



(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2010/12/16
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2011/06/23
(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2016/04/12
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2012/06/07
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** EP 2010/007659
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2011/072846
(30) **Priorité/Priority:** 2009/12/18 (FR09 06154)

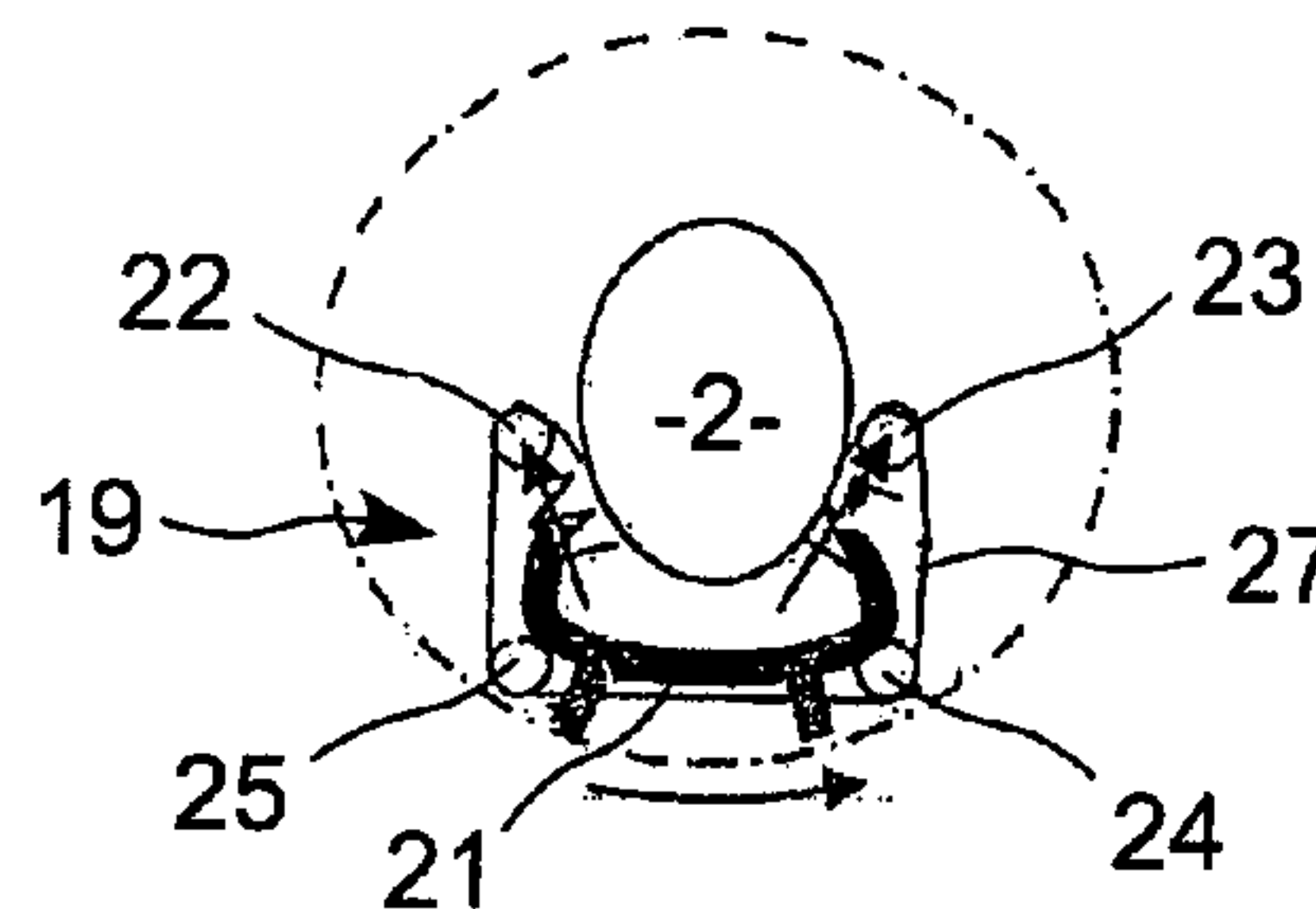
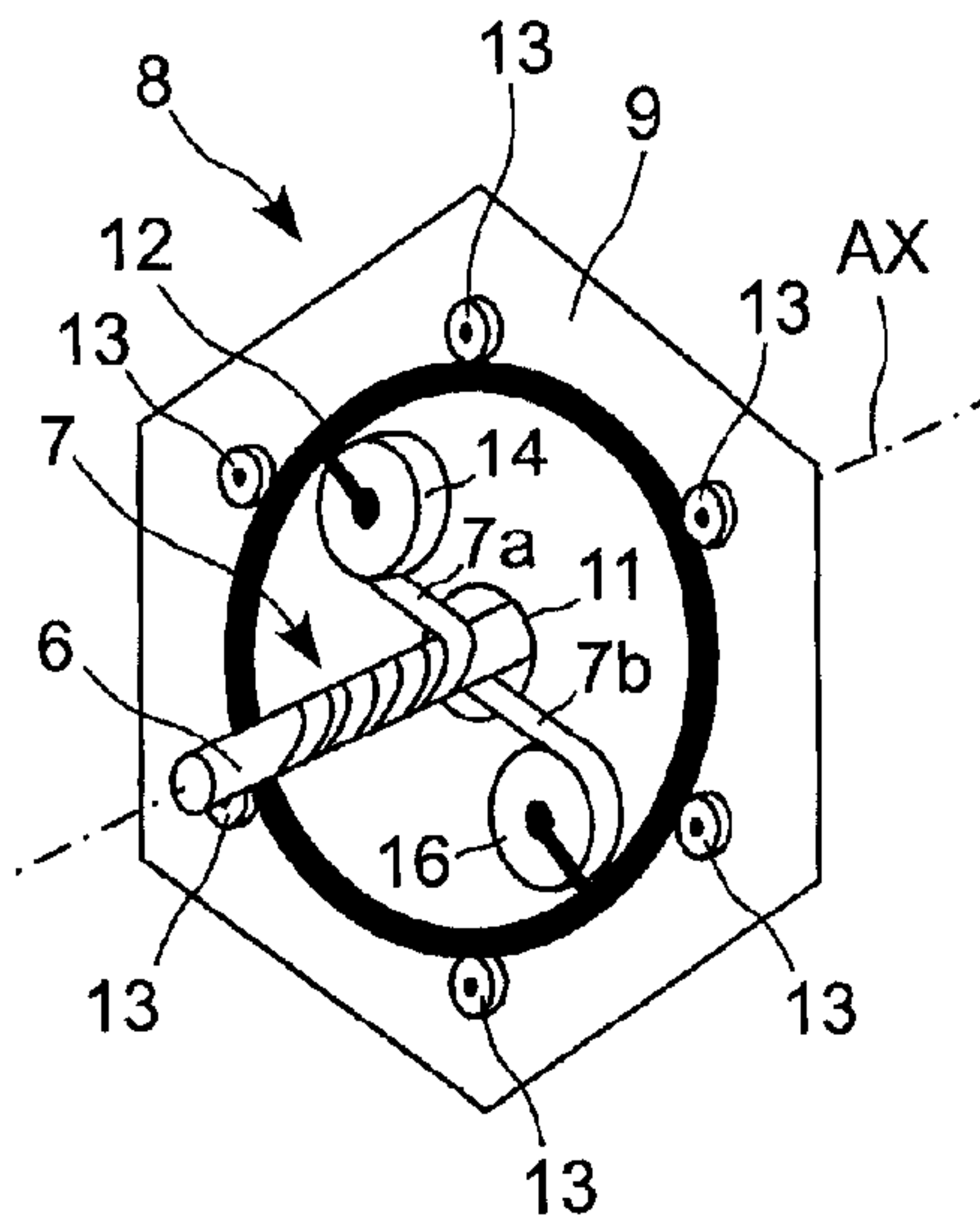
(51) **Cl.Int./Int.Cl.** **B29C 70/32** (2006.01),
B29C 53/56 (2006.01), **B29C 70/54** (2006.01)

(72) **Inventeurs/Inventors:**
MASSON, RICHARD, FR;
DUNLEAVY, PATRICK, FR;
DESJOYEUX, BERTRAND, FR

(73) **Propriétaires/Owners:**
MESSIER-BUGATTI-DOWTY, FR;
AIRCELLE, FR

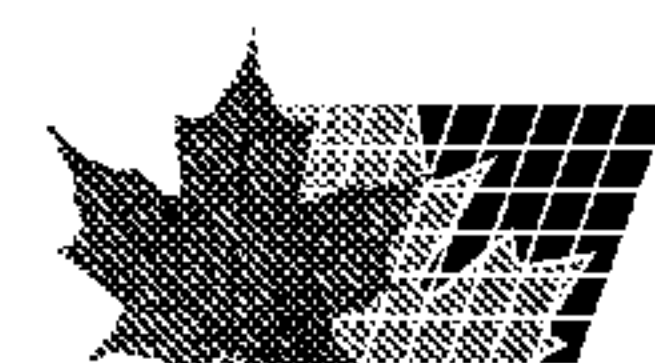
(74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) **Titre : PROCÉDES DE FABRICATION D'UNE PIÈCE EN MATÉRIAU COMPOSITE OBTENUE PAR DÉPÔT DE COUCHES DE FIBRES RENFORÇANTES PLAQUÉES SUR UN MANDRIN**
(54) **Title: METHOD FOR PRODUCING A PART MADE FROM A COMPOSITE MATERIAL, OBTAINED BY DEPOSITING LAYERS OF REINFORCING FIBERS URGED ONTO A MANDREL**



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite dans lequel on applique sur un mandrin ayant une forme généralement de révolution, une ou des couches (17) de fibres renforçantes (4) tressées ou tissées ou encore drapées. Après application d'une ou plusieurs couches (17) sur le mandrin (2), on réalise une opération de compactage, soit au moyen d'au moins un lien (7) enroulé en hélicoïde autour et le long de l'ensemble (6) constitué par le mandrin (2) et chaque couche (17) de fibres renforçantes (4) qu'il porte, soit au moyen d'un appareillage comprenant un châssis tournant autour de mandrin et portant un organe de plaquage appliqué au moins en partie radialement contre l'ensemble formé par le mandrin (2) et chaque couche (17, 18) qu'il porte.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/072846 A3

(43) Date de la publication internationale
23 juin 2011 (23.06.2011)

PCT

(51) Classification internationale des brevets :
B29C 70/32 (2006.01) *B29C 53/56* (2006.01)
B29C 70/54 (2006.01)

Bertrand [FR/FR]; 3 Rue Eustache Libert, F-76310
Sainte Adresse (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2010/007659

(74) Mandataire : **BEAUDOUIN-LAFON, Emmanuel**;
Cabinet Boettcher, 16 rue Médéric, F-75017 Paris (FR).

(22) Date de dépôt international :
16 décembre 2010 (16.12.2010)

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
09 06154 16 décembre 2009 (16.12.2009) FR

(71) Déposants (*pour tous les États désignés sauf US*) :
MESSIER-BUGATTI-DOWTY [FR/FR]; Inovel Parc Sud, 78140 Vélizy-Villacoublay (FR). **AIRCELLE** [FR/FR]; Route du Pont VIII, F-76700 Gonfreville-l'Orcher (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **MASSON, Richard** [FR/FR]; 2 avenue Huguier, F-78530 Buc (FR). **DUNLEAVY, Patrick** [FR/FR]; 15 rue Jean-Jacques Rousseau, F-91120 Palaiseau (FR). **DESJOYEUX,**

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHODS FOR PRODUCING A PART MADE FROM A COMPOSITE MATERIAL, OBTAINED BY DEPOSITING LAYERS OF REINFORCING FIBERS URGED ONTO A MANDREL

(54) Titre : PROCÉDÉS DE FABRICATION D'UNE PIÈCE EN MATÉRIAU COMPOSITE OBTENUE PAR DÉPÔT DE COUCHES DE FIBRES RENFORÇANTES PLAQUÉES SUR UN MANDRIN

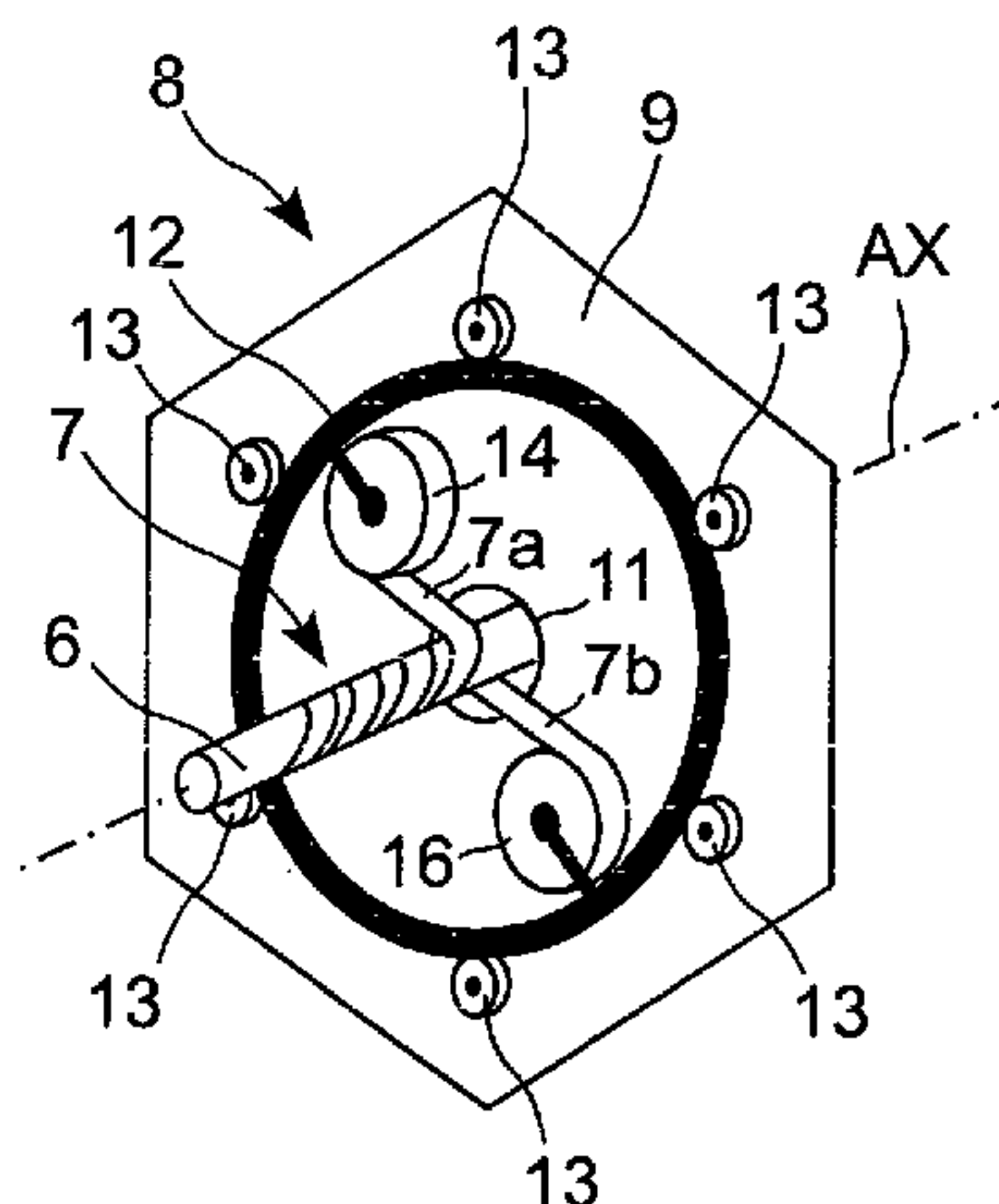


FIG. 3

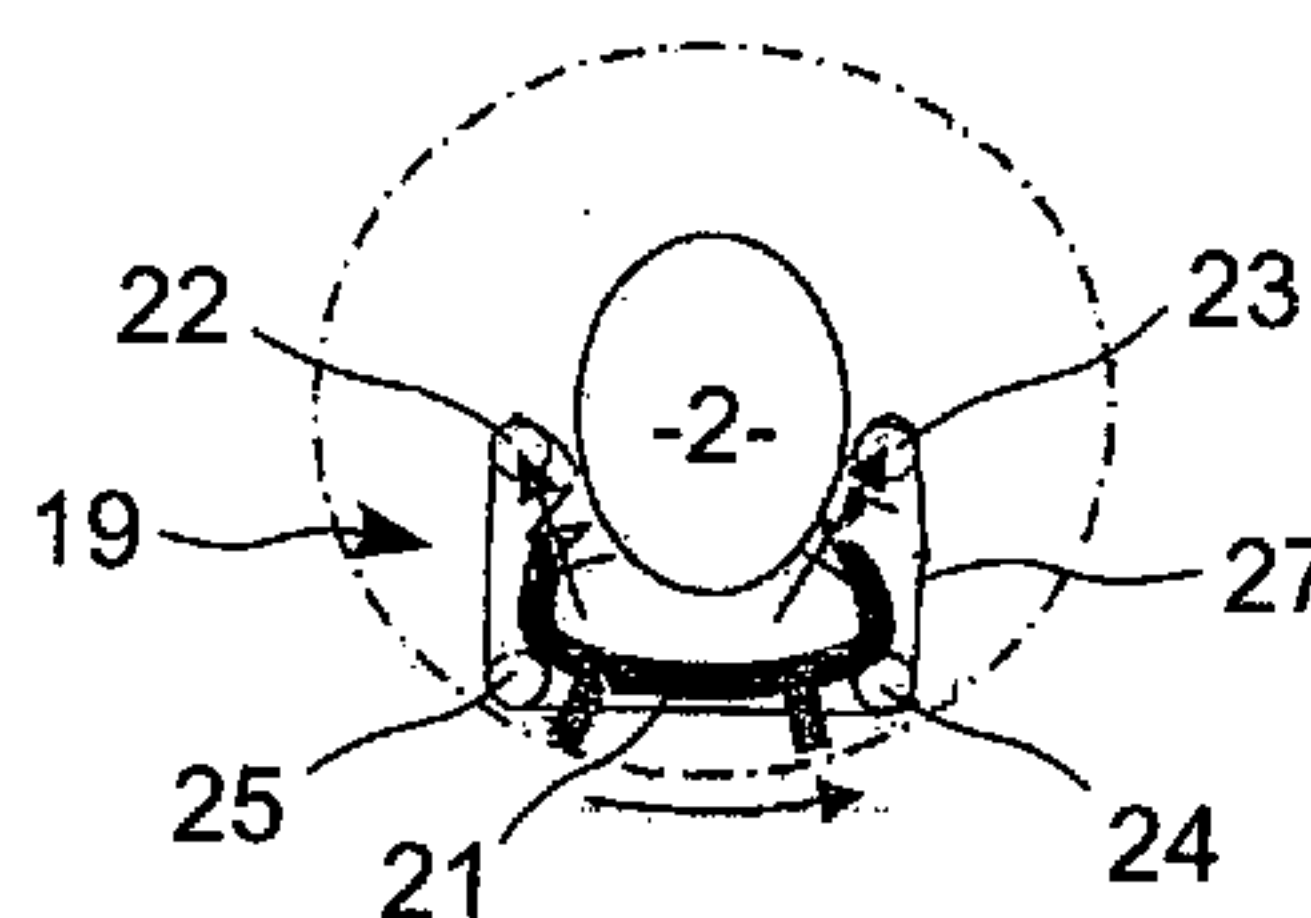


FIG. 13

(57) Abstract : The invention relates to a method for producing a part made from a composite material, wherein one or more layers (17) of braided or woven or even draped reinforcing fibers (4) are applied to a mandrel having an overall rotationally symmetrical shape. After one or more layers (17) have been applied to the mandrel (2), a compacting operation is carried out either using at least one tie (7), which is helically wound around and along the assembly (6) consisting of the mandrel (2) and each layer (17) of reinforcing fibers (4) that said mandrel supports, or using equipment comprising a frame rotating about the mandrel and bearing an urging member that is applied at least partially radially against the assembly formed by the mandrel (2) and each layer (17, 18) borne thereby.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/072846 A3

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale :

1 septembre 2011

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

L'invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite dans lequel on applique sur un mandrin ayant une forme généralement de révolution, une ou des couches (17) de fibres renforçantes (4) tressées ou tissées ou encore drapées. Après application d'une ou plusieurs couches (17) sur le mandrin (2), on réalise une opération de compactage, soit au moyen d'au moins un lien (7) enroulé en hélicoïde autour et le long de l'ensemble (6) constitué par le mandrin (2) et chaque couche (17) de fibres renforçantes (4) qu'il porte, soit au moyen d'un appareillage comprenant un châssis tournant autour de mandrin et portant un organe de plaquage appliqué au moins en partie radialement contre l'ensemble formé par le mandrin (2) et chaque couche (17, 18) qu'il porte.

**PROCEDES DE FABRICATION D'UNE PIECE EN MATERIAU COMPOSITE
OBTENUE PAR DEPOT DE COUCHES DE FIBRES RENFORÇANTES
PLAQUEES SUR UN MANDRIN**

5 L'invention concerne la fabrication de pièces en
matériau composite obtenues par application sur un mandrin
de plusieurs couches de fibres renforçantes. Ces couches
peuvent être des couches de fibres de carbone tissées,
tressées ou drapées, qui sont solidarisiées les unes aux
10 autres, par exemple par injection de résine.

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

Dans un tel procédé de fabrication qui est par
exemple utilisé pour former un bras en matériau composite,
le mandrin est une pièce pleine ou creuse, encore appelée
15 noyau. Il constitue principalement un support dont les
couches de fibres renforçantes épousent la forme extérieure
lorsqu'elles sont appliquées sur celui-ci, pour que la
pièce finale ait une géométrie correspondant à une forme
souhaitée.

20 En pratique, les couches de fibres renforçantes
peuvent être appliquées sur le mandrin avec une machine de
tressage telle que la machine repérée par 1 dans la figure
1.

Le mandrin 2 est alors installé dans la machine à
25 tresser 1 qui comporte essentiellement un anneau 3 portant
à sa face arrière une série de bobines de fibre
renforçantes. Les fibres renforçantes 4 se rejoignent dans
une région située sensiblement sur un axe AX normal à
l'anneau 3. Lorsque le cycle de tressage est lancé, le
30 mandrin 2 est déplacé le long de l'axe AX, ce qui provoque
le tressage d'une chaussette de fibres qui s'applique à la
face externe de ce mandrin 2.

La vitesse du mandrin par rapport à l'anneau est
ajustée pour que les fibres soient tressées en étant
35 orientées selon une valeur angulaire prédéterminée telle

que soixante degrés par rapport à l'axe AX. Plusieurs passages sont ainsi réalisés pour constituer plusieurs couches de fibres tressées entourant le mandrin.

5 L'ensemble constitué par le mandrin et les différentes couches de fibres, est ensuite placé dans un moule. De la résine est alors injectée pour imprégner les couches de fibres, après quoi un cycle de cuisson est lancé, pour que l'ensemble constitué par les couches de fibres et la résine constitue un tout rigide.

10 En pratique, on recherche le meilleur plaquage possible des couches de fibre sur le mandrin qui les porte, de manière à obtenir d'une part une conformité géométrique optimale entre la pièce finie et le mandrin, et d'autre part un taux de fibres renforçantes le plus
15 élevé possible dans la pièce finie, pour que le rapport de la tenue mécanique sur la masse soit optimal.

Le degré de plaquage des couches de fibres tressées sur le mandrin est optimisé en jouant sur le niveau de tension des fibres renforçantes durant
20 l'opération de tressage.

D'une manière générale, le degré de plaquage des couches de fibres sur le mandrin est conditionné par la tension des fibres, par leur orientation par rapport à l'axe AX, et par la vitesse de progression du mandrin le
25 long de l'axe AX.

Dans l'exemple de la figure 1, les couches de fibres renforçantes sont appliquées au cours d'une opération de tressage. Mais selon d'autres procédés, les couches de fibres renforçantes peuvent se présenter sous
30 forme d'un tissu de fibres préfabriqué à imprégner de résine, ou bien sous forme de drapages préimprégné.

Lorsqu'il s'agit de tissus, celui-ci est rapporté par un opérateur en même temps que celui-ci l'imprègne de résine pour le plaquer au mandrin. Lorsqu'il s'agit de
35 drapages préimprégnés, des morceaux sont rapportés sur le

mandrin, de manière analogue, par un opérateur, sans qu'il soit nécessaire de procéder à une imprégnation de résine.

Ainsi, dans ces deux derniers exemples, la question du plaquage est essentiellement conditionnée par le savoir faire de l'opérateur installant les couches de fibres renforçantes, de sorte que la maîtrise de ce plaquage est hasardeuse dans un contexte de fabrication industrialisée.

OBJET DE L'INVENTION

Le but de l'invention est de proposer une solution pour améliorer le plaquage des couches de fibres renforçantes qui sont appliquées sur le mandrin.

RESUME DE L'INVENTION

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite dans lequel on applique sur un mandrin s'étendant selon une direction longitudinale et présentant une section transversale délimitée par un contour fermé, une ou des couches de fibres renforçantes tressées ou tissées ou encore drapées, caractérisé en ce qu'il comporte, après application d'une ou plusieurs couches sur le mandrin, une opération d'application d'au moins un lien enroulé en hélicoïde autour et le long de l'ensemble constitué par le mandrin et chaque couche de fibres renforçantes qu'il porte, pour enserrer chaque couche de fibres renforçantes contre ce mandrin.

Selon l'invention, la ou les couches de fibres renforçantes appliquées sur le mandrin sont plaquées par l'opération d'enrubannage, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de procéder à des ajustements complexes et contraignants de la tension des fibres lors de l'opération d'application des couches de fibres tressées.

Ceci permet d'une part d'augmenter la conformité géométrique de la pièce finie avec la forme extérieure du mandrin, et d'autre part, d'accroître le taux de fibres

renforçantes dans cette pièce pour en augmenter la tenue mécanique.

5 L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel le lien utilisé a une forme de ruban, et est disposé à plat sur les couches de fibres renforçantes portées par le mandrin.

L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel les spires consécutives de chaque lien enroulé sont espacées les unes des autres.

10 L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel on applique une nouvelle couche de fibres renforçantes par dessus une ou des couches sur laquelle ou lesquelles au moins un lien a été enroulé, et dans lequel au moins un lien qui a été enroulé
15 est déroulé pour le retirer au fur et à mesure que la ou les nouvelles couches sont appliquées.

L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel l'opération d'enroulement comprend d'une part l'enroulement d'un lien en forme de
20 ruban, et d'autre part l'enroulement d'un lien en forme de fil.

L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel le lien en forme de ruban est retiré avant application d'une nouvelle couche de
25 fibres renforçantes.

L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel on enroule au moins deux liens en sens inverse autour de l'ensemble constitué par le mandrin et la ou les couches de fibres renforçantes
30 qu'elle porte.

L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel au moins un lien enroulé sur l'ensemble constitué par le mandrin et les couches de fibres renforçantes qu'elle porte est constitué de fibres

de même nature que les fibres renforçantes des couches appliquées sur le mandrin.

L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel le lien est enroulé autour et le long de l'ensemble au fur et à mesure qu'une couche
5 de fibres renforçantes est déposée sur l'ensemble, et en étant enroulé autour de cette couche.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite dans lequel
10 on applique sur un mandrin s'étendant selon une direction longitudinale et présentant une section transversale délimitée par un contour fermé, une ou des couches de fibres renforçantes tressées ou tissées ou encore drapées, avant d'injecter de la résine dans ces couches et de
15 polymériser cette résine, caractérisé en ce qu'il comporte avant injection de la résine, une ou des opérations de plaquage de chaque couche de fibres renforçantes contre le mandrin, chaque opération étant assurée avec un
appareillage comprenant un châssis tournant autour du
20 mandrin et portant un organe de plaquage appliqué au moins en partie radialement contre l'ensemble formé par le mandrin et chaque couche qu'il porte tout en étant libre de tourner par rapport au châssis et autour d'un axe parallèle à la direction longitudinale, pour exercer sur
25 chaque couche à plaquer un effort de plaquage orienté radialement par rapport à la direction longitudinale.

La ou les couches de fibres renforçantes appliquées sur le mandrin sont plaquées par l'opération de calandrage, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de
30 procéder à des ajustements complexes et contraignants de la tension des fibres lors de l'opération d'application des couches de fibres tressées.

Ceci permet d'une part d'augmenter la conformité géométrique de la pièce finie avec la forme extérieure du
35 mandrin, et d'autre part, d'accroître le taux de fibres

renforçantes dans cette pièce pour en augmenter la tenue mécanique.

5 L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel l'organe de plaquage est une courroie engagée autour d'un ensemble de galets portés par le châssis, une portion de cette courroie étant latéralement en appui sur une partie de l'ensemble constitué par le mandrin et chaque couche qu'il porte.

10 L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel le plaquage est assuré par deux appareillages dont les châssis tournent en sens inverse autour de l'ensemble constitué par le mandrin et chaque couche qu'il porte.

15 L'invention concerne également un procédé tel que défini ci-dessus, dans lequel au moins opération de plaquage de couches de fibres renforçantes est mise en oeuvre au fur et à mesure qu'une couche de fibres renforçantes est déposée sur l'ensemble.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

20 La figure 1 est une vue d'ensemble illustrant une opération de tressage de fibres de carbone autour d'un mandrin ;

La figure 2 est une vue latérale partielle d'une opération de tressage avec enrubannage selon l'invention ;

25 La figure 3 est une vue d'ensemble représentant un appareillage pour enrubanner l'ensemble constitué par le mandrin et les couches de fibres qu'il porte ;

30 La figure 4 est une vue latérale illustrant schématiquement un premier mode de réalisation de l'invention ;

La figure 5 est une vue en coupe longitudinale d'une pièce finie illustrant schématiquement la structure multicouche obtenue avec le premier mode de réalisation de l'invention ;

La figure 6 est une vue latérale illustrant schématiquement un second mode de réalisation de l'invention ;

La figure 7 est une vue en coupe longitudinale d'une pièce finie illustrant schématiquement la structure multicouche obtenue avec le second mode de réalisation de l'invention ;

Les figures 8 à 10 sont des vues latérales illustrant schématiquement un troisième mode de réalisation de l'invention ;

La figure 11 est une vue en coupe longitudinale montrant une pièce finie illustrant schématiquement la structure multicouche selon le troisième mode de réalisation de l'invention ;

La figure 12 est une vue latérale illustrant schématiquement un quatrième mode de réalisation de l'invention ;

La figure 13 est une vue en coupe transversale schématique d'un appareillage pour mettre en œuvre une opération de calandrage simple ;

La figure 14 est une vue en coupe transversale schématique d'un appareillage permettant de mettre en œuvre une opération de calandrage double ;

La figures 15 est une vue latérale montrant schématiquement un mode de réalisation dans lequel le procédé selon l'invention intègre une opération de calandrage préalablement à l'enroulement de liens.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

L'idée à la base de l'invention est de réaliser le plaquage sur le mandrin par enroulement d'un lien autour des couches de fibres renforçantes, pour simplifier grandement la maîtrise de ce plaquage.

Le mandrin s'étend longitudinalement selon une direction AX, en présentant une section transversale délimitée par un contour fermé pouvant être elliptique,

polygonal ou autre. Ce contour délimite d'une manière générale une face latérale du mandrin devant être recouverte de fibres renforçantes en vue de constituer la pièce finale.

5 Comme illustré schématiquement dans la figure 2, l'opération d'enroulement autour de la ou des couches de fibres portées par le mandrin peut être intégrée à l'opération de tressage de ces couches, de sorte qu'une phase additionnelle séparée n'a pas à être prévue.

10 Cet enroulement pourrait être assuré de manière manuelle ou bien semi-manuelle, mais il peut avantageusement être mis en œuvre au moyen d'un appareillage tel que représenté dans la figure 3 en y étant repéré par 8.

15 Comme visible dans les figures 2 et 3, le lien 7 est entouré autour et le long de l'ensemble 6 constitué par le mandrin et les couches qu'il porte, de sorte qu'il est disposé de manière généralement hélicoïdale, formant des spires consécutives qui sont ici espacées les unes des
20 autres le long de l'axe AX.

Dans l'exemple des figures 2 et 3, le lien 7 a une forme de ruban, c'est-à-dire qu'il présente une section à contour généralement rectangulaire. Ce ruban 7 est alors plaqué à plat sur les couches de fibres renforçantes
25 portées par le mandrin, ce qui optimise le maintien des fibres en évitant que celles-ci ne prennent une forme ondulée et en favorisant au contraire une forme la plus régulière possible pour ces fibres.

L'opération d'enroulement peut être mise en œuvre
30 avec l'appareillage 8 qui est illustré schématiquement en figure 7, cet appareillage étant alors placé autour de l'axe AX et en avant de l'anneau de tressage 3 qui n'est pas représenté dans la figure 3. Cette disposition permet de réaliser l'enroulement au fur et à mesure qu'une couche
35 de fibres est déposée.

Cet appareillage 8 comprend une platine support 9 présentant une ouverture centrale 11 circulaire centrée sur l'axe AX, et traversée par l'ensemble 6. Cette platine 9 porte un anneau 12 centré sur l'axe AX, au moyen d'un ensemble de six galets repérés par 13 qui l'entourent tout en le portant. Ces galets sont eux mêmes portés par la platine 9 peuvent tourner par rapport à celle-ci, et ils sont régulièrement espacés le long d'un cercle centré sur l'axe AX et ayant un diamètre légèrement supérieur à celui de l'anneau 12.

L'anneau 12 est ainsi engagé à l'intérieur du cercle délimité par les galets 13, et un ou plusieurs de ces galets est motorisé, de manière à provoquer la rotation de cet anneau 12 autour de l'axe AX lorsque la motorisation est activée.

Comme visible dans la figure 3, cet anneau 12 porte également deux bobines 14 et 16 situées de manière à être diamétralement opposées par rapport à l'axe AX, chaque bobine étant apte à tourner autour d'un axe parallèle à l'axe AX, et par rapport à l'anneau 12 qui les porte.

En fonctionnement, et comme le montre schématiquement la figure 3, l'anneau 12 est mis en rotation par le ou les galets motorisés, en même temps que l'ensemble 6 constitué par le mandrin et les couches de fibres tressées qu'il porte est déplacé le long de l'axe AX, de sorte que les deux rubans 7a et 7b se déroulent respectivement des bobines 14 et 16 pour s'enrouler de manière hélicoïdale autour de la couche de fibres qui est en train d'être déposée sur l'ensemble 6.

L'appareillage de la figure 3 permet d'enrouler simultanément deux rubans dans le même sens, qui sont ici repérés par 7a et 7b, mais il peut aussi bien être utilisé pour enrouler un seul ruban 7, dès lors que cet appareil serait équipé d'une bobine 14 unique.

Comme représenté schématiquement dans la figure 4, le ruban 7 peut être enroulé autour d'une première couche 17 de fibres renforçantes 4 appliquées autour du mandrin 2 par la machine de tressage. Une fois que cette première
5 couche 17 a été appliquée et que le ruban 7 a été enroulé autour de celle-ci, une nouvelle couche 18 de fibres renforçantes 4 peut être appliquée autour de l'ensemble, c'est-à-dire par dessus la couche 17 et le ruban 7 qui l'entoure.

10 Dans la structure résultante, comme visible dans la figure 5, les deux couches 17 et 18 sont superposées l'une à l'autre, alors que le ruban 7 reste interposé entre ces deux couches au niveau de leur jonction.

Comme on le comprend, il peut alors être
15 avantageux d'utiliser un ruban 7 constitué de fibres de même nature que les fibres renforçantes des couches 17 et 18, pour obtenir une cohésion satisfaisante entre ces deux couches, après injection de la résine.

Selon un autre mode de mise en œuvre du procédé
20 selon l'invention, un ruban 7 est bobiné autour de la couche 17 de fibres renforçantes pour la plaquer sur le mandrin 2, mais ce ruban est retiré au fur et à mesure qu'est appliquée la nouvelle couche 18 de fibres tressées.

Comme illustré schématiquement sur la figure 6, un
25 autre ruban repéré par 7' est bobiné autour de la nouvelle couche 18 de fibres renforçantes au fur et à mesure que cette dernière est tressée autour de l'ensemble constitué par le mandrin et la première couche de fibres renforçantes 17.

30 Selon le cas, le ruban extérieur 7' peut être laissé en place, ou bien retiré, comme dans le cas de la figure 7 illustrant la structure résultante du procédé de la figure 6 lorsque ce ruban extérieur a été retiré.

Comme visible sur la figure 7, grâce au retrait du
35 premier ruban 7 avant application de la seconde couche

tressée 18, les deux couches tressées sont directement en appui l'une sur l'autre, de sorte que leur cohésion est optimale une fois que la résine a été injectée et cuite.

Il est également possible, comme dans l'exemple des figures 8 à 11 de bobiner non pas uniquement un ruban 7 autour de la couche de fibres 17, mais d'enrouler un ruban 7 et un fil 7'', dans le même sens, de manière à laisser le fil 7'' en place lorsque le ruban 7 est retiré au moment de l'application de la seconde couche de fibres renforçantes 18. Le fil 7'' peut, selon le cas, être bobiné en même temps que le ruban, ou bien être bobiné ensuite, dans les espaces séparant les spires consécutives du ruban 7.

Le ruban 7 permet ainsi de réaliser à proprement parler le plaquage de la couche 17 sur le mandrin 2, et le lien 7'' en forme de fil a lui pour fonction de maintenir ce plaquage après retrait du ruban 7.

Dans ces conditions, le retrait du ruban 7 avant application de la couche supplémentaire 18, ce qui correspond à la figure 9, ne risque pas de provoquer un relâchement du plaquage des couches 17 sur le mandrin.

Il s'ensuit que dans la pièce terminée, seul le fil 7'' subsiste, ce qui confère à la fois une garantie d'un plaquage satisfaisant de la couche intérieure 17, et une garantie d'une bonne cohésion des couches 17 et 18 l'une avec l'autre du fait que le fil 7'' interposé entre ces couches présente une surface qui est négligeable vis-à-vis de la totalité de la surface de jonction de ces deux couches, ce qui apparaît dans la figure 11.

Afin d'assurer que l'enroulement du ruban 7 autour de la ou des couches de fibres renforçantes tressées ne perturbe pas l'orientation de ces fibres par rapport à l'axe AX, on peut avantageusement enrouler deux rubans en sens inverse, comme illustré schématiquement en figure 12.

Dans ce cas, l'effet de torsion exercé par l'un des rubans sur la couche de fibres renforçantes est compensé par l'effet de torsion opposé qu'exerce le second ruban bobiné dans l'autre sens, de sorte que la tension
5 circonférentielle s'équilibre.

Les deux rubans qui sont repérés par 7a' et 7b' sont alors enroulés par exemple au moyen de deux appareillages tels que celui de la figure 3 qui sont alors montés l'un devant l'autre, en avant de la machine de
10 tressage 1. Dans ce cas, chaque appareillage porte alors une unique bobine de ruban, et les anneaux de ces deux appareillages sont pilotés pour tourner en sens inverse autour de l'axe AX.

Dans ces conditions, on minimise la déviation des fibres des couches renforçantes provoquée par l'opération
15 d'enroulement de rubans.

Il est à noter que le mode de réalisation de la figure 12 n'exclut pas la possibilité d'enrouler également un fil, pour permettre de retirer les deux rubans avant
20 application d'une couche de fibres renforçantes supplémentaires, sans risque de provoquer un relâchement de la couche 17.

Dans ce cas, le fil est bobiné avec le ruban 7a' qui est situé sous le ruban 7b', de sorte qu'il est alors
25 possible de retirer d'abord le ruban 7b', puis le ruban 7a', tout en laissant le fil en place.

L'amélioration du plaquage des couches de fibres renforçantes, peut aussi être réalisé par une opération dite de calandrage rotatif de la ou des couches de fibres
30 renforçantes, comme illustré schématiquement sur les figures 13 à 15.

On prévoit alors, comme illustré en figure 13, un appareillage de calandrage rotatif, repéré par 19, et comprenant un châssis 21 monté pour tourner autour de
35 l'axe AX, ce châssis 21 étant par exemple porté par un

appareillage du type de celui de la figure 3, en étant rigidement solidaire de l'anneau de cet appareillage.

5 Ce châssis 21 porte un ensemble de quatre galets 22, 23, 24 et 25 situés dans un même plan normal à l'axe AX, et autour desquels est engagée une courroie, repérée par 27 et formant organe de plaquage. Une portion de cette courroie 27 est ainsi en appui latéral sur l'ensemble 6
10 constitué par le mandrin 2 et les couches de fibres renforçantes qu'il porte, de manière à exercer sur ces couches un effort orienté radialement par rapport à l'axe AX.

Ainsi, lorsque le châssis 21 tourne autour de l'axe AX, la portion de courroie qui est en appui latéral sur l'ensemble 6 tourne autour de l'axe AX, mais sans
15 générer de tension circonférentielle sur la couche 17, du fait que cette courroie tourne simultanément autour des galets 22 à 25, et donc autour d'un axe parallèle à l'axe AX.

Un ou plusieurs des différents galets 22 à 25
20 peuvent être montés sur un système donnant à cette courroie mobile une certaine élasticité par rapport au châssis selon la direction radiale. A cet effet, l'appareillage comprend des moyens de rappel tels que des ressorts, pour réguler la tension de la courroie, c'est-à-
25 dire les efforts exercés radialement par la courroie à l'ensemble constitué par le mandrin et les couches qu'il porte.

Complémentairement, et comme illustré sur la figure 14, un autre appareillage de calandrage 28 peut
30 être prévu en étant espacé de l'appareillage 19 le long de l'axe AX, cet autre appareillage de calandrage 28 étant actionné pour tourner en sens inverse de l'appareillage 19 autour de l'axe AX.

Avec une telle opération de calandrage double, on
35 assure d'une part une grande progressivité du plaquage de

la tresse 17 sur le mandrin 2 ou sur les autres couches portées par ce mandrin, et d'autre part on réduit encore significativement la contrainte circonférentielle appliquée à la couche 17 du fait que les deux
5 appareillages de calandrage 19 et 28 ont des effets antagonistes quant à cette contrainte circonférentielle.

Le calandrage des couches tressées est réalisé au moyen de courroies, mais il pourrait aussi être réalisé directement au moyen de roues ou galets par un châssis
10 rotatif tout en étant directement appliqués radialement contre les couches tressées que porte le mandrin.

Une opération de calandrage peut être appliquée après application de chaque couche tressée sur le mandrin, après application de plusieurs couches, ou encore après
15 application de l'ensemble des couches.

Par ailleurs, dans l'exemple des figures, la ou les opérations de calandrage sont mises en œuvre au fur et à mesure qu'une couche de fibres renforçantes est déposée, ce qui permet de la plaquer immédiatement.

La ou les opérations de calandrage peuvent être mises en œuvre soit seules, soit en combinaison avec les opérations d'enroulement de liens autour des couches tressées.

Lorsque les opérations de calandrage sont mises en œuvre seules, on prévoit par exemple de calandrer chaque
25 couche tressée autour du mandrin, avant d'installer l'ensemble constitué par le mandrin et les couches qu'il porte dans un moule pour y injecter la résine et pour polymériser cette résine.

Lorsque les opérations de calandrage sont mises en œuvre en combinaison avec des opérations d'enroulement de liens ou de rubans, elles permettent d'augmenter encore la qualité de plaquage des fibres tressées sur le mandrin, au moyen d'une installation telle que représentée
35 schématiquement en figure 15.

Dans ce cas, après tissage d'une ou plusieurs couches autour du mandrin, on réalise une opération de calandrage simple ou double avant application d'un lien autour des couches tissées. Ce lien peut être laissé ou retiré avant fabrication d'une autre couche tissée autour de l'ensemble.

A cet effet, l'installation de la figure 15 comporte, le long de l'axe AX, d'abord une machine de tressage, puis les deux appareillages de calandrage 21 et 28 et ensuite un ou deux appareillages pour enrouler des rubans sur l'ensemble 6.

Ces différents appareillages sont espacés les uns des autres le long de l'axe AX, de sorte que le tressage et l'application de la couche de fibres renforçantes, son calandrage sur le mandrin 2, et l'enroulement d'un ou plusieurs liens sont réalisés dans une même phase durant laquelle l'ensemble 6 est déplacé le long de l'axe AX.

D'une manière générale, il convient de noter que les exemples représentés sur les figures montrent des situations dans lesquelles la pièce en matériau composite est formée d'une première et d'une seconde couche.

Cependant, le procédé s'applique aussi bien à des pièces comportant un nombre beaucoup plus important de couches de fibres renforçantes. Dans ce cas, l'enroulement d'un ruban et/ou d'un fil peut selon le cas être réalisé pour plaquer une seule couche vers le mandrin, mais il peut aussi bien être mis en œuvre pour plaquer conjointement un ensemble de couches de fibres renforçantes appliquées par plusieurs passes de la machine de tressage.

Par ailleurs, les liens utilisés, c'est-à-dire les rubans et les fils enroulés autour de la pièce en cours de fabrication peuvent selon le cas être fabriqués dans les mêmes fibres que les fibres utilisées pour constituer

les couches renforçantes elles-mêmes, à savoir typiquement de fibres de carbone, ou dans un matériau différent.

5 Lorsque le lien ou le ruban considéré doit être laissé en place, il est avantageux de le prévoir fabriqué avec les mêmes fibres que celles utilisées pour tresser les couches de fibres renforçantes. Mais lorsque le fil ou le ruban doit être retiré durant le procédé de fabrication, des matériaux autres que des fibres du même type que celles utilisées pour les couches tressées
10 peuvent également être utilisés.

1. Procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite dans lequel on applique sur un mandrin (2) s'étendant selon une direction longitudinale (AX) et présentant une section transversale délimitée par un contour fermé, une ou des couches (17, 18) de fibres renforçantes (4) tressées ou tissées ou encore drapées, le procédé comprenant, après application d'une ou plusieurs couches (17) sur le mandrin (2), une opération d'application d'au moins deux liens (7, 7a, 7b, 7', 7a', 7b', 7'') enroulés en hélicoïde en sens inverse autour et le long de l'ensemble (6) constitué par le mandrin (2) et chaque couche (17) de fibres renforçantes (4) qu'il porte, pour enserrer chaque couche (17) de fibres renforçantes contre ce mandrin (2).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on utilise au moins un lien (7, 7a, 7b, 7', 7a', 7b') ayant une forme de ruban, en le disposant à plat sur les couches (17) de fibres renforçantes portées par le mandrin (2).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les spires consécutives de chaque lien (7, 7a, 7b, 7', 7a', 7b', 7'') enroulé sont espacées les unes des autres.

4. Procédé l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel on applique une nouvelle couche (18) de fibres renforçantes par dessus une ou des couches (17) sur laquelle ou lesquelles des liens (7, 7a, 7b, 7', 7a', 7b', 7'') ont été enroulés, et dans lequel au moins un lien (7, 7a, 7b, 7', 7a', 7b') qui a été enroulé est déroulé pour le retirer au fur et à mesure que la ou les nouvelles couches (18) sont appliquées.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'opération d'enroulement comprend d'une part l'enroulement d'un lien (7, 7a, 7b, 7', 7a', 7b') en forme de ruban, et d'autre part l'enroulement d'un lien (7'') en forme de fil.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le lien en forme de ruban (7, 7a, 7b, 7', 7a', 7b') est retiré avant application d'une nouvelle couche (18) de fibres renforçantes.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel au moins un lien (7, 7a, 7b, 7', 7a', 7b', 7'') enroulé sur l'ensemble (6) constitué par le mandrin (2) et les couches de fibres renforçantes (17) qu'il porte est constitué de fibres de même nature que les fibres renforçantes (4) des couches (17, 18) appliquées sur le mandrin (2).

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel au moins un lien (7, 7a, 7b, 7', 7a', 7b', 7'') est enroulé autour et le long de l'ensemble (6) au fur et à mesure qu'une couche de fibres renforçantes est déposée sur l'ensemble (6).

9. Procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite dans lequel on applique sur un mandrin (2) s'étendant selon une direction longitudinale (AX) et présentant une section transversale délimitée par un contour fermé, une ou des couches (17, 18) de fibres renforçantes (4) tressées ou tissées ou encore drapées, avant d'injecter de la résine dans ces couches et de polymériser cette résine, le procédé comprenant, avant injection de la résine, une ou des opérations de plaquage de chaque couche de fibres renforçantes (17) contre le mandrin (2), chaque opération étant assurée avec deux appareillages tournant en sens inverse, chaque appareillage (19, 28) comprenant un châssis (21) tournant autour du mandrin (2) et portant un organe de plaquage (27) appliqué au moins en partie radialement contre l'ensemble formé par le mandrin (2) et chaque couche (17, 18) qu'il porte tout en étant libre de tourner par rapport au châssis (21) et autour d'un axe parallèle à la direction longitudinale (AX), pour exercer sur chaque couche (17) à plaquer un effort de plaquage orienté radialement par rapport à la direction longitudinale (AX).

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel chaque organe de plaquage (27) est une courroie (27) engagée autour d'un ensemble de galets (22, 25) portés par un châssis (21), une portion de cette courroie étant latéralement en appui sur une partie de l'ensemble (6) constitué par le mandrin (2) et chaque couche (17) qu'il porte.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel au moins une opération de plaquage de couches (17, 18) de fibres renforçantes est mise en oeuvre au fur et à mesure qu'une couche (17, 18) de fibres renforçantes est déposée sur l'ensemble (6).

1/4

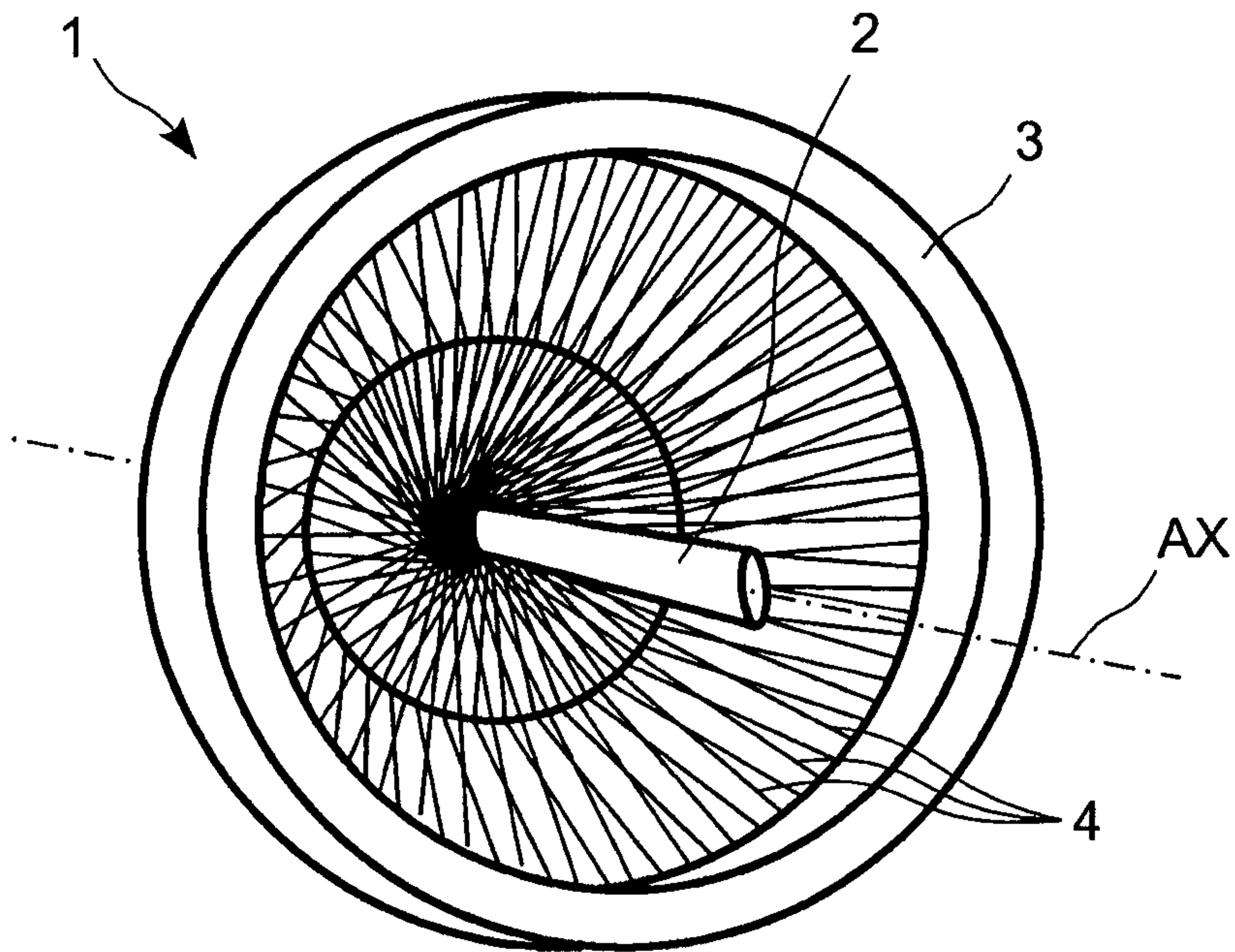


FIG. 1
(Antériorité)

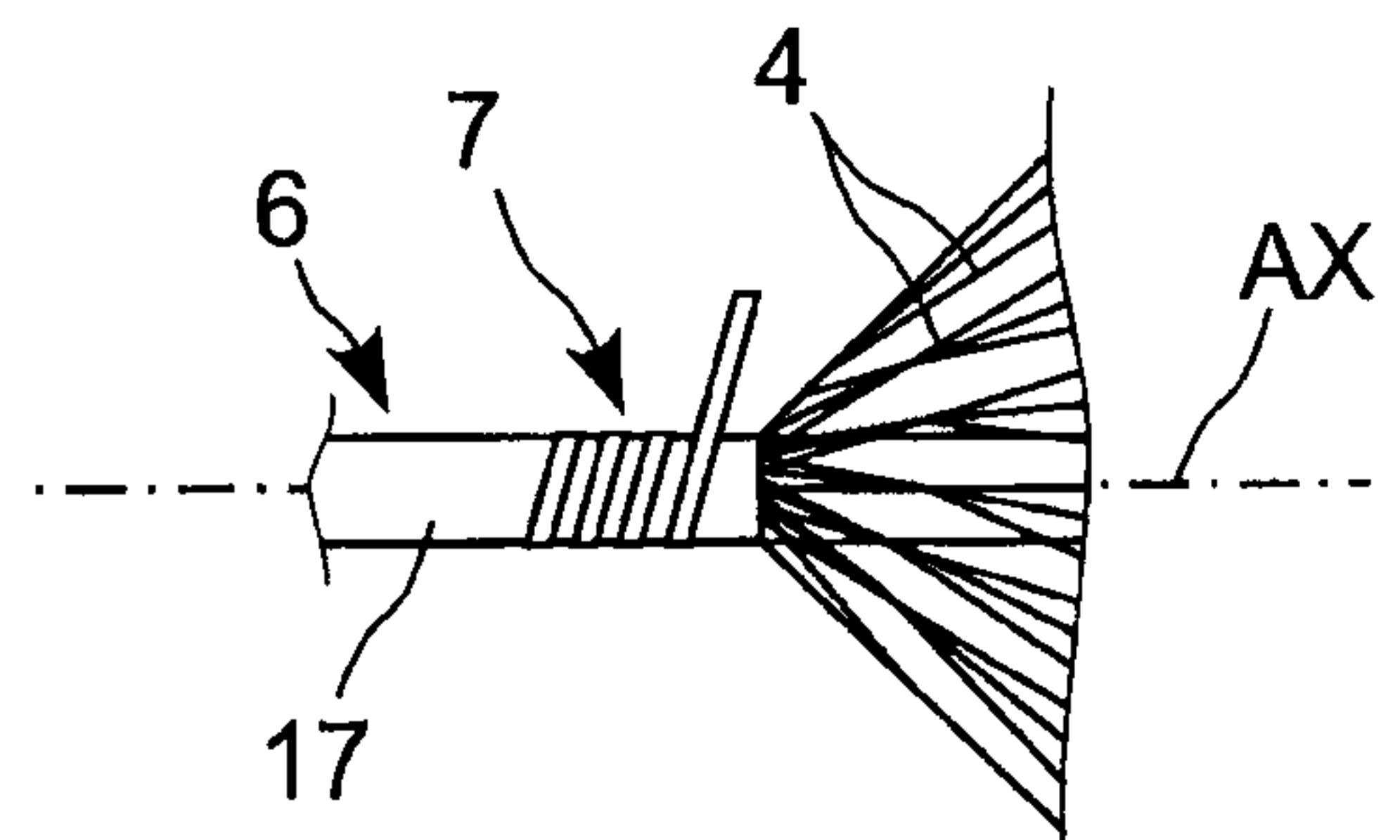


FIG. 2

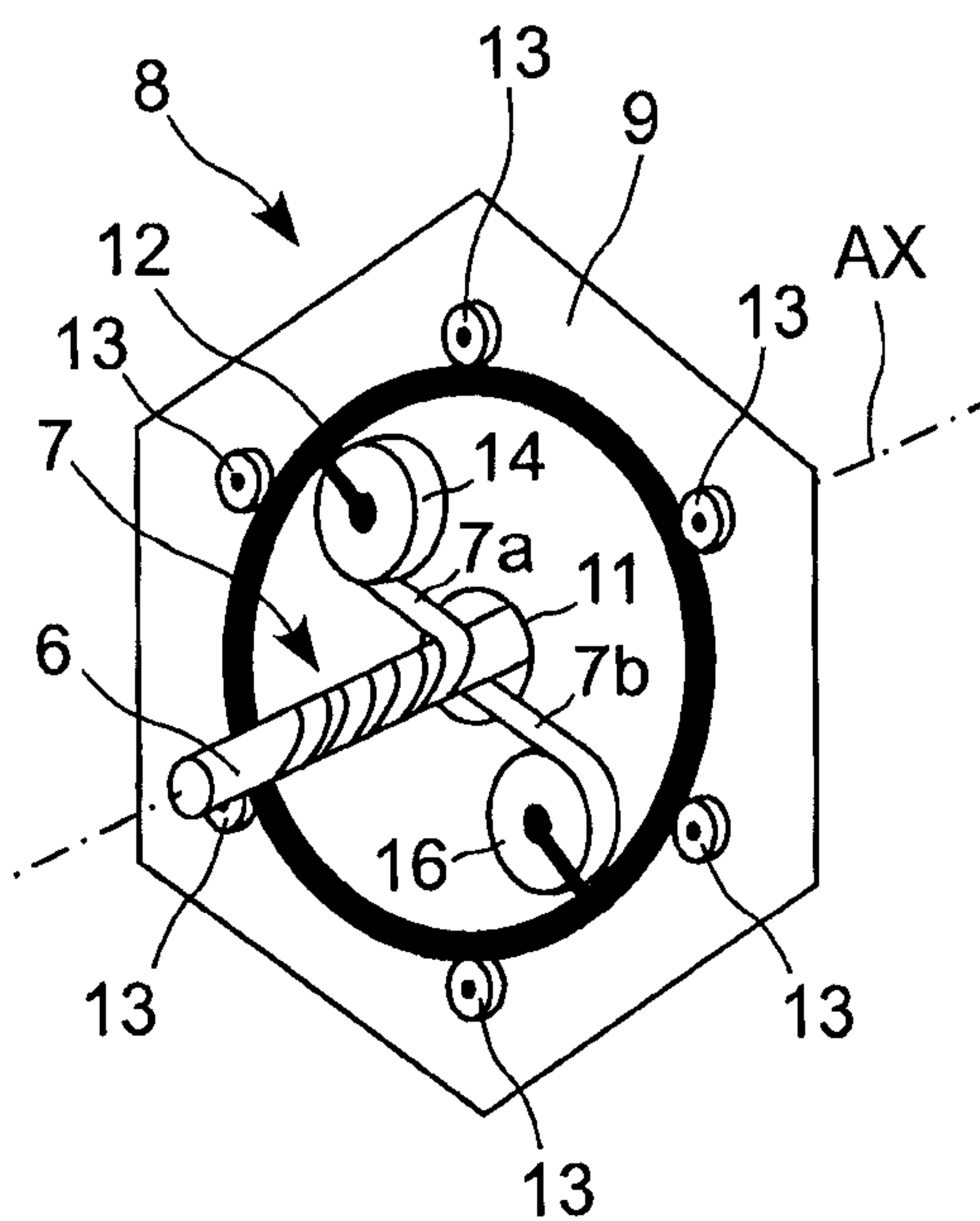
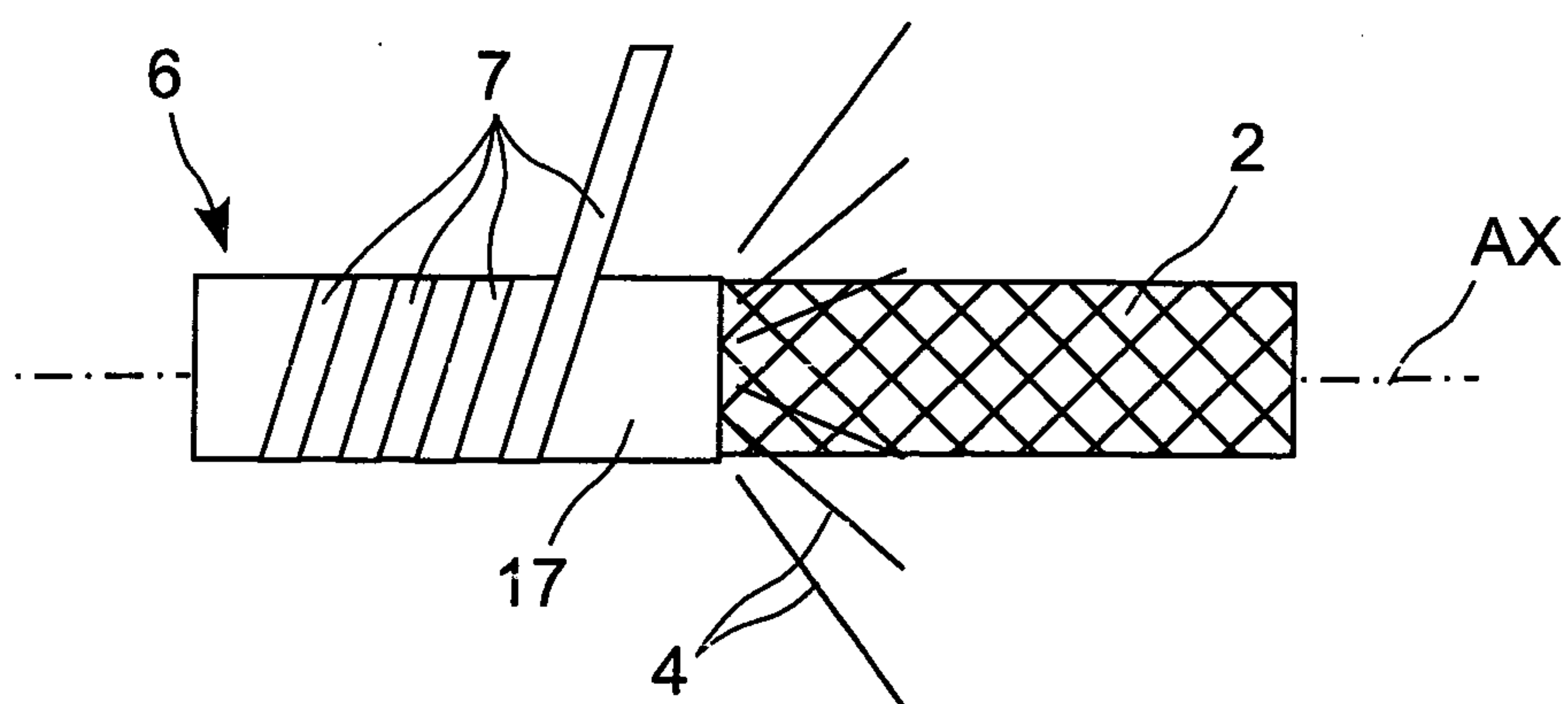
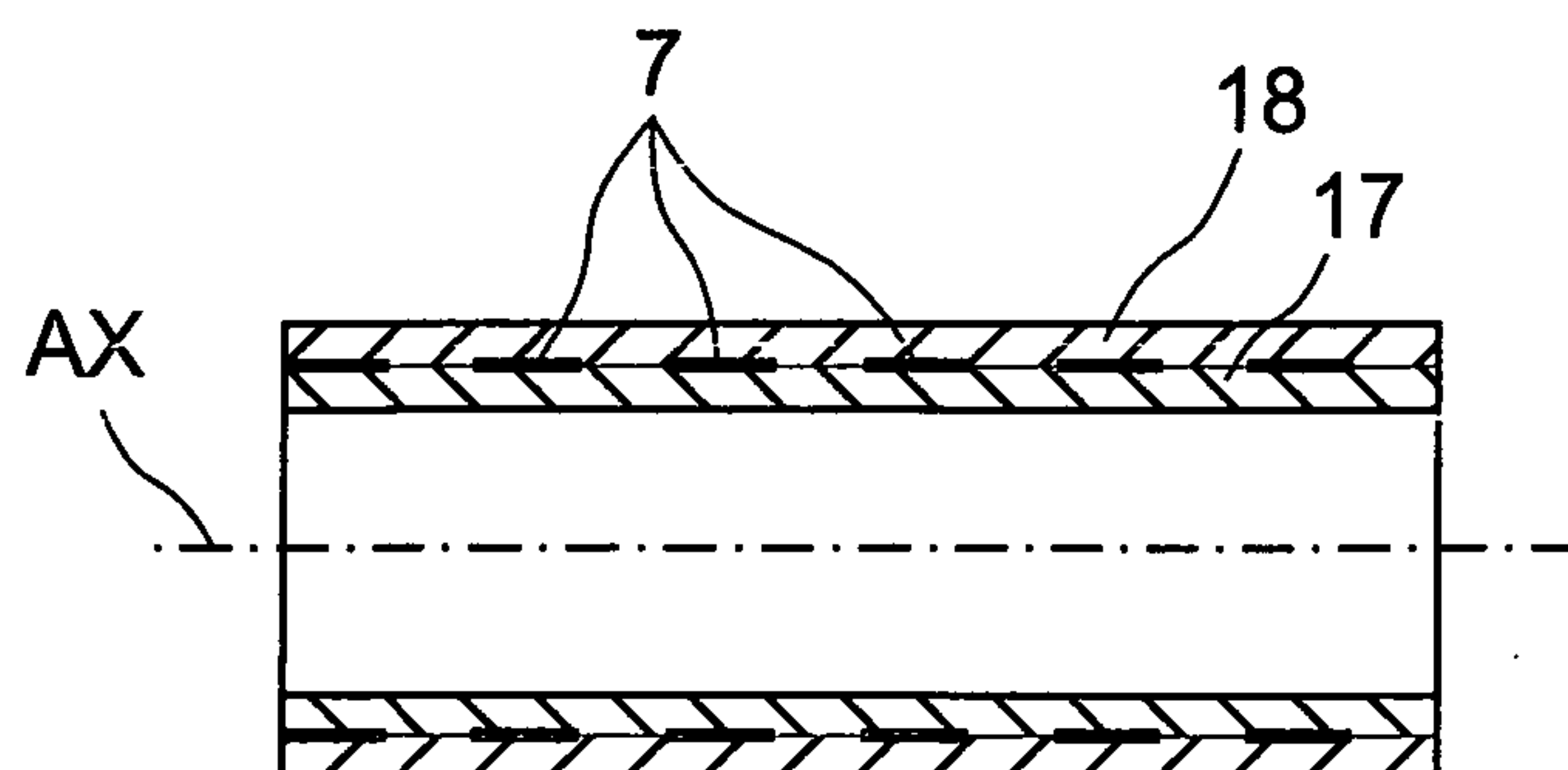
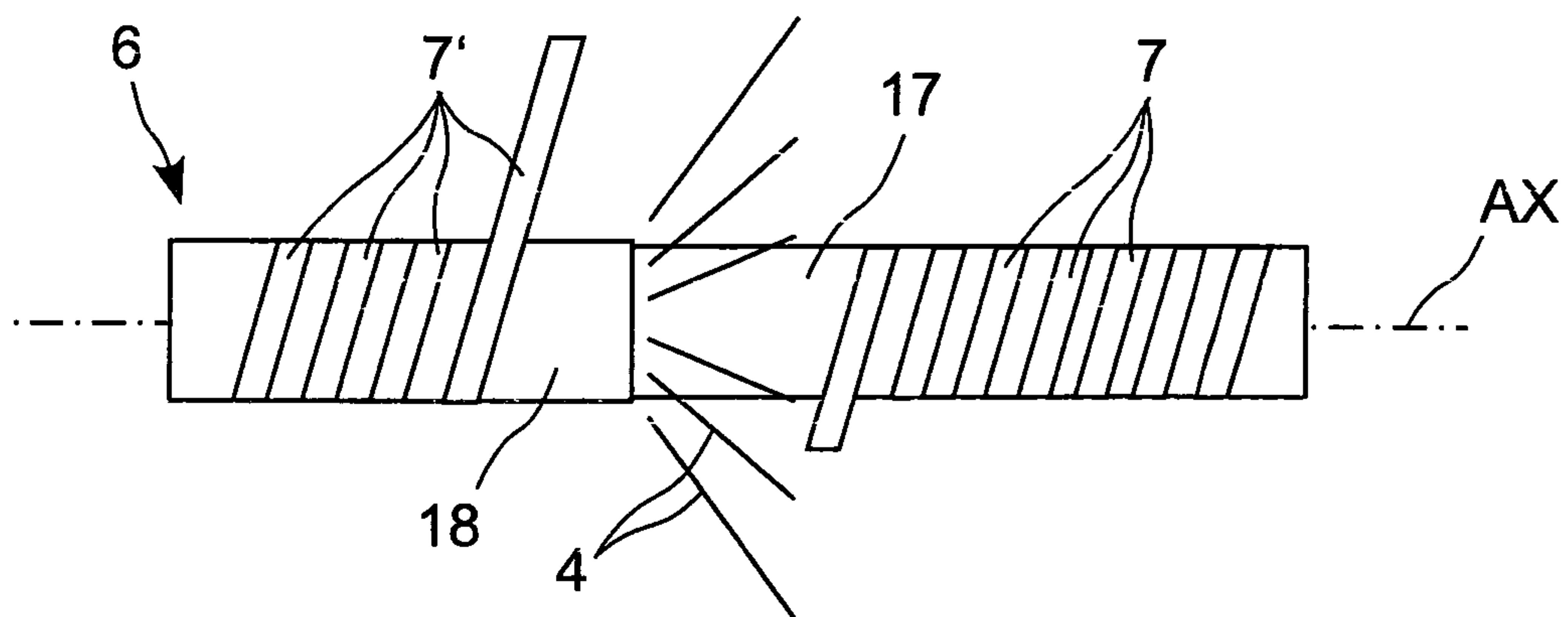
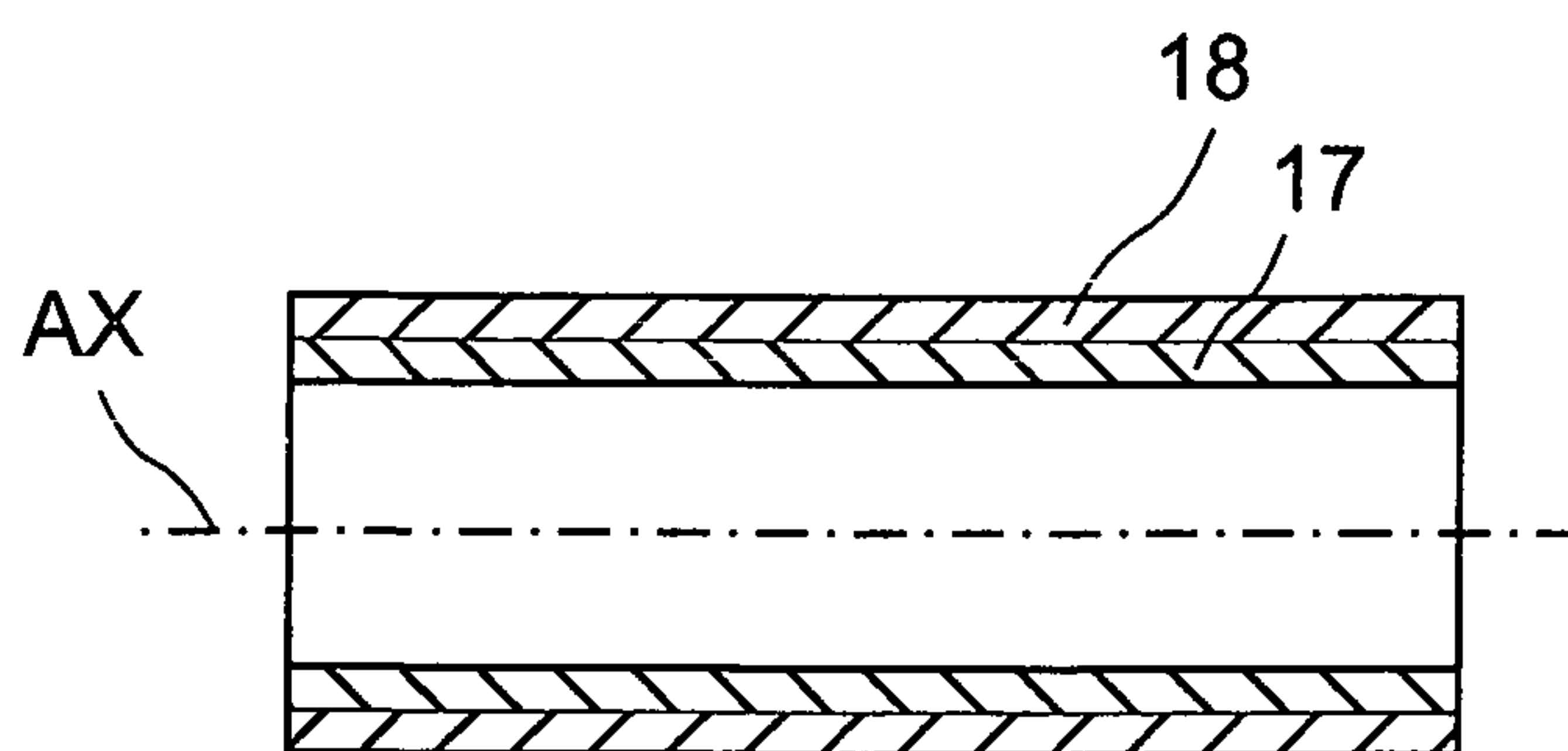
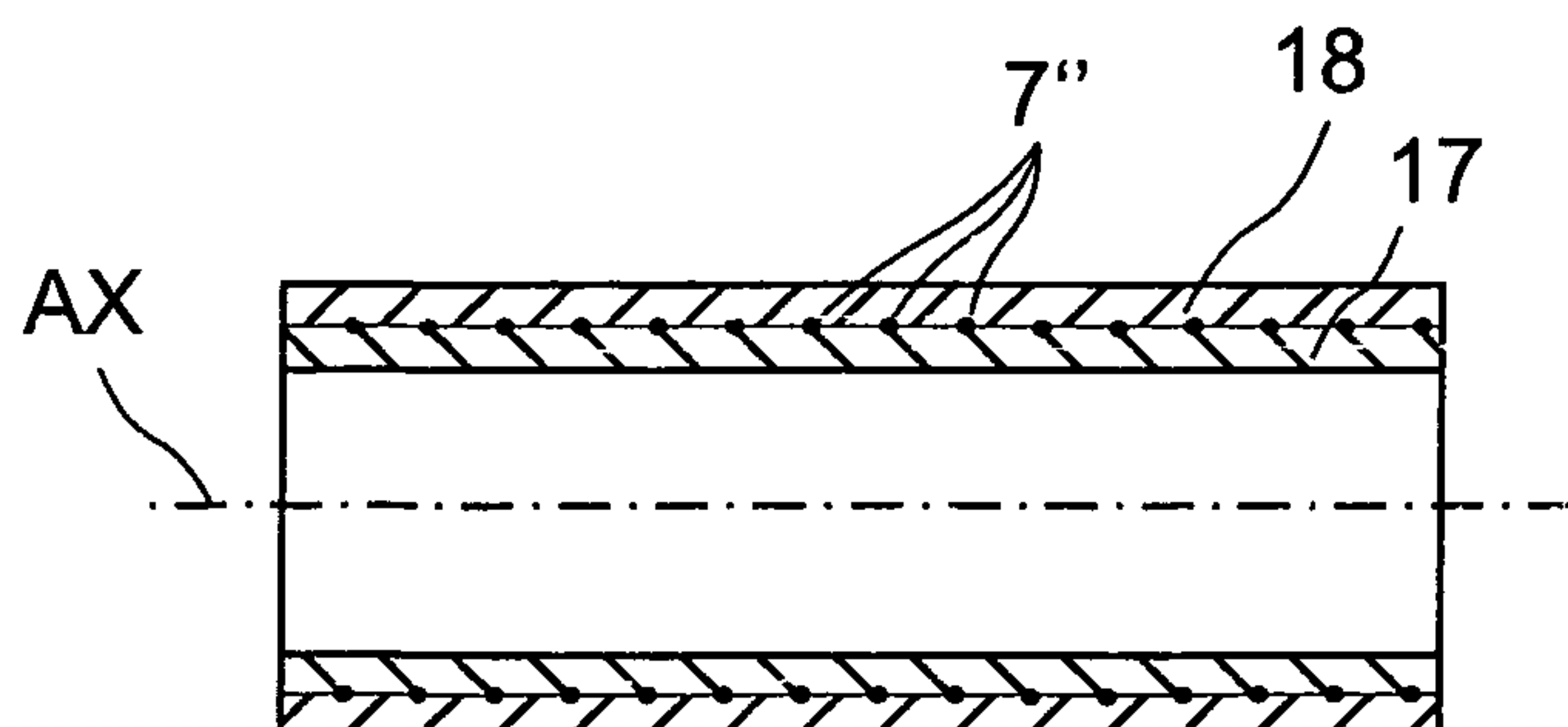
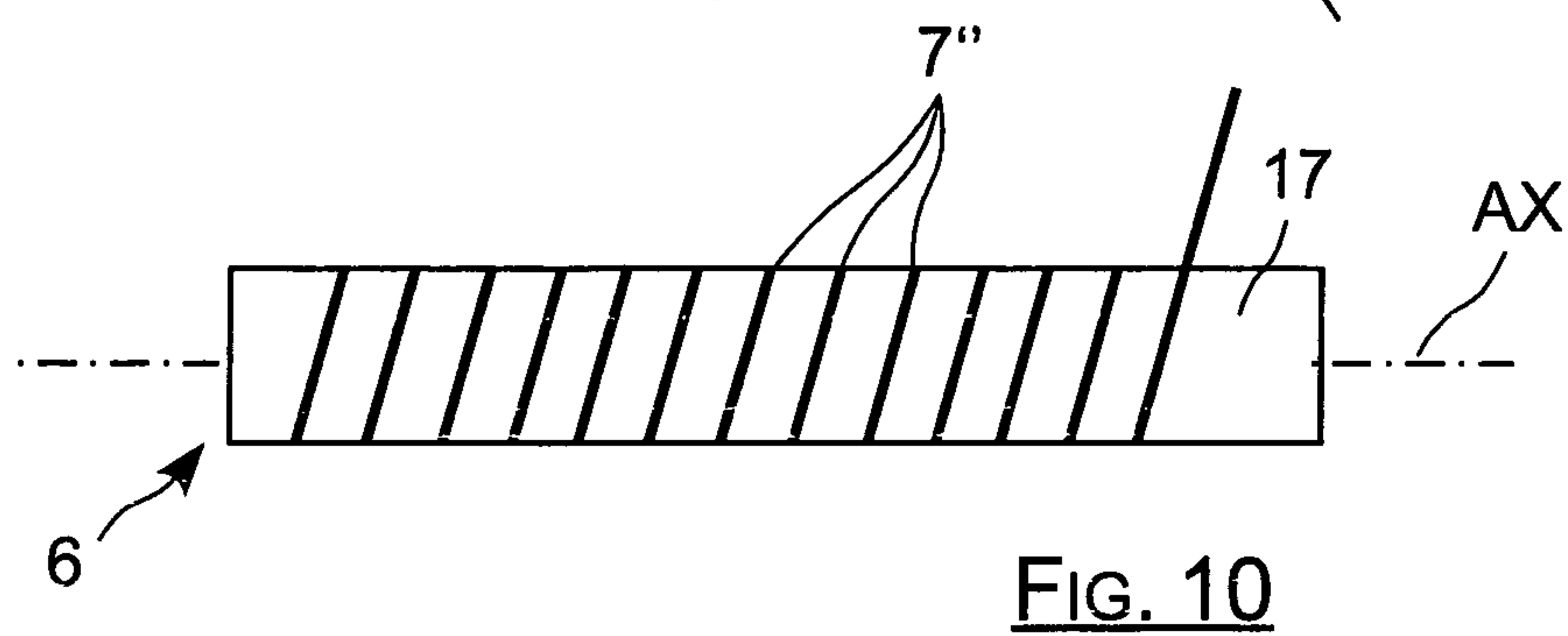
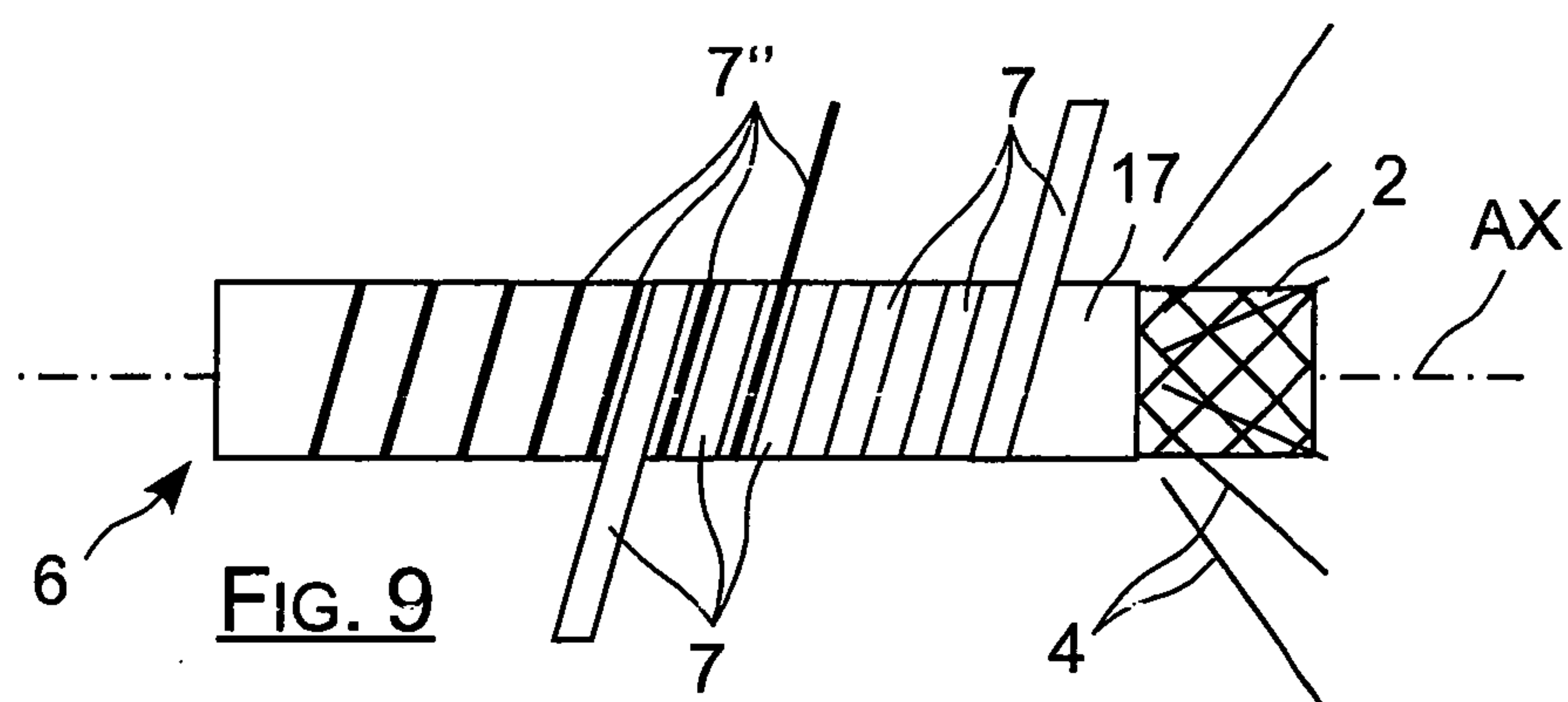
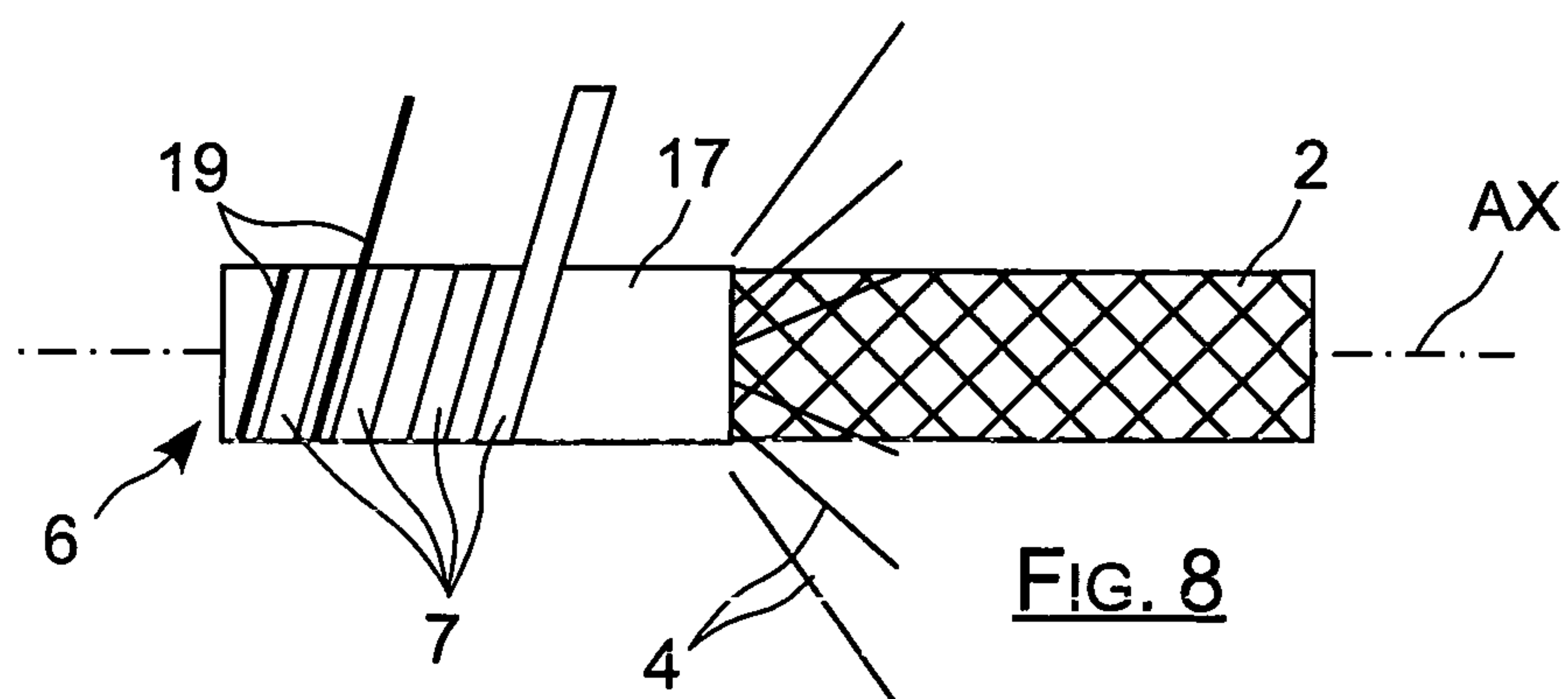


FIG. 3

2/4

FIG. 4FIG. 5FIG. 6FIG. 7

3/4

FIG. 11

4/4

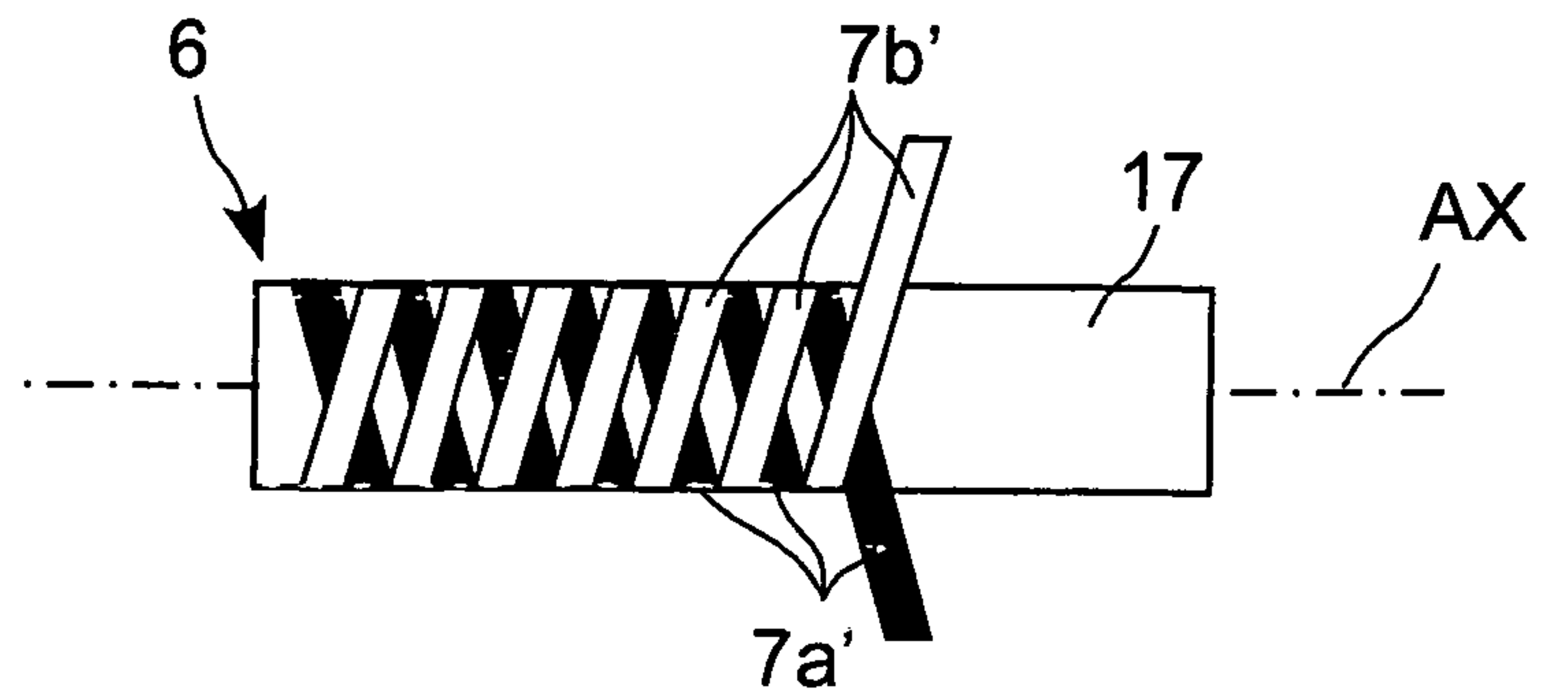


FIG. 12

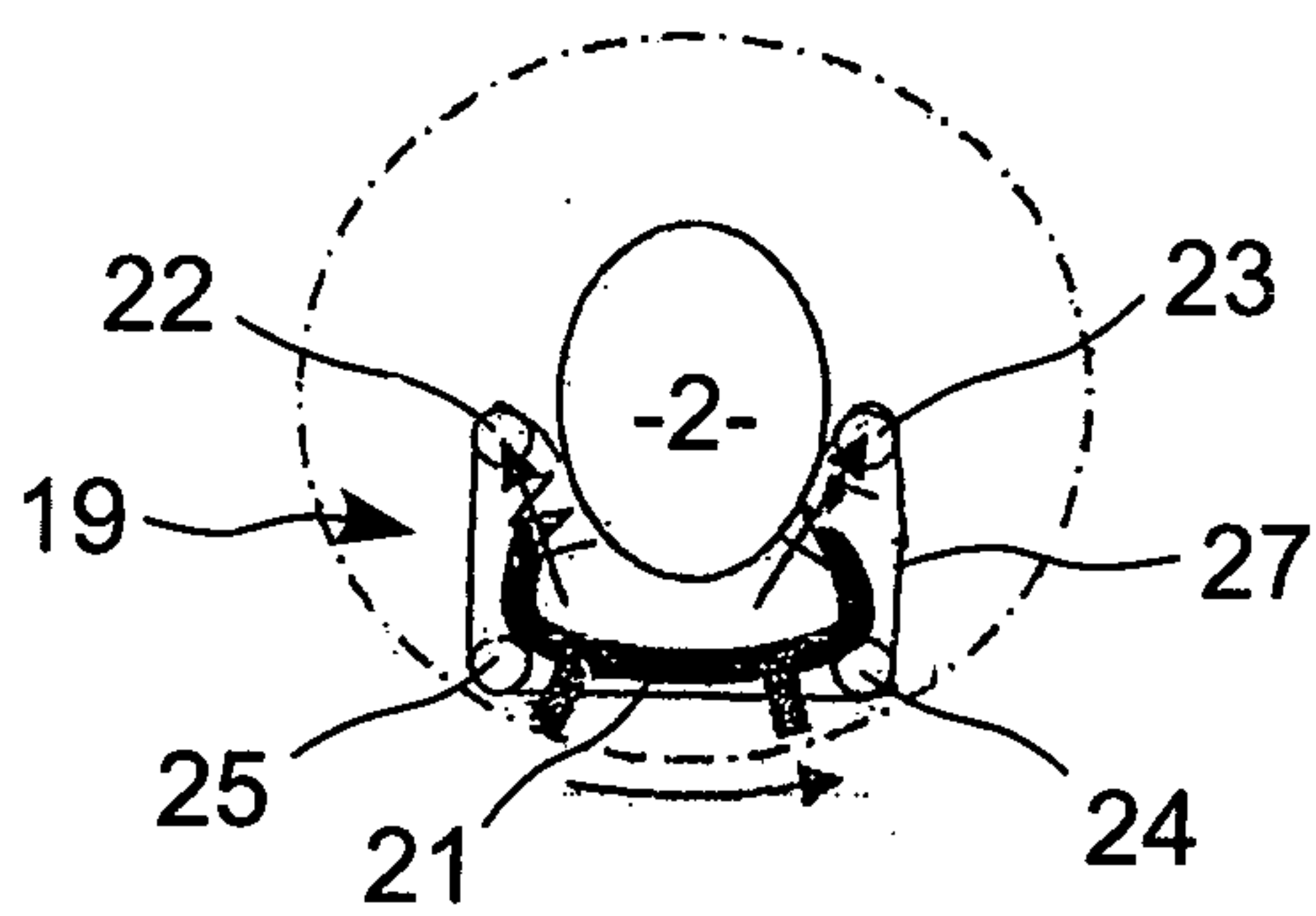


FIG. 13

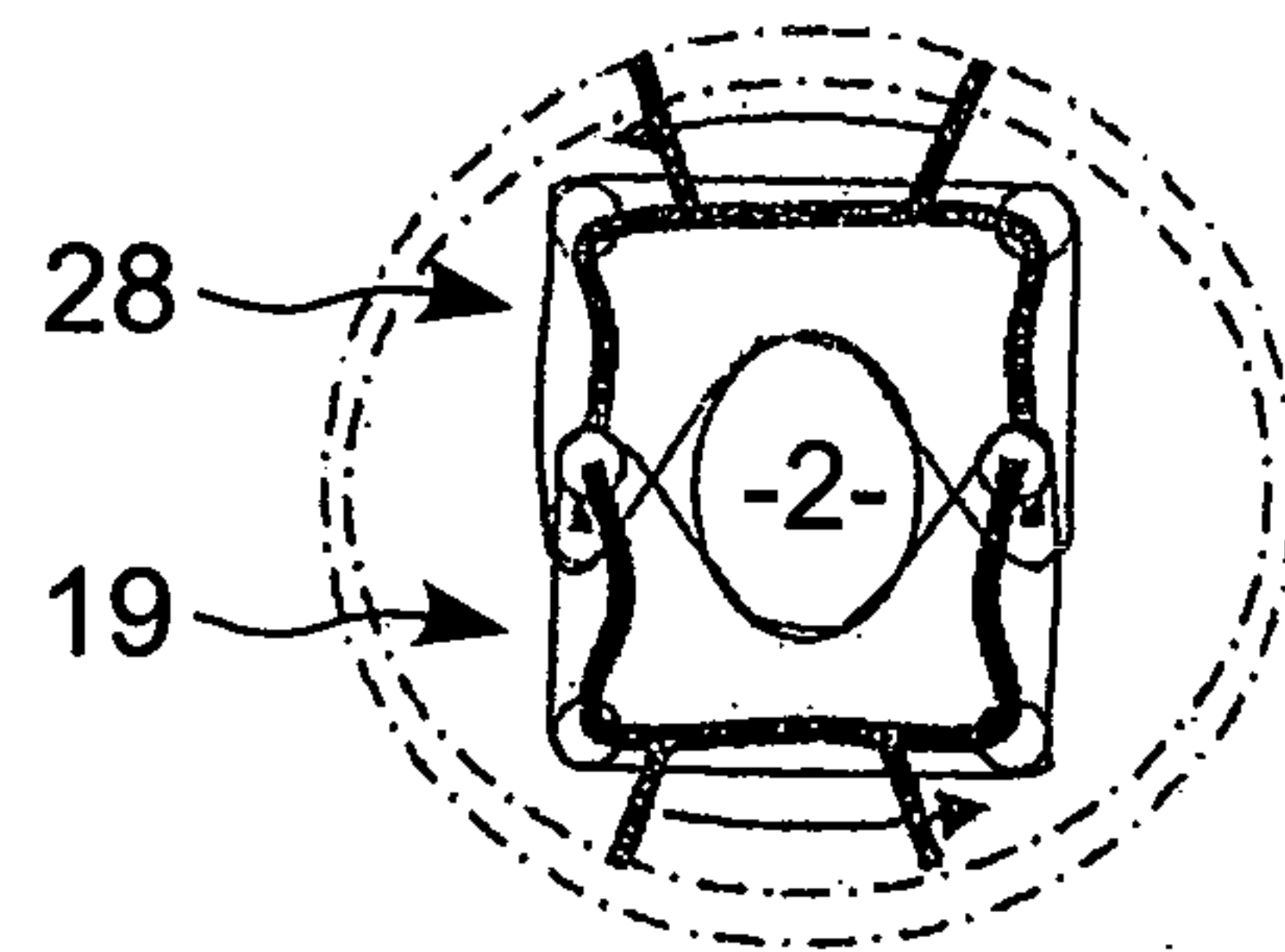


FIG. 14

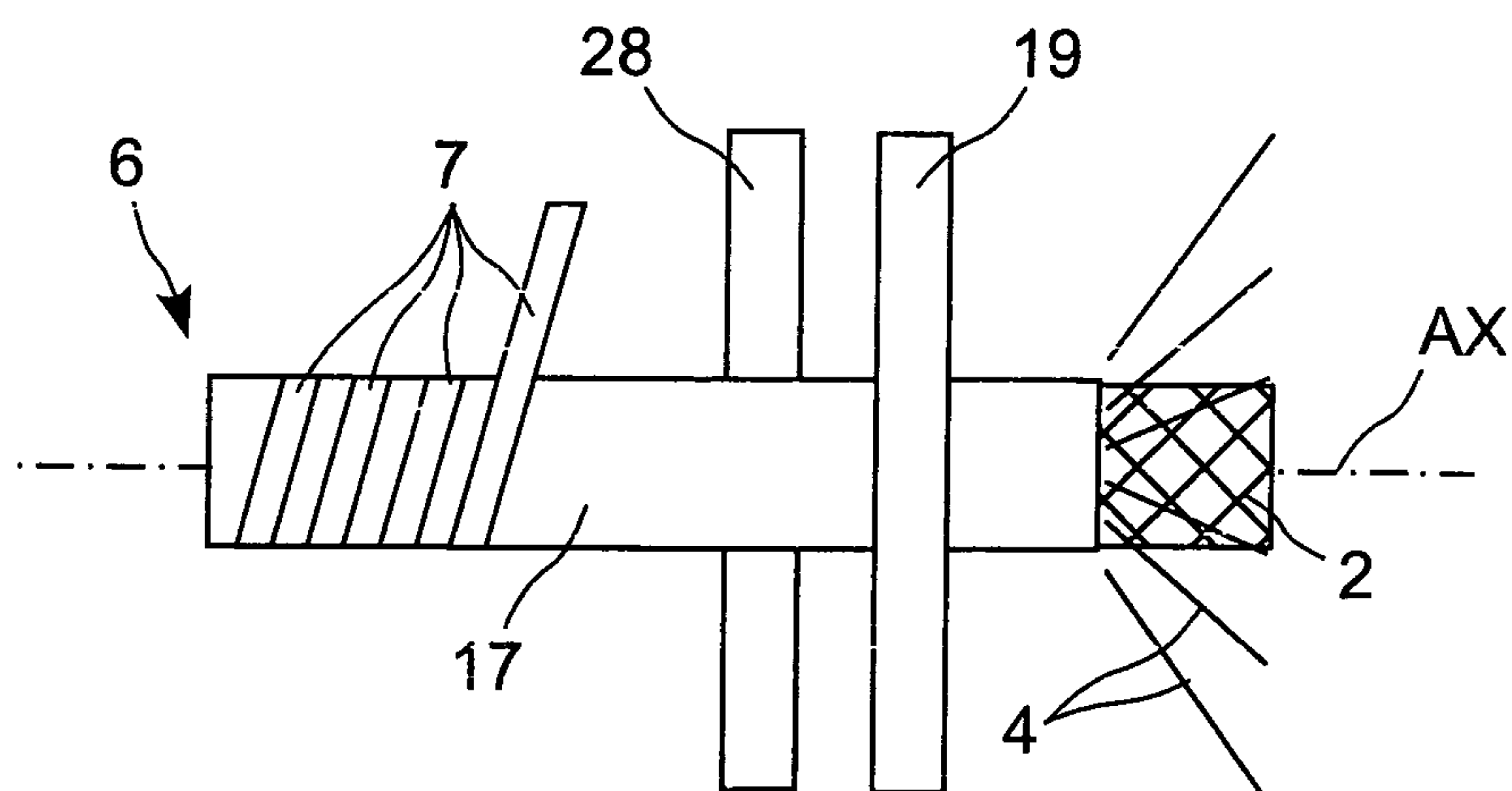


FIG. 15

