et (3) à section transversale semi-circulaire ou polygonale de paroi mince avec une précontrainte centrée (4) ou légèrement déviée par rapport à l'épaisseur de la pièce ou avec une distribution non uniforme le long de la section annulaire pour corriger les effets du propre poids ou d'autres charges provisoires et une armature passive (5) sur le périmètre de la section, les pièces de paroi (2,3) restant unies entre elles au moyen de joints longitudinaux (6) et transversaux.

15 8.- Structure de support conformément à la revendication 1 caractérisée en ce que chacune des pièces de paroi (2,3) est tronconique ou cylindrique et en ce que les pièces de paroi des différentes sections annulaires unies par un joint transversal (7) ont des hauteurs différentes.

20 9.- Structure de support conformément à la revendication 1 caractérisée en ce qu'elle comprend en plus un ou plusieurs câbles ou barres agencés à travers des portions qui dépassent, plus grosses, aux extrémités de chaque pièce de paroi.

20 10.- Structure de support conformément à une quelconque des revendications caractérisée en ce qu'elle est réalisée avec un matériau sélectionné parmi: le béton très résistant, le béton auto-compactant ou le béton avec des fibres.

25 11.- Structure de support conformément à une quelconque des revendications caractérisée en ce que l'exécution des unions des joints longitudinaux (6) est réalisée au moyen de brides en béton perforées (10), le long de l'intérieur des bords longitudinaux de la pièce permettant la fermeture du joint au moyen de boulons et d'écrous (11) avec le contrôle du couple de serrage.

30 12.- Structure de support conformément à une quelconque des revendications caractérisée en ce que ces joints longitudinaux (6), des différentes sections structurelles annulaires, sont décalées en sens tournant afin d'éviter un joint longitudinal continu le long des différents tronçons du fût.

35 13.- Structure de support conformément à une quelconque des revendications caractérisée en ce que l'exécution des unions des joints transversaux (7) est prévue aussi bien à fondation entre les tronçons, le cas échéant, au moyen d'un regrossis (13) du genre collerette aux extrémités de chaque pièce de paroi, perforé dans le sens de la génératrice de la pièce de sorte à permettre la couture au moyen de barres en acier (12) très résistantes qui sont post contraintes au chantier au moment de l'assemblage et ayant une longueur suffisante pour garantir la continuité de la précontrainte dans toutes les sections de la tour, malgré la perte de précontrainte dans les régions d'ancrage des torons.

14.- Structure de support conformément à une quelconque des revendications caractérisée en ce que les pièces (2) et (3) intercalées de commencement et les intercalées d'achèvement de la tour ont une hauteur différente, de préférence la moitié de la longueur, les unions transversales (7) restant entre les pièces des tronçons ou fûts successifs (1) à des niveaux différents, permettant l'assemblage de la tour sans avoir besoin de structures ou d'éléments auxiliaires d'assemblage.

15.- Méthode pour ériger une structure de support conformément à une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisée en ce qu'elle comporte l'installation, une à une, de chaque pièce de paroi (2,3) et le lien d'une pièce de paroi (2, 3) à l'autre contigüe en formant des joints longitudinaux, à un même niveau, ou des joints transversaux superposés.

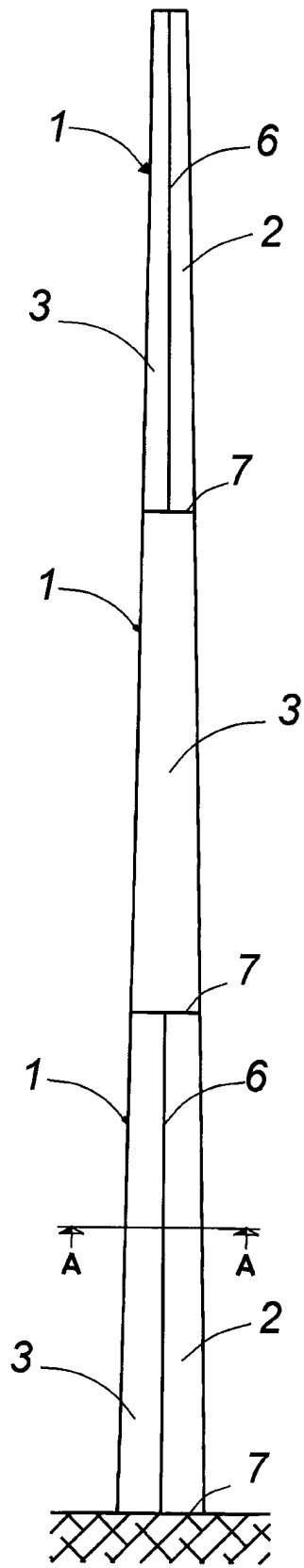


Fig. 1

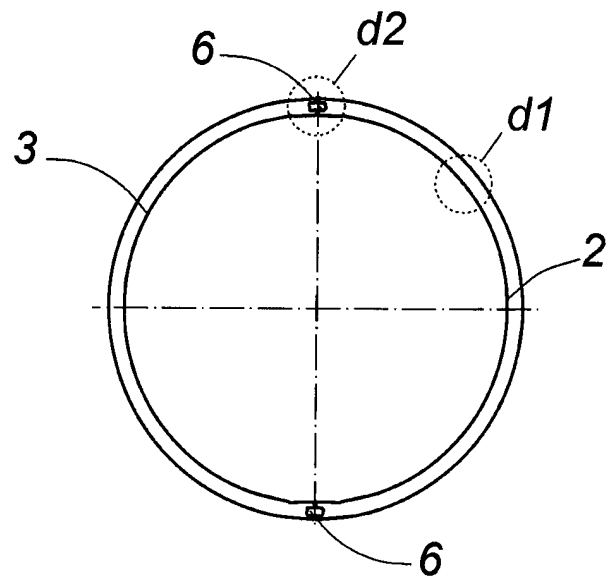


Fig. 2

Fig. 3

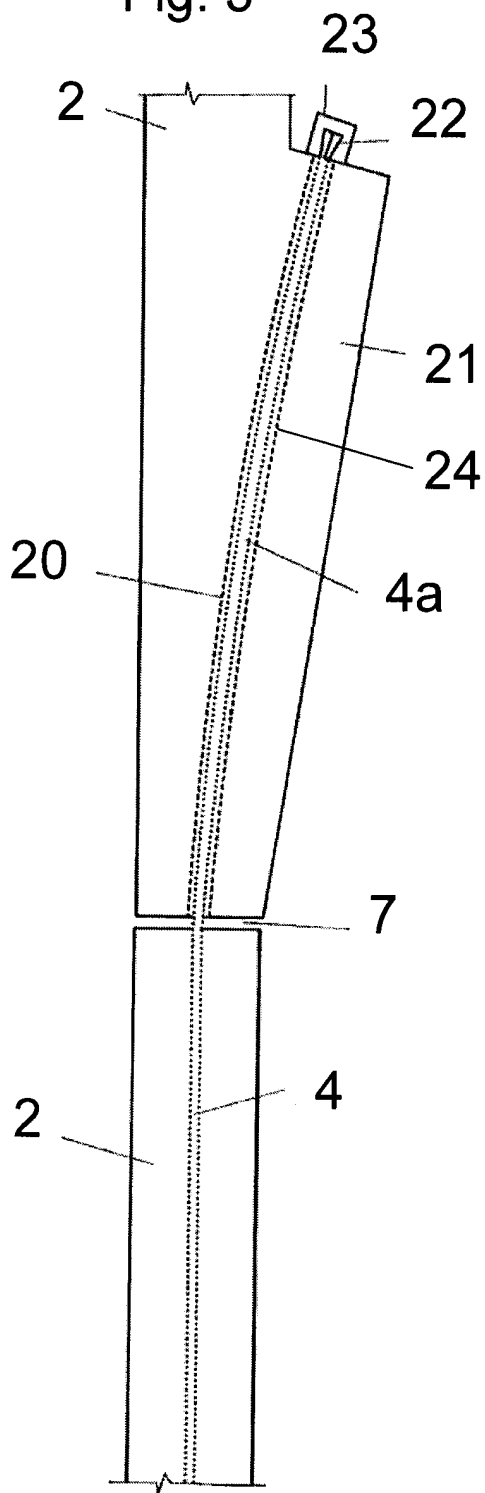
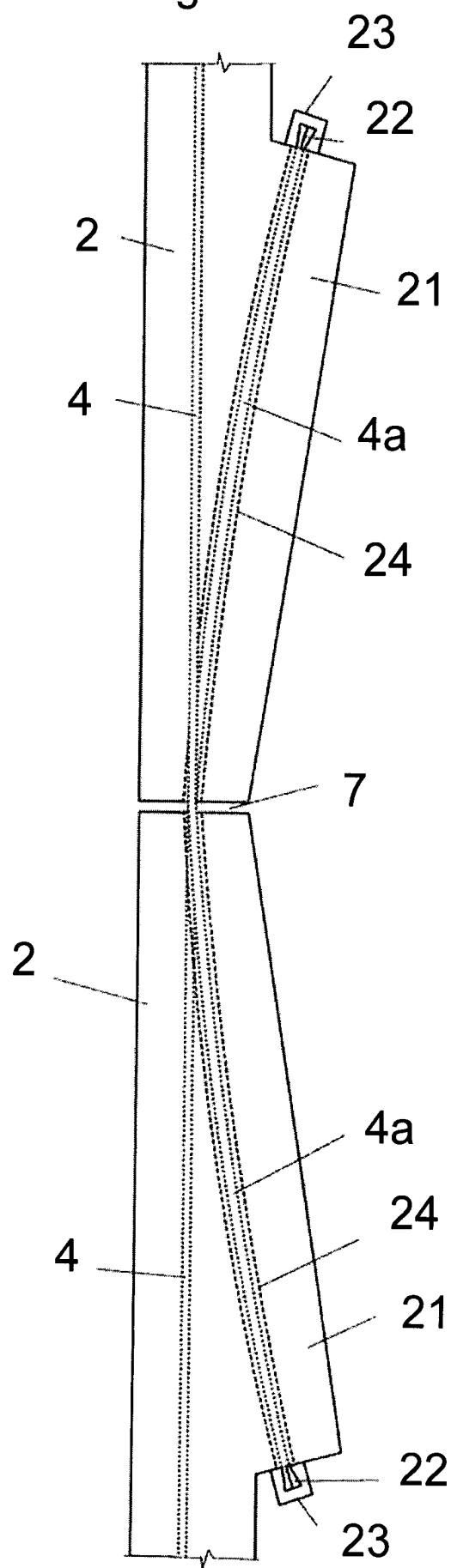


Fig. 4



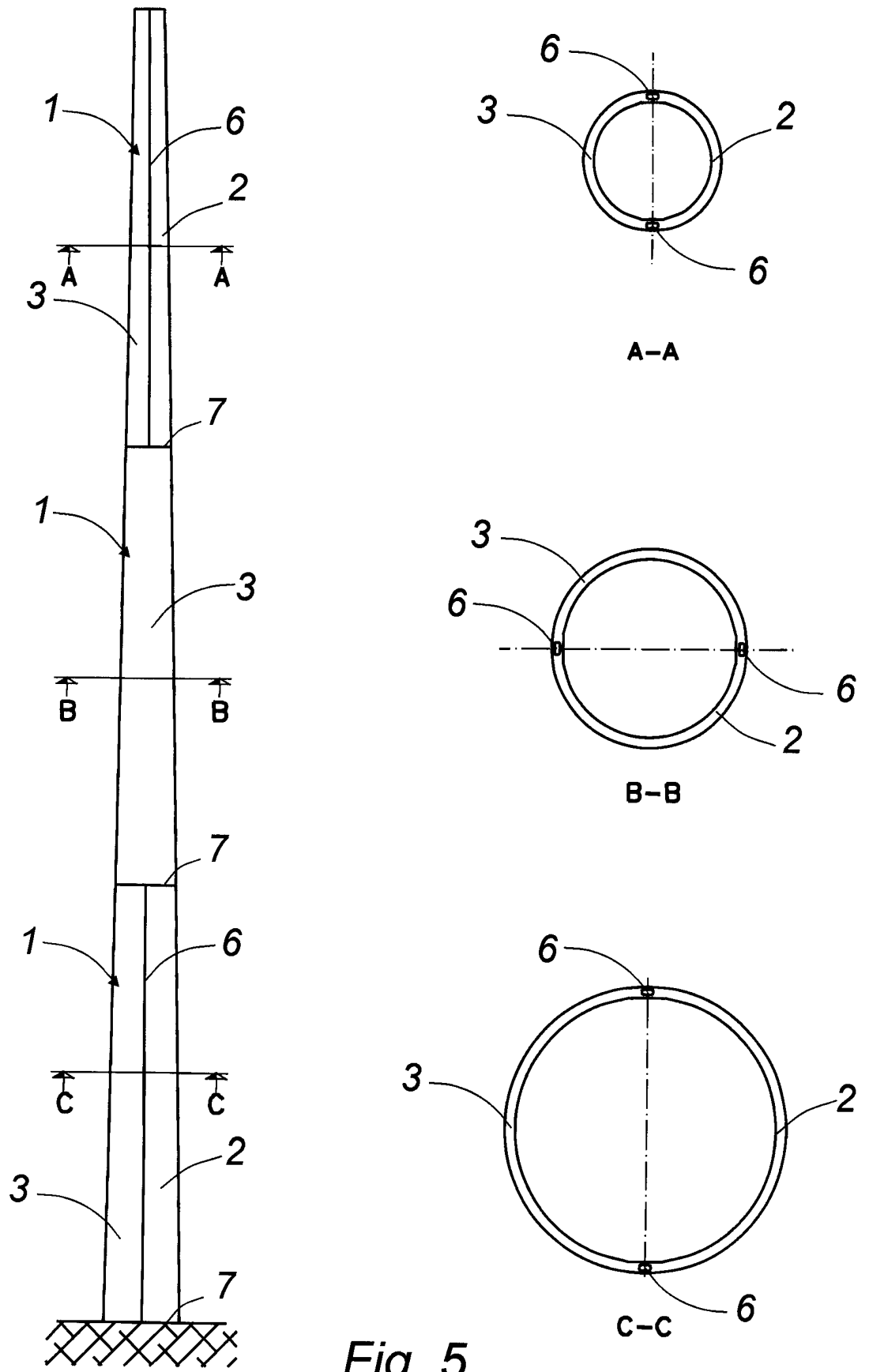


Fig. 5

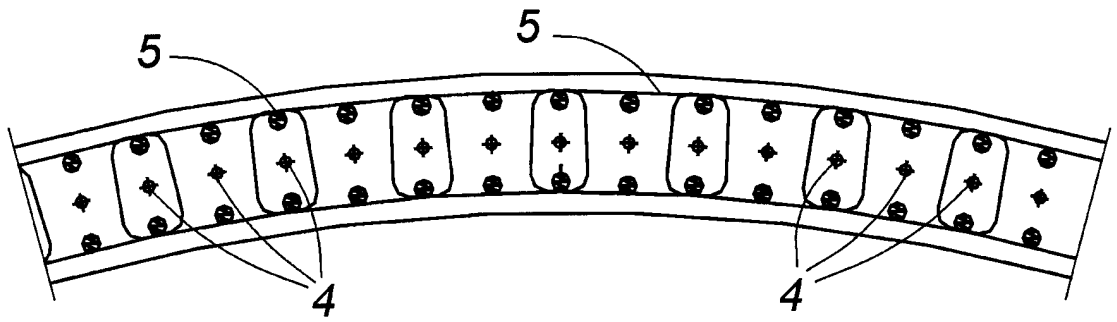


Fig. 6

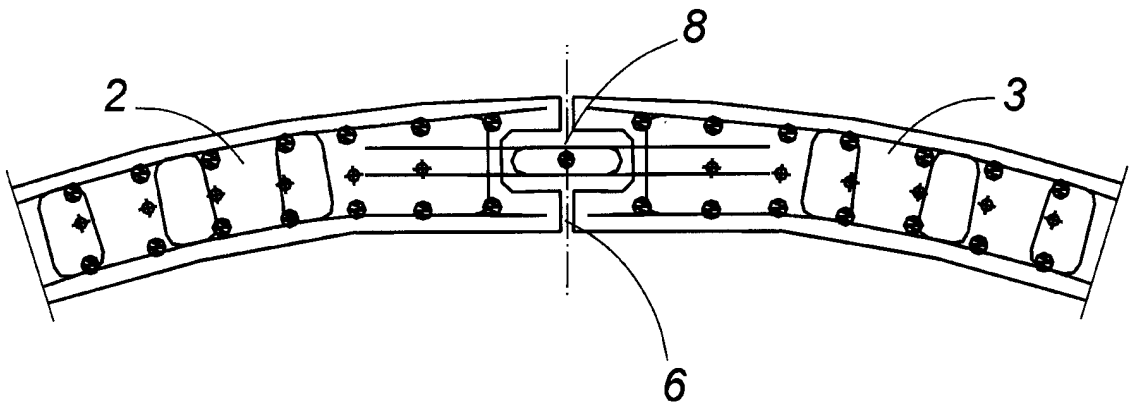


Fig. 7

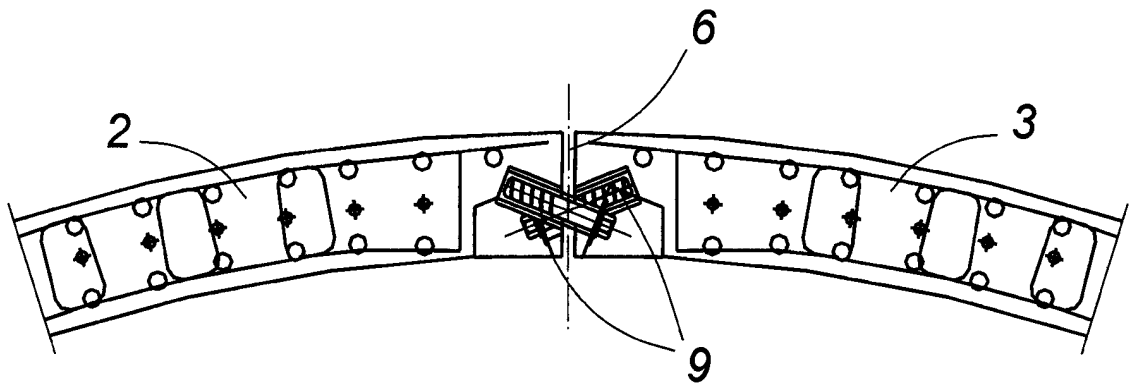


Fig. 8

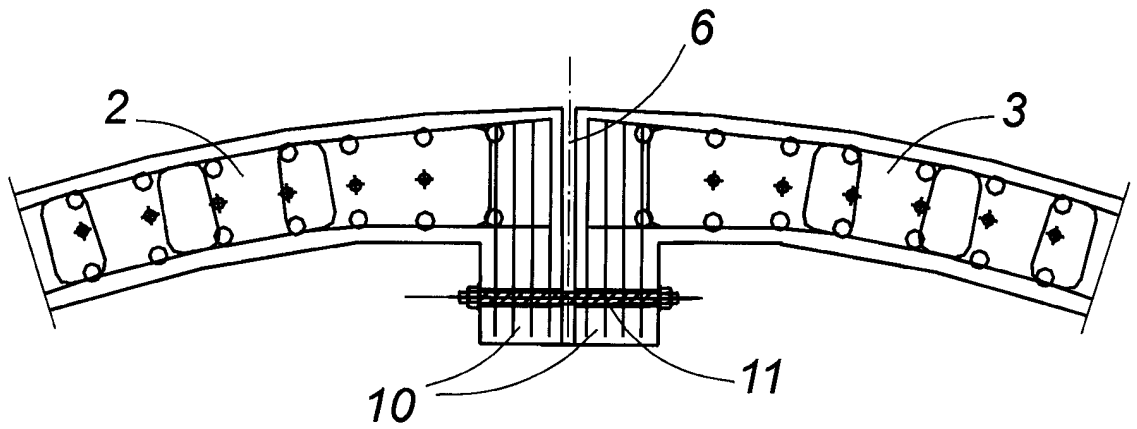


Fig. 9

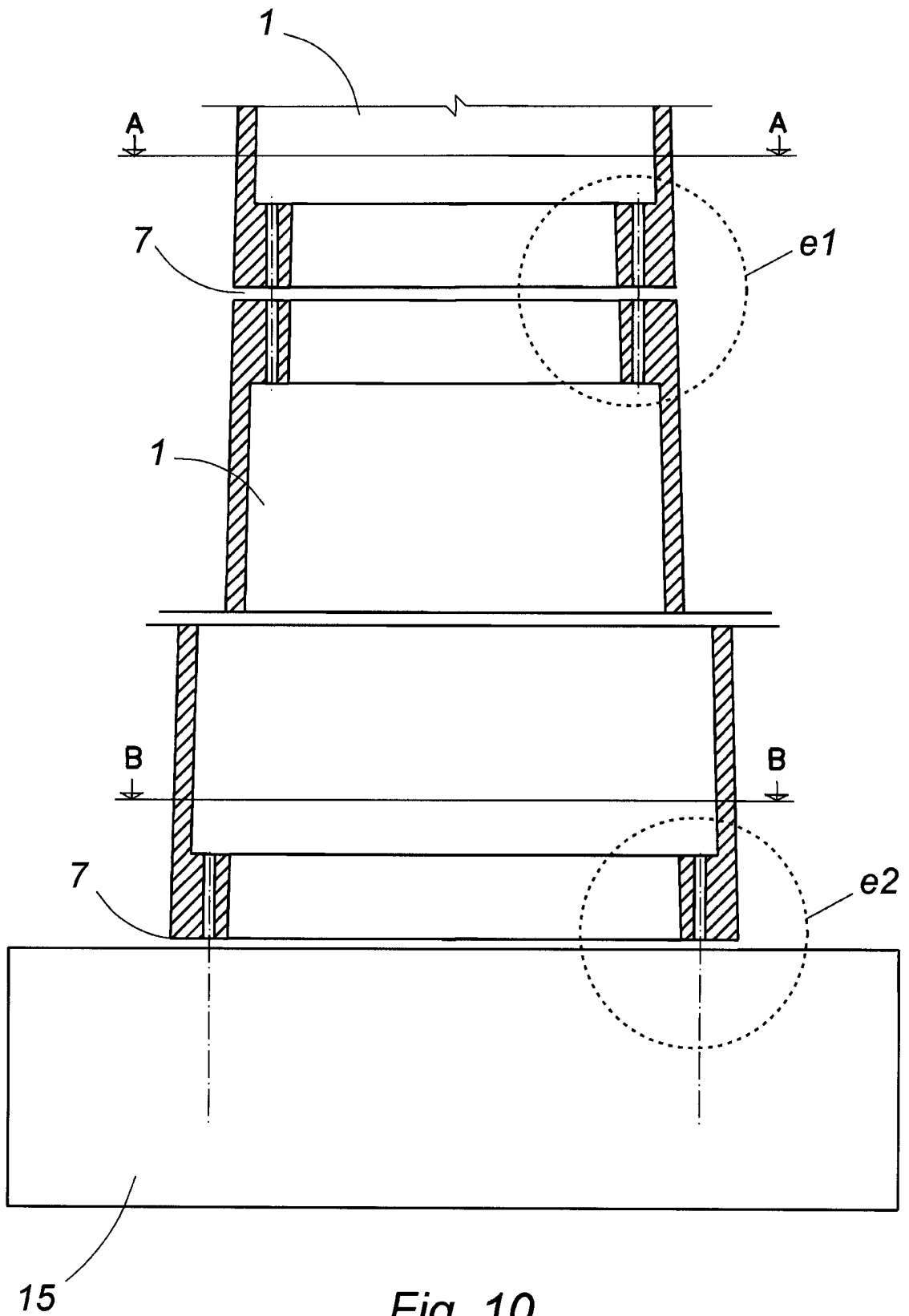


Fig. 10

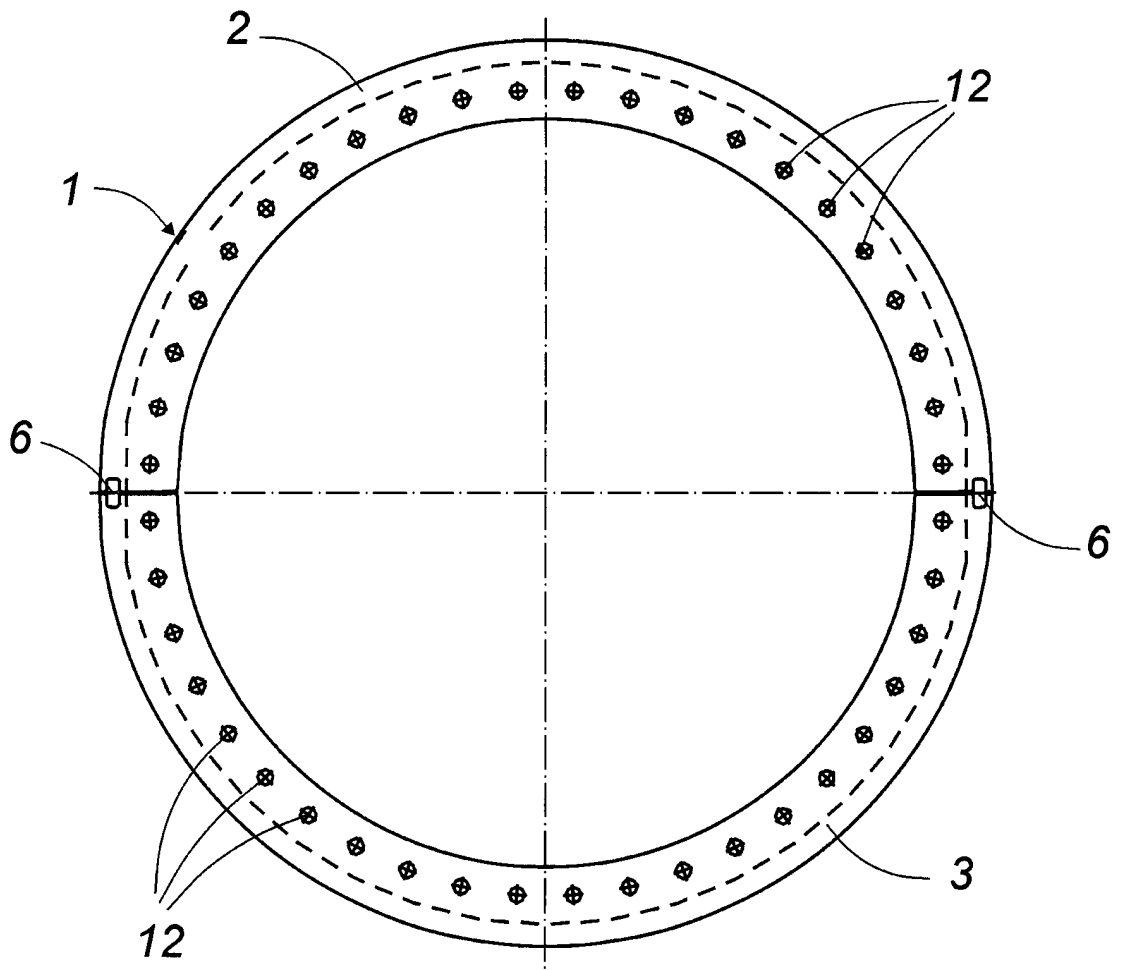


Fig. 11

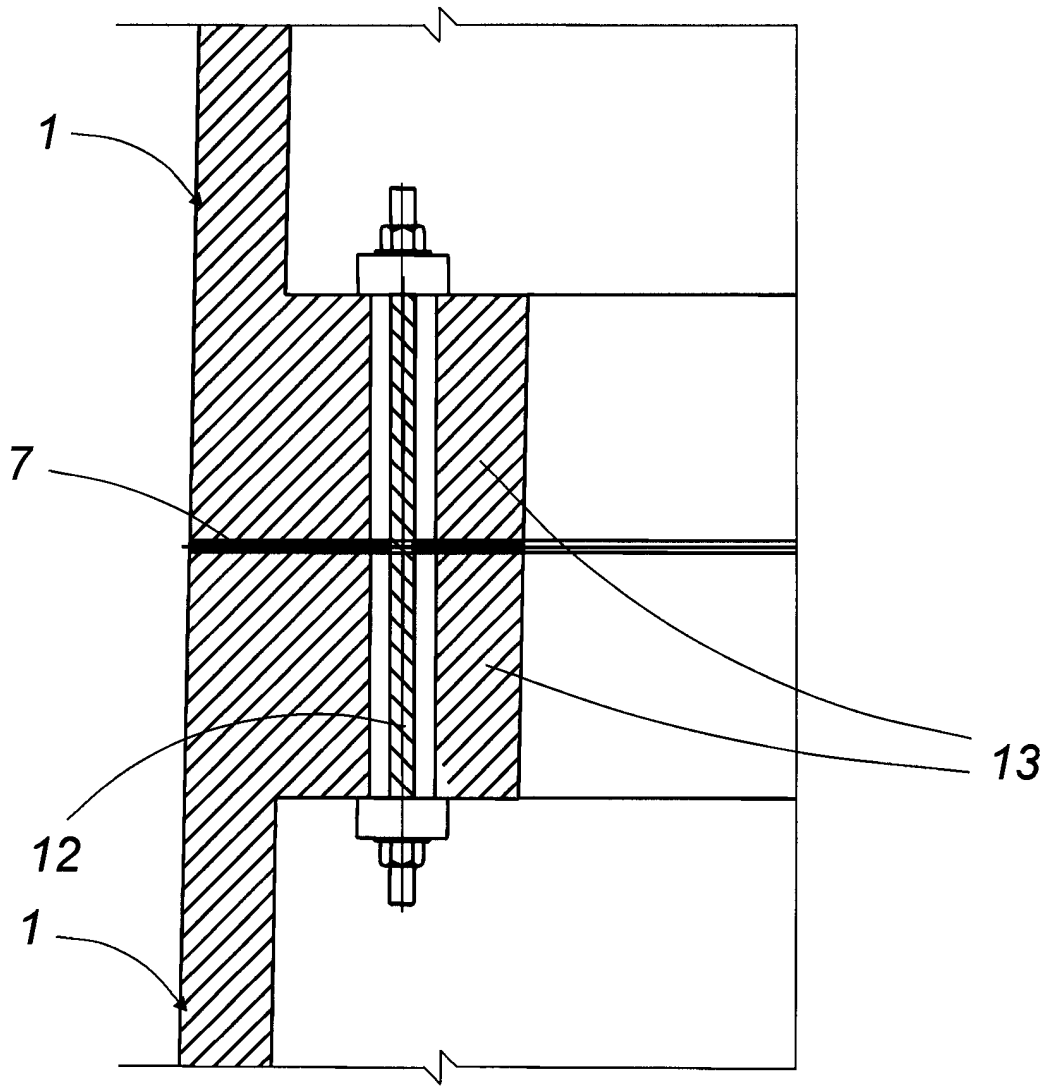


Fig. 12

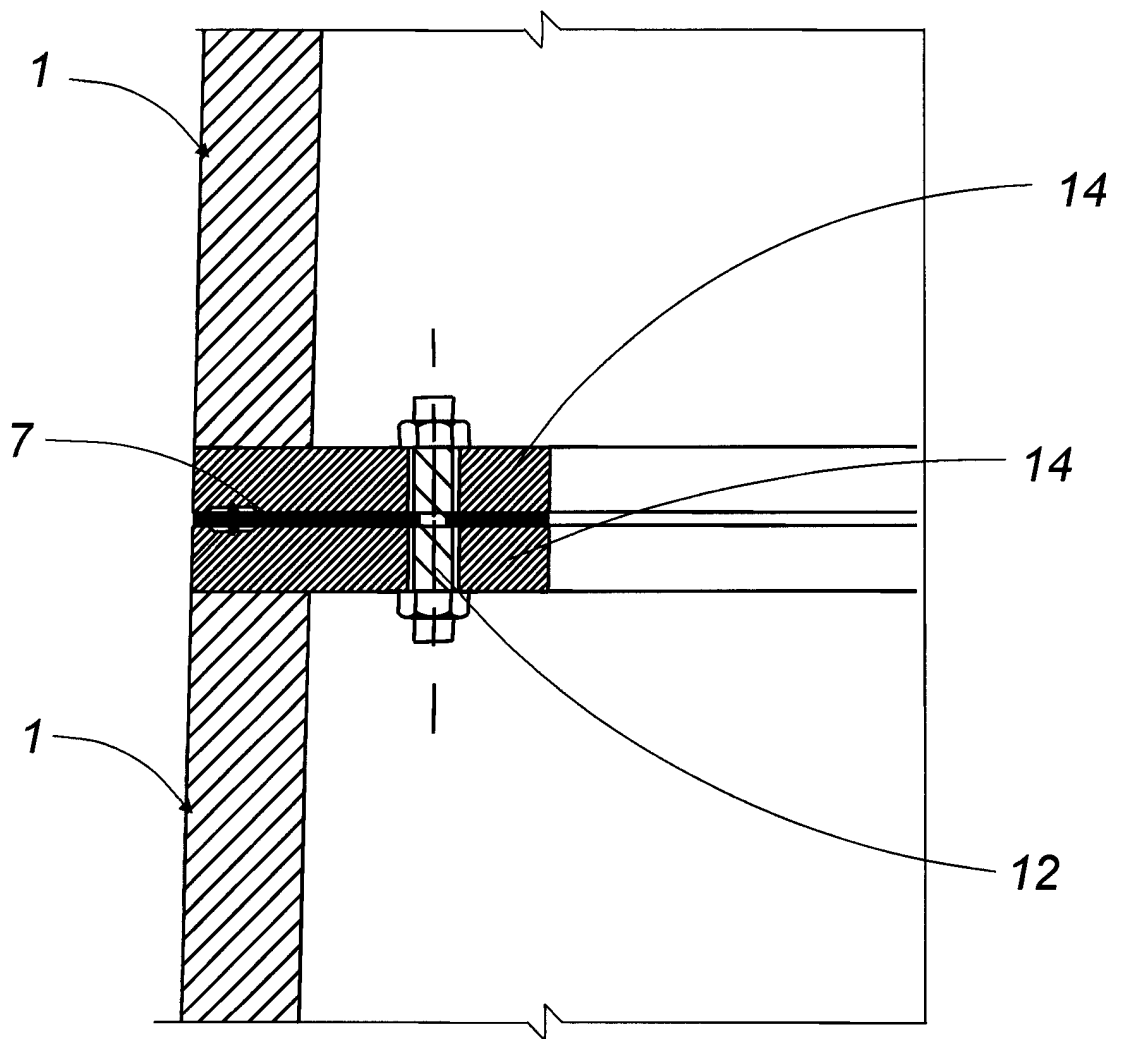


Fig. 13

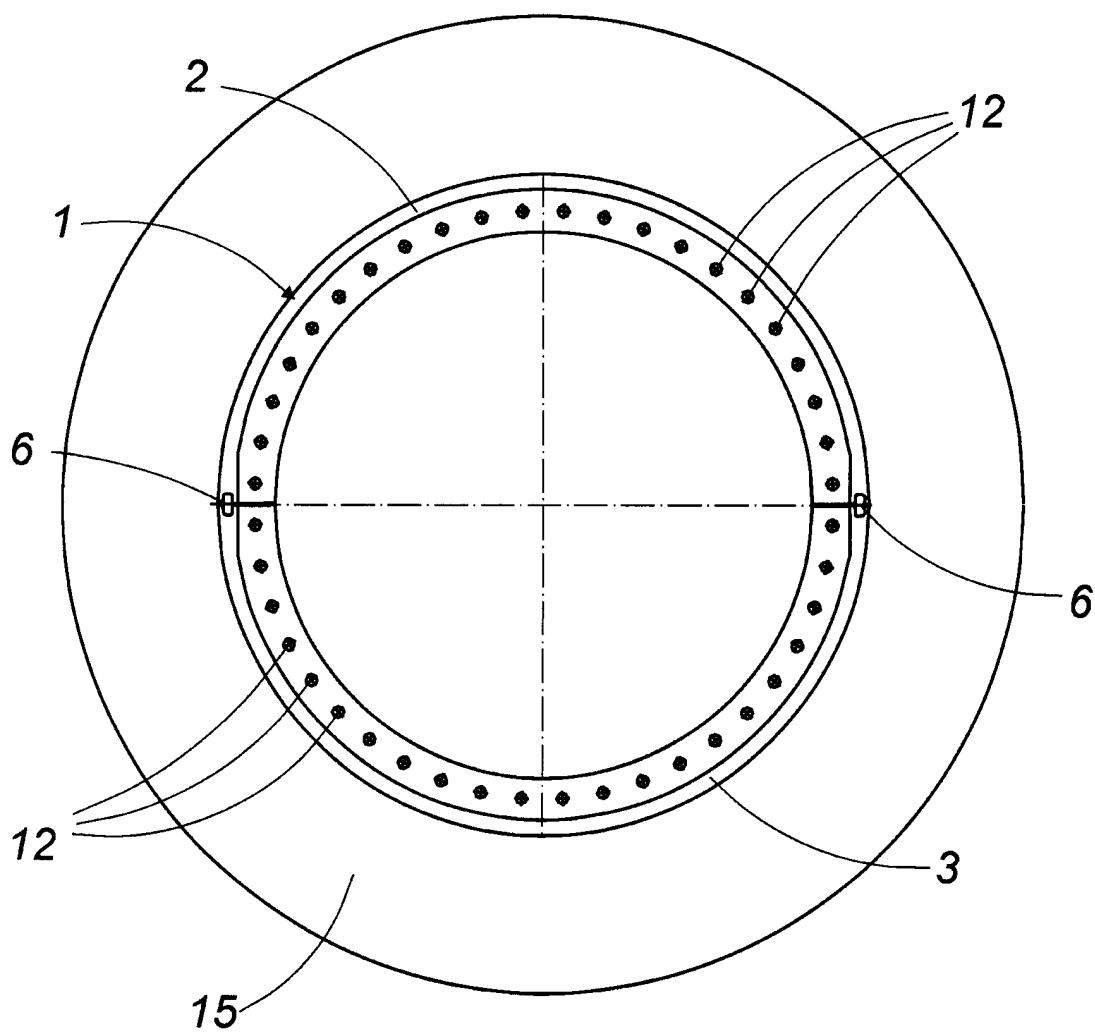


Fig. 14

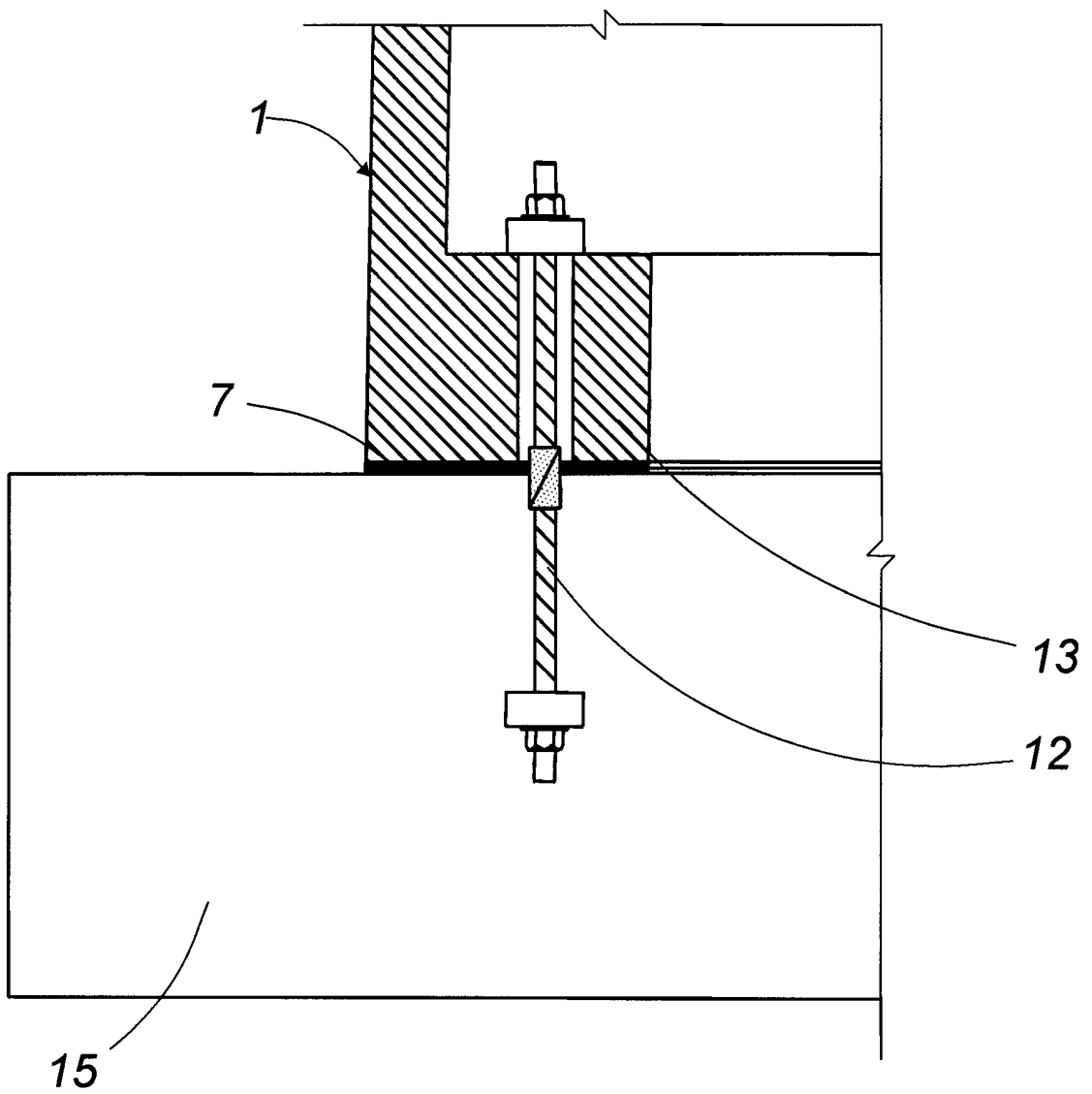


Fig. 15

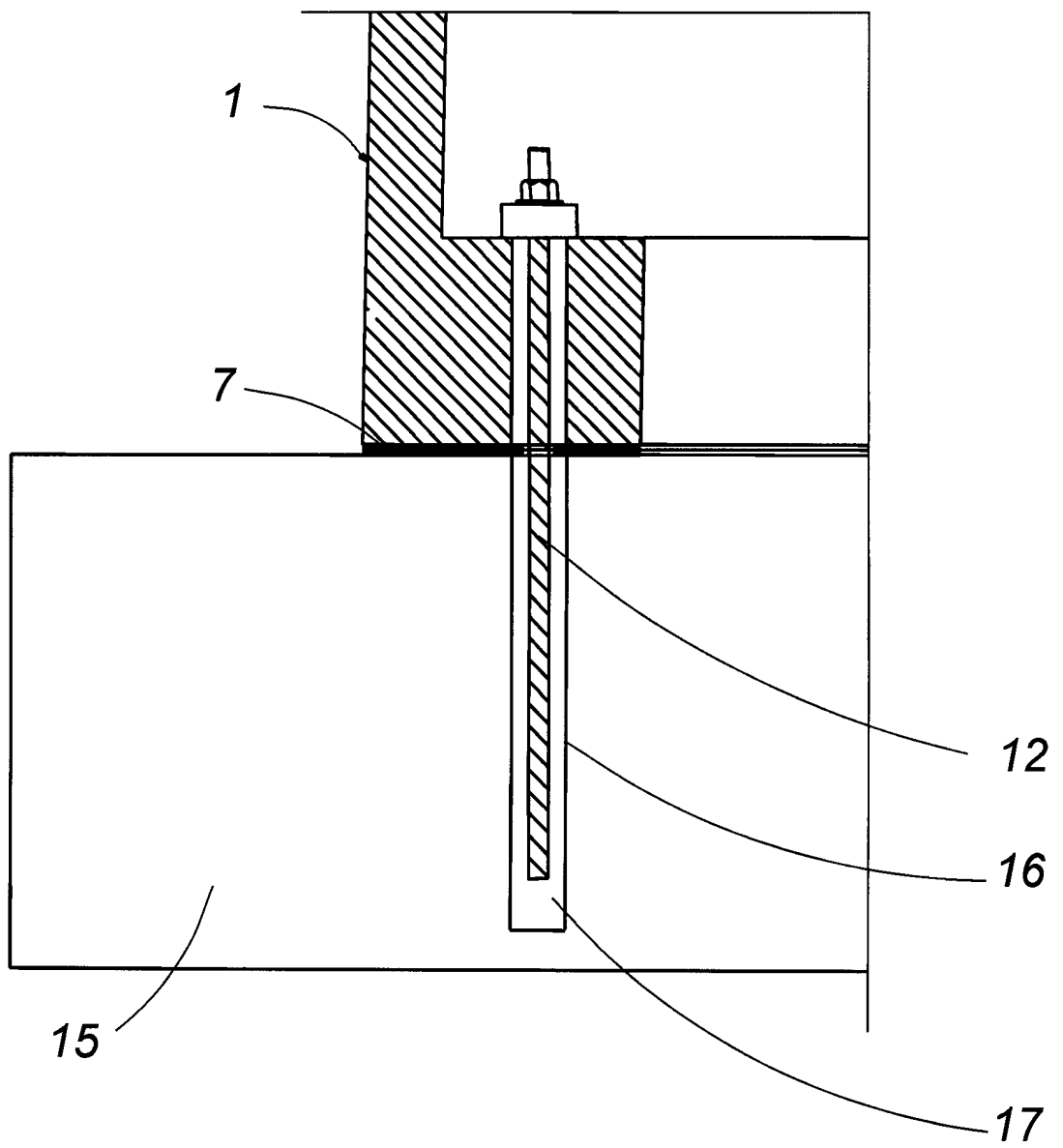


Fig. 16

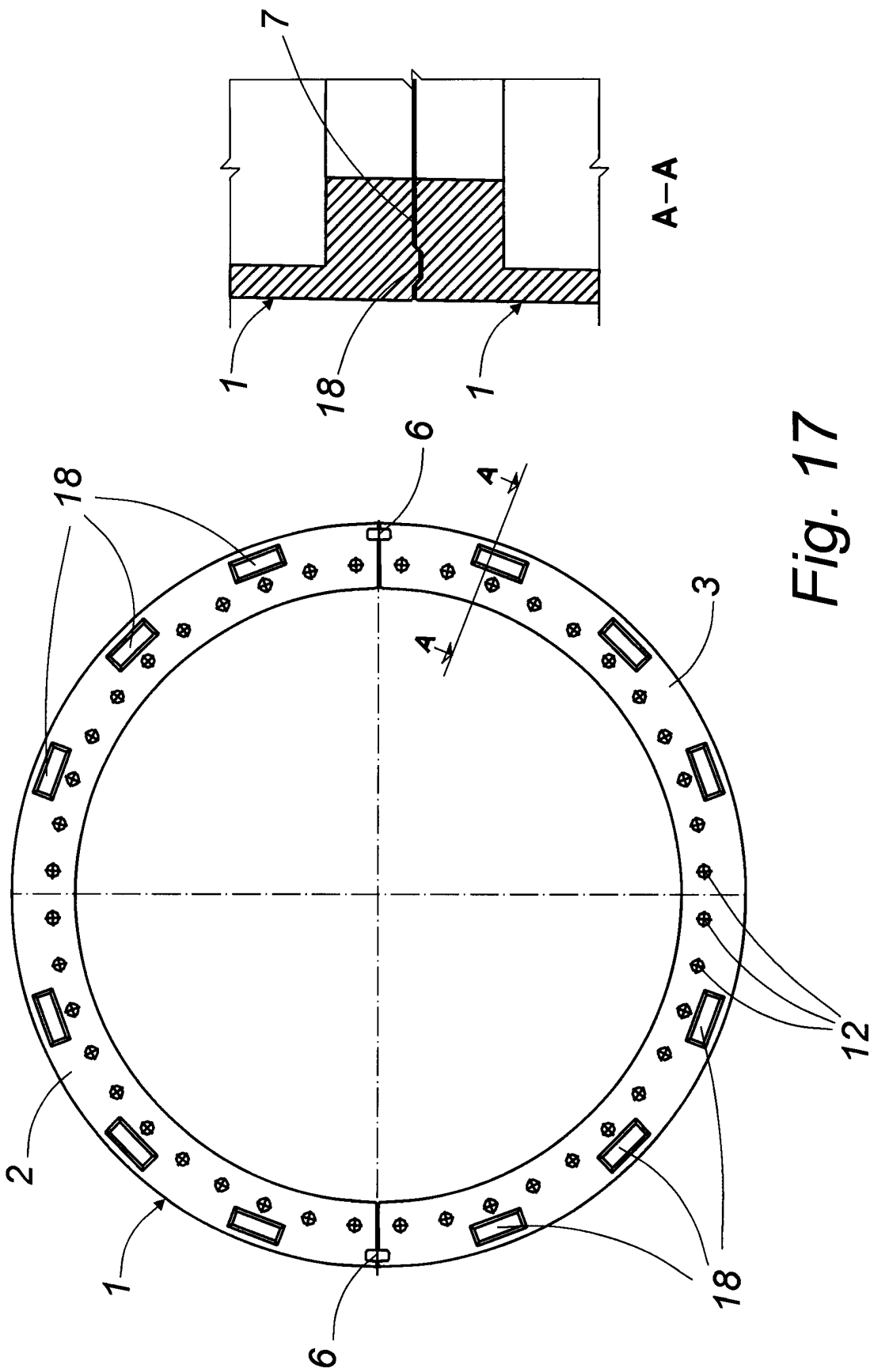


Fig. 17

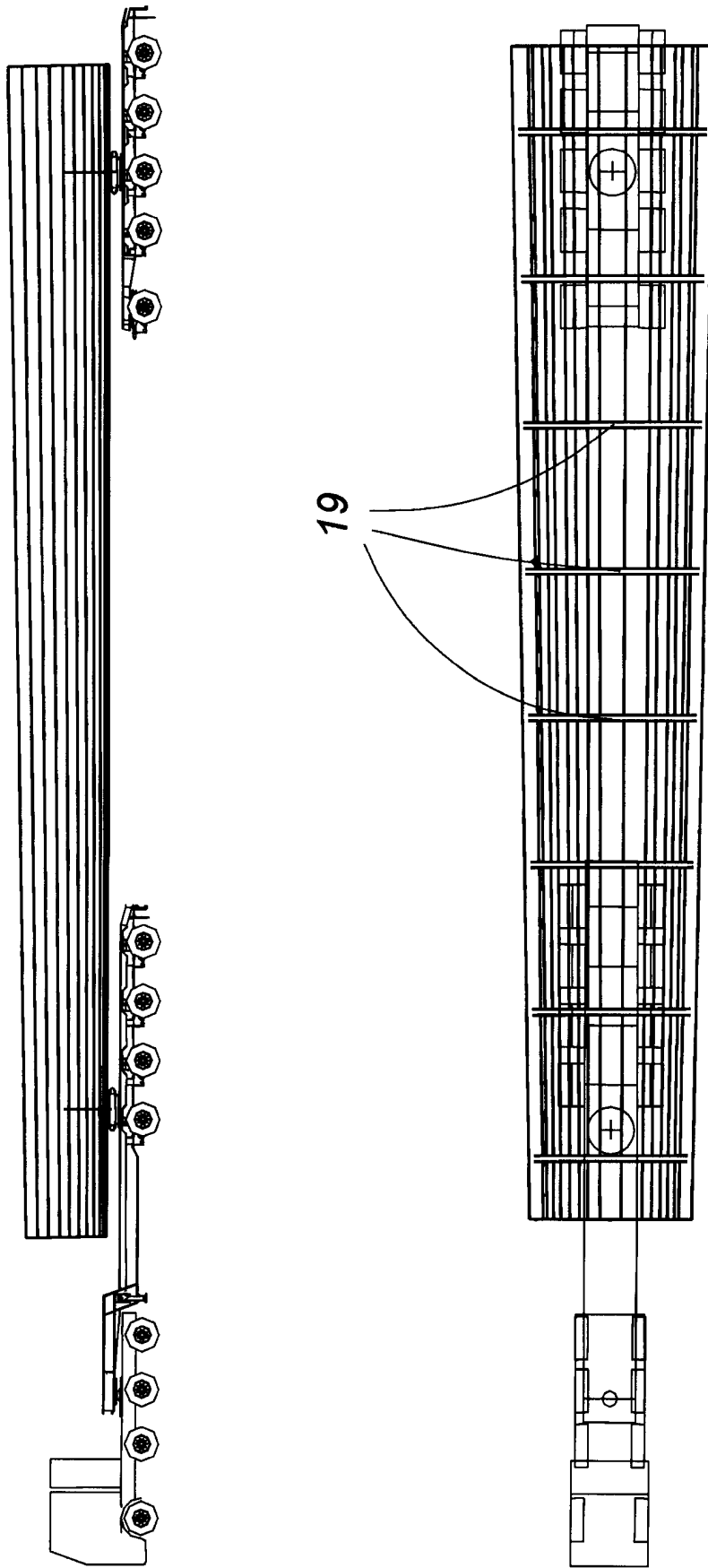


Fig. 18

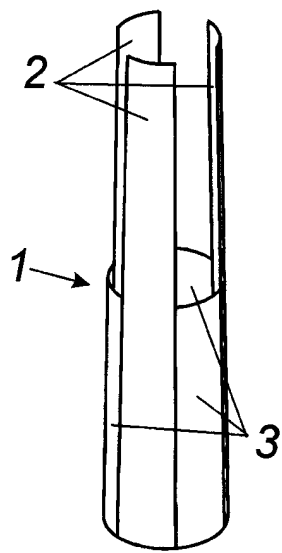


Fig. 19

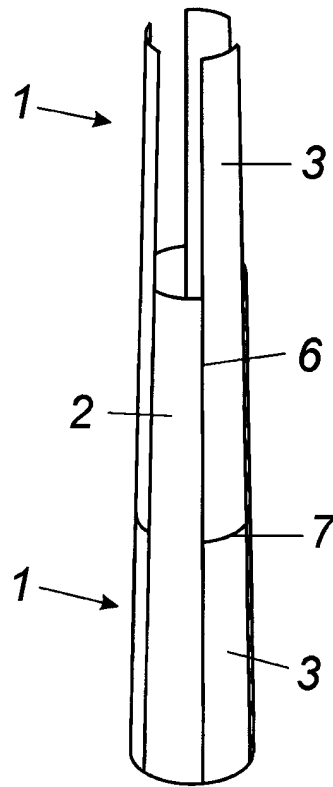


Fig. 20

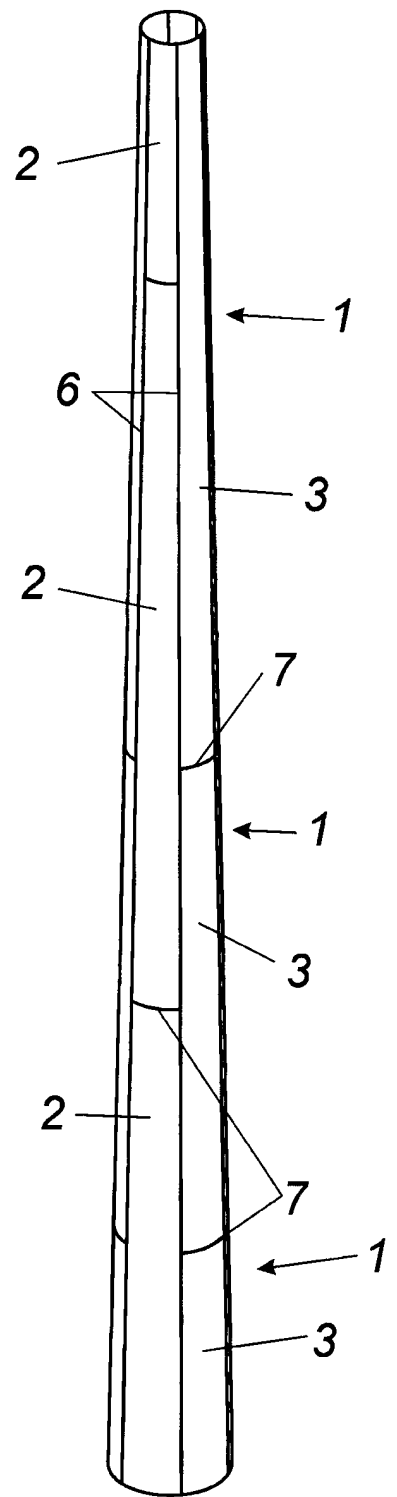


Fig. 21

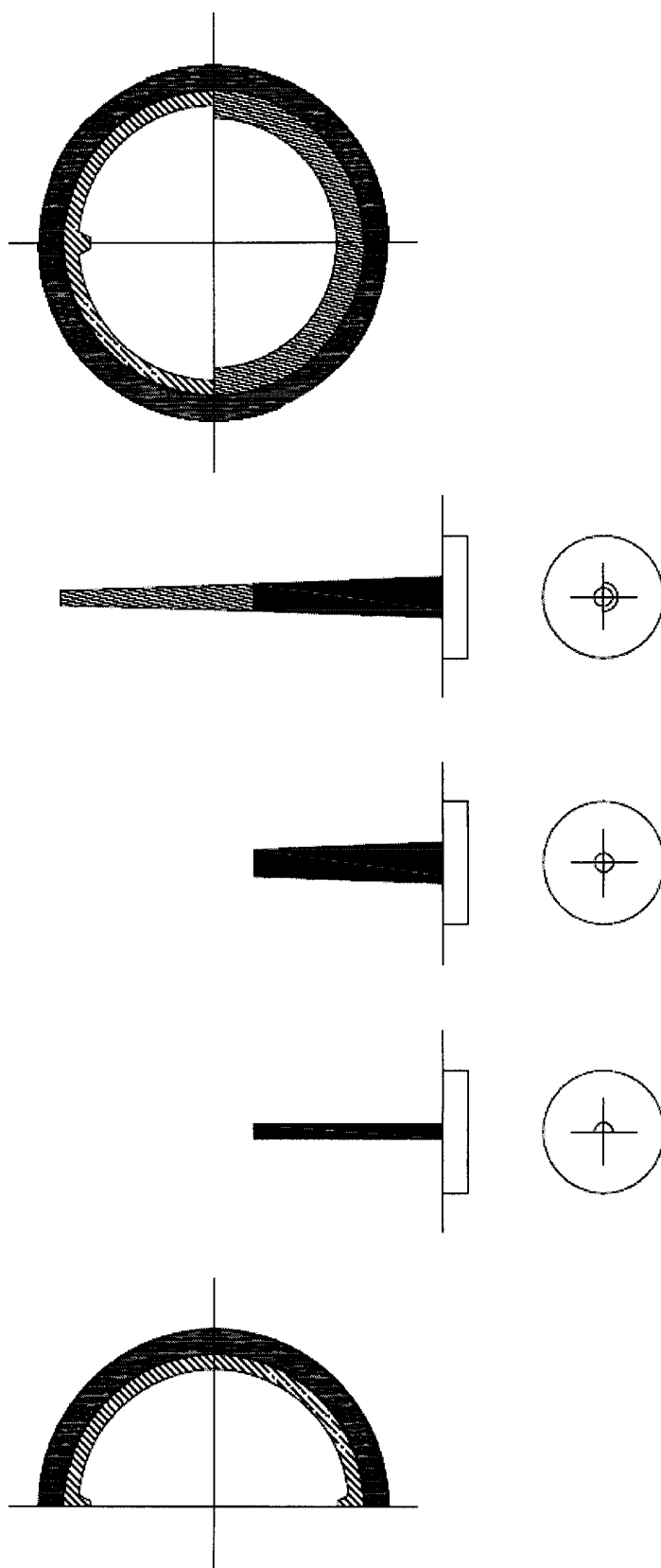


Fig.22