Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2620221 A1 2008/08/06

(21) 2 620 221

(12) DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) A1

(22) Date de dépôt/Filing Date: 2008/02/05

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2008/08/06

(30) Priorité/Priority: 2007/02/06 (US11/671,629)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B29C 63/12* (2006.01), *B32B 1/08* (2006.01), *B32B 5/08* (2006.01), *F03D 3/06* (2006.01), *F16L 9/14* (2006.01), *F16L 9/16* (2006.01)

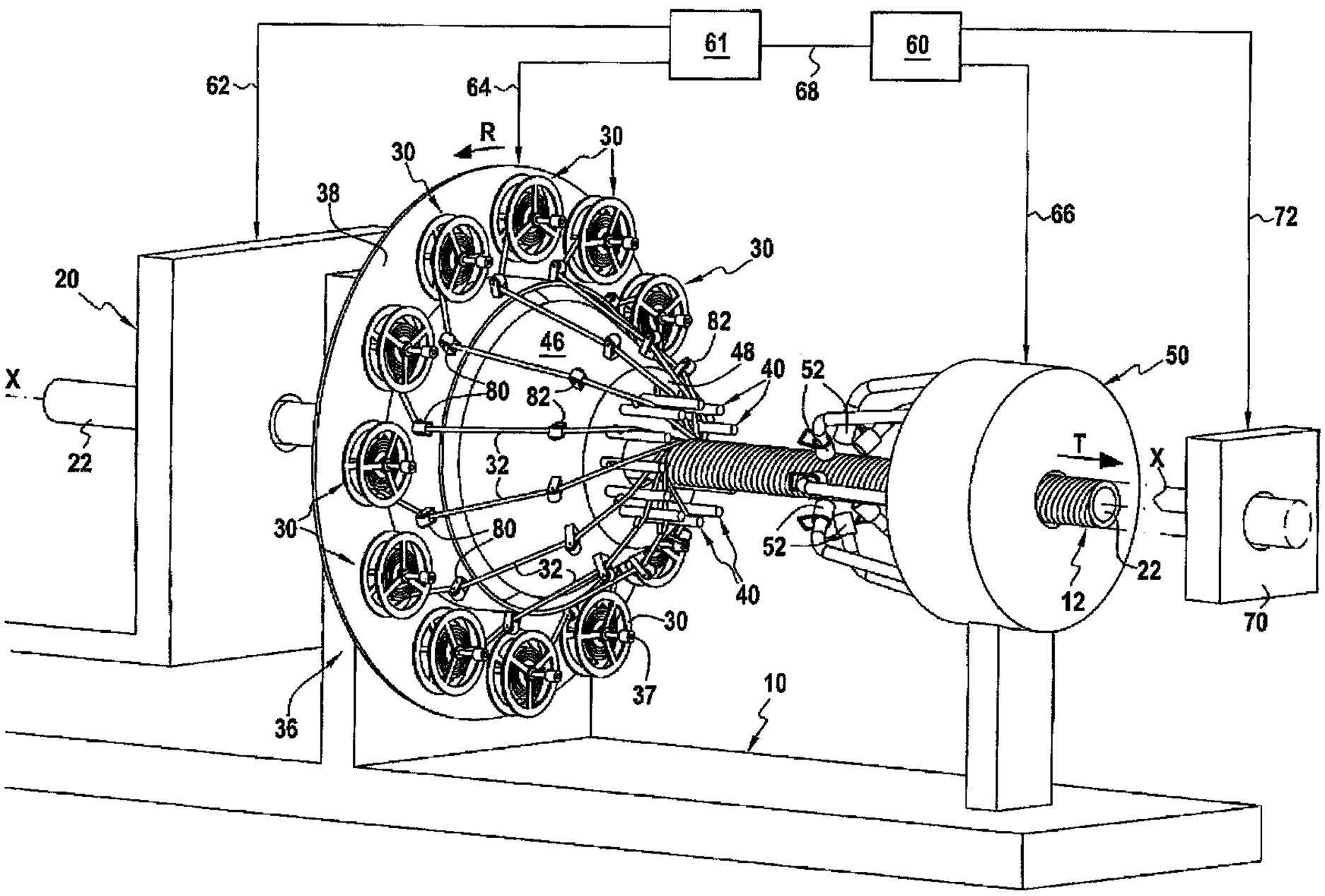
(71) Demandeur/Applicant:
SOCIETE DES FIBRES DE CARBONE, FR

(72) Inventeurs/Inventors:
BRISSON, MICHEL, FR;
DUPUPET, GUY, FR;
LUYCKX, JEAN, FR

(74) Agent: PERLEY-ROBERTSON, HILL & MCDOUGALL LLP

(54) Titre : ELEMENTS ALLONGES RENFORCES TELS QUE TUBES, PROCEDE ET APPAREIL DE FABRICATION

(54) Title: REINFORCED ELONGATED ELEMENTS, SUCH AS TUBES, METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING SAME AND USE THEREOF



(57) Abrégé/Abstract:
L'invention concerne un élément allongé renforcé, son procédé et appareil pour sa fabrication . Cet élément allongé renforcé (12) comprend une âme (22) de forme allongée, recouverte d'au moins une couche (33) en matériau composite comprenant une pluralité de rubans (32) enroulés selon un angle d'enroulement réglable, autour de ladite âme, chacun des rubans (32) étant réalisé à l'aide de fils ou de fibres (35) de verre ou de carbone noyés dans une matrice (34) en résine thermoplastique. Cet élément allongé peut être sous forme de tubes de grande longueur utilisable en off-shore.

ABREGE

L'invention concerne un élément allongé renforcé, son procédé et appareil pour sa fabrication .

Cet élément allongé renforcé (12) comprend une âme (22) de forme allongée, recouverte d'au moins une couche (33) en matériau composite comprenant une pluralité de rubans (32) enroulés selon un angle d'enroulement réglable, autour de ladite âme, chacun des rubans (32) étant réalisé à l'aide de fils ou de fibres (35) de verre ou de carbone noyés dans une matrice (34) en résine thermoplastique.

Cet élément allongé peut être sous forme de tubes de grande longueur utilisable en off-shore.

Eléments allongés renforcés tels que tubes, procédé et appareil de fabrication

Domaine de l'Invention

L'invention concerne le domaine technique de fabrication d'éléments allongés, tels que des tubes, par exemples tubes off-shore.

Etat De la Technique

Jusqu'à présent, il a été réalisé la fabrication de tubes en acier très lourds qui ont des problèmes de corrosion en milieu marin, et qui sont également difficiles à souder.

On connaît par le document FR-A-2.031.719 (Société du Verre Textile) déposé le 5 février 1969, un procédé et un dispositif pour l'obtention de produits composés de fibres agglomérées par des résines synthétiques, en particulier, des résines thermoplastiques.

Le procédé et le dispositif décrits dans ce document permettent de préparer directement des profilés pleins ou tubulaires quelles que soient leur section.

le document Sekisui JP HEI 2-40408 du 20 février 1990 = JP-A-03/243,333 décrit la fabrication de tubes en PVC de petit diamètre ayant un diamètre interne de 23 mm et une épaisseur de parois de 3 mm. Le revêtement de la partie interne ou centrale du tube est réalisé avec des bandes ou rubans composites en matière thermoplastique ayant une épaisseur de 0,5 mm et une largeur d'environ 20 mm , et consistant de fibre de verre filé laches imprégnées d'une résine en PVC spécifique pays ayant une teneur critique de 62 % en chlore. La quantité de fibres est de 30 % en volume dans la bande ou ruban composite. Il apparaît également que l'angle d'enroulement de la bande ou ruban sur la partie interne centrale du tube est fixes ou constantes pour la totalité de la procédure de dépôt de la bande ou ruban sur la longueur complète du tube.

Le document de brevet Debalme US 6,605,171 B1 est basé sur une technologie exigeant une rotation du tube une longueur fixe et le dépôt d'un fil ou cordon avec des couches se chevauchant, voir figure 1A et 2A de celui-ci.

Le document Isocell EP-0,122,884 et d'un document de l'art antérieur d'arrière plan technologique similaire.

BUTS DE L'INVENTION

Le nouveau problème technique à résoudre est de pouvoir fabriquer des objets allongés, et notamment des tubes, de très grande longueur, en général limitée uniquement par les dimensions de l'usine ou éventuellement du transport.

Concernant l'invention, il est possible de fabriquer des éléments allongés, notamment des tubes d'une longueur supérieure à 30 mètres (m) et pouvant aller jusqu'à 100 mètres voire plus.

L'invention n'est pas limitée à la fabrication d'éléments allongés, notamment des tubes, de section circulaire mais peut être utilisée pour fabriquer d'autres profilés tels que des profilés de section plate ou carrée, des mats de bateau, des pales d'éolienne.

L'invention permet encore de fabriquer des éléments allongés, notamment des tubes, de manière affranchie de la géométrie de la section. Cette géométrie peut être d'une forme quelconque.

Un autre problème technique que l'invention vise à résoudre est la fabrication d'un élément allongé, notamment un tube à l'aide de résine thermoplastique et non pas thermodurcissable, et en particulier la fabrication de tubes off-shore, notamment de tubes immergés ou de tubes de immergés dans la mer, ainsi que des pales d'éoliennes.

L'invention vise ainsi à remplacer les tubes en acier très lourds qui ont des problèmes de corrosion et également difficiles à souder.

Dans la structure off-shore de type métallique, au-delà d'une certaine longueur comme par exemple 1500 m de profondeur, le poids est tellement important que ces structures ne résistent pas à leur propre poids.

L'invention permet aussi de résoudre ce problème.

L'invention vise encore à résoudre le nouveau problème technique de la fabrication d'élément allongé, notamment des tubes et en particulier des tubes off-shore ou des lames ou pales de turbine ou d'éolienne, ayant une résistance à la traction variable et/ou une résistance

à la pression variable, notamment dans la direction longitudinale de l'élément allongé.

Description de l'invention

Selon un premier aspect, la présente invention couvre, à titre de produit nouveau, un élément allongé renforcé, comprenant une âme de forme allongée, recouverte d'au moins une couche en matériau composite comprenant une pluralité de rubans enroulés autour de ladite âme, chacun des rubans étant réalisé à l'aide de fils ou de fibres de renforcement, par exemple des fils ou fibres de verre ou de carbone, noyés dans une matrice en résine thermoplastique, les rubans étant enroulés autour de l'âme selon un angle d'enroulement prédéterminé réglable relativement à l'axe longitudinal de l'élément allongé, et en fonction de la résistance mécanique désirée pour l'application envisagée. Cet angle d'enroulement pourra ainsi varier dans la même couche le long de l'axe longitudinal de l'élément allongé. Cette variation de l'angle pourra naturellement être réalisée pour une ou plusieurs, ou encore pour la totalité , des couches composites.

Ces fils ou fibres de renforcement sont de préférence continus. Ainsi, les fils ou fibres sont avantageusement de grande longueur en général correspondant sensiblement à la longueur des rubans.

Dans le cadre de l'invention, la résine thermoplastique elle-même est disponible dans le commerce, sous forme de granulés. Egalement , en ce qui concerne la fabrication du ruban utilisé selon l'invention, on peut utiliser le procédé et l'appareil tels que décrits dans le document FR-A-2.031.719 cité ci-dessus. Naturellement, d'autres techniques de fabrication de ruban de ce type peuvent être utilisées.

Concernant l'utilisation de la résine thermoplastique, la résistance mécanique est beaucoup plus élevée notamment à la résistance aux chocs, par rapport à l'utilisation de résine thermodurcissable.

L'utilisation de résine thermoplastique permet aussi une plus grande facilité de réalisation des éléments allongés de formes complexes, notamment avec des creux ou cavités, comme des tubes.

Comme l'invention fabrique des éléments allongés , tels que des tubes ou éléments tubulaires, avec une résine thermoplastique, leur

utilisation doit être limitée dans des lieux où la température ne doit pas excéder 100°C, c'est à dire soit dans le sol, soit en mer où une application intéressante est en off-shore notamment pour les installations pétrolières.

Dans le cas de la réalisation d'éléments allongés, notamment des tubes qui peuvent atteindre une longueur de 100 m ou davantage, ceux-ci sont ensuite connectés entre eux par des dispositifs connecteurs qui peuvent eux être métalliques de manière à assurer une étanchéité parfaite, des dispositifs de ce type étant disponibles dans le commerce notamment auprès de la société Freyssinet International domiciliée en France.

Selon une variante de réalisation, l'âme de forme allongée précitée est réalisée en un métal ou un alliage de métal, notamment en acier, de préférence inoxydable.

Selon une autre variante de réalisation, l'âme est réalisée en un matériau thermoplastique, en particulier « nylon », de préférence de même nature que la résine thermoplastique servant à réaliser la matrice du ruban.

Selon encore une autre variante de réalisation, la résine thermoplastique comprend ou est constituée de polyamide 11 ou de polyamide 12.

Selon encore un mode de réalisation avantageux de l'invention, l'âme précitée présente une forme essentiellement convexe.

Selon un mode de réalisation actuellement préféré, l'âme de forme allongée présente principalement ou essentiellement une forme tubulaire creuse de type tube.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, les rubans sont enroulés autour de l'âme selon un angle prédéterminé réglable par rapport à l'axe longitudinal de l'élément allongé, en pouvant ainsi varier d'une extrémité à l'autre, dans la même couche, pour au moins une couche composite, selon la résistance mécanique souhaitée pour l'application envisagée.

Par exemple, cet angle réglable peut être compris entre 20° et 85° comme mesuré relativement à l'axe longitudinal de l'élément allongé, et avantageusement être modifié, notamment progressivement, d'une

première extrémité à une seconde extrémité de l'élément allongé dans la même couche. Pour des applications "type off-shore", l'angle envisagé est actuellement compris dans le domaine allant de 20° jusqu'à 80° ou de 20° à 70°, mesuré relativement à l'axe longitudinal de l'élément allongé, et peut avantageusement être modifié, notamment progressivement, d'une première extrémité à une seconde extrémité de l'élément allongé, afin de faire varier la résistance mécanique, notamment la résistance à la traction et/où la résistance à la pression, le long de l'axe longitudinal de l'élément allongé.

Pour des applications de type "pale d'éolienne", l'angle envisagé est actuellement compris dans le domaine allant de 20° à 85° mesuré relativement à l'axe longitudinal de l'élément allongé, et peut avantageusement être modifié, notamment progressivement, d'une première extrémité à une seconde extrémité de l'élément allongé, dans la même couche.

Contrairement aux procédés d'enroulement de filaments qui sont principalement utilisés pour la fabrication de tubes et formes complexes de l'art antérieur telS que décritS dans US 6,605,171 B1 et JP 03243,333 ou EP-A-0,122,884, le procédé de fabrication selon l'invention, à cause du caractère réglable de l'angle d'enroulement du ruban, permet de changer l'angle de dépôt du ruban composite de fibres sur le tube ou la forme complexe dans la même couche. L'angle peut être modifié au début du procédé de production, ainsi que pendant le procédé selon les besoins, dans la même couche, notamment les besoins de résistance, vis-à-vis de la pièce à fabriquer, et naturellement pour une ou plusieurs ou même pour la totalité des couches composites.

Il est bien connu que les composites sont considérés comme des matériaux anisotropiques et en ce qui concerne les buts à atteindre et les objectifs pour résoudre les problèmes techniques précédemment énoncésde l'invention, une variation de l'angle au cours du dépôt de la même couche est importante pour régler la résistance mécanique d'une manière idéale, et requise relativement à l'application pour l'utilisation finale. Le procédé d'enroulement de filaments des brevets US 6,605,171 B1 et JP 03243,333 ou EP-A-0,122,884 ne permet pas de modifier les

résistances dues à une variation de l'angle étant donné que les procédés de cet art antérieur travaillent uniquement avec des angles fixes au moins pour la même couche. En outre, la procédure d'enroulement de filaments permet seulement une variation limitée telle que par exemple 50° à 55°, lorsqu'un angle important est exigé, ou proche de 90 degrés lorsqu' un faible angle est exigé de façon à obtenir l'épaisseur du composite.

La présente invention permet une grande variété d'angles allant de 0° à 85° ou même à 90°, avec une possibilité de combiner des angles différents de 0° à 85° pendant la procédure de fabrication de la même couche selon des contraintes spécifiques telles que la résistance à la pression, la résistance à la flexion, la résistance à la traction, relativement à chaque application comme l'application offshore, ou comme pale d'éoliennes.

Par exemple, si l'application offshore est considérée, notamment pour des « risers», la tête ou extrémité proximale de la canalisation sous-marine est soumise à des efforts de résistance mécanique élevés puisqu'elle doit supporter le poids total du tube. Dans un tel cas, l'angle d'enroulement doit être minimal, c'est-à-dire proche de l'axe longitudinal de l'élément allongé, ici une canalisation, par exemple dans un domaine d'environ 20 à 25°. Mais d'autre part, cette même tête ou partie de l'extrémité proximale n'a pas besoin d'avoir une résistance élevée aux contraintes de pression puisqu'elle n'est pas disposée dans la profondeur de la mer. Inversement, si l'on considère le fond ou l'extrémité distale de la canalisation qui est positionnée dans la mer profonde, les forces aux contraintes sont inverses et la partie de fonds ou distale a besoin d'une résistance élevée aux contraintes de pression en raison de la profondeur de la mer spécialement pour une application off-shore profonde où il y a un risque élevé d'affaissement de la canalisation, et par ailleurs seulement besoin d'une faible résistance mécanique à la traction puisqu'il n'y a pas ou peu de poids à supporter. Dans ce dernier cas, l'angle d'enroulement doit être élevé, par exemple dans un domaine d'environ 60-80°, ou 60-70° relativement à l'axe longitudinal du tube.

Le même principe d'angle d'enroulement s'applique pour d'autres objets mécaniques comme des lames ou pales de turbines à vent

ou comme des lames ou pales d'éoliennes, où les forces de torsion sont maximum à l'extrémité de connexion proximale et l'angle d'enroulement doit être élevé, par exemple dans le domaine de 80-85° ; tandis que les forces de traction sont maximum à l'extrémité distale libre de la pale où l'âme et l'angle d'enroulement doit de ce fait être faible, par exemple dans le domaine de 20-25° relativement à l'axe longitudinal de l'élément allongé constitué ici par une lame ou pale de turbines à vent ou éoliennes.

Avec tous les éléments allongés selon l'invention, qu'ils soient des tubes comme des tubes de riser offshore, où des lames ou pales de turbines à vent ou d'éoliennes, l'angle d'enroulement peut être modifié, en particulier progressivement, dans la même couche , pendant le procédé de fabrication pour varier progressivement d'un angle d'enroulement faible à un angle d'enroulement élevé ou vice versa.

Ainsi, dans la zone intermédiaire de l'élément allongé, notamment un tube, l'angle d'enroulement est intermédiaire.

Selon un mode de réalisation particulier du procédé ou de l'appareil de l'invention, grâce à la possibilité de variations de l'angle d'enroulement tout au long du procédé de fabrication pour la même couche, la valeur de angle d'enroulement est contrôlé par le rapport de vitesse entre la vitesse de déplacement en translation de l'élément allongé, notamment de la canalisation, et la vitesse de rotation de la cassette supportant les rubans.

L'angle d'enroulement est en particulier donné par la formule mathématique suivante :

$$\alpha = \text{Arctan} (\prod \times D \times N / Vt)$$

Dans laquelle :

α : l'angle d'enroulement en degré relativement à l'axe longitudinal de la partie interne ou centrale ou âme ;

D : diamètre de la partie interne ou centrale ou âme ;

N : vitesse de rotation de la cassette de support du ruban en tours par minute ;

Vt : vitesse de déplacement en translation de la partie interne ou centrale ou âme en mètres/minute.

∏ ou Pi= lettre grecque ∏ ou environ 3,1416.

Ainsi, un homme de l'art comprend que l'invention permet de manière inattendue, de fabriquer une partie composite unique qui comprend une grande variété d'angles, en particulier une variation de l'angle d'enroulement dans la même couche, et en conséquence une résistance mécanique spécifique vis-à-vis des forces ou des contraintes, qui est utile pour des applications spécifiques.

En prenant en compte un autre exemple tel que des lames ou pales d'appareils à vent comme des éoliennes, la tête de connexion des lames ou pales est soumise à des efforts de résistance élevée et a besoin en conséquence une résistance à la traction élevée ou spécifique. D'autre part, l'extrémité libre des lames ou pales a peu d'efforts de résistance cinq à la traction à supporter, mais nécessite d'être résistant à des efforts de flexion. De ce fait, la fabrication des lames ou pales conformément à la technologie selon l'invention permet de régler la résistance à la traction est à l'effort aux lieux appropriés de la partie de la lame ou pale et de contrôler la déformation de la lame ou pale lorsqu'elle sera en fonction .

En outre, selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la tension du ruban est réglée selon la valeur de l'angle d'enroulement.

Selon l'invention, on peut régler la tension du ruban ou de la bande par la prévision de moyens de freinage sur chaque cassette supportant ou stockant le ruban ou la bande, en y étant enroulée sur celle-ci.

Un homme de l'art comprend que en variant la force de freinage de la cassette, la tension du ruban peut être réglée à la valeur désirée.

En outre, le procédé permet une évolution progressive d'un angle à un angle différent dans la même couche tout au long du procédé. Par exemple, pour un angle d'environ 20°, la tension du ruban peut être en particulier d'environ 15 DecaNewton ; et pour un angle d'environ 70°, la tension du ruban peut être d'environ 5 DecaNewton.

Dans un mode de réalisation avantageux, il est possible de prévoir au moins une et de préférence une pluralité de couches en matériaux composites de la mêmes structure ou composition ou de

structures/compositions différentes, en particulier des rubans qui sont différents ou qui sont disposés selon des angles d'enroulement différents.

Dans un autre mode de réalisation particulier, il est possible de prévoir au moins une couche réalisée en matériau composite comprenant une résine thermoplastique et en utilisant des cordons ou des fibres, par exemple des cordons ou des fibres de verre ou de carbone, comme renforcement, en permettant d'enrouler lesdits cordons ou fibres selon des angles d'enroulement prédéterminés pouvant varier le long de l'axe longitudinal de l'élément allongé, notamment un tube ou lame ou pale, de la même couche, autour de la couche précédente.

Selon un autre mode de réalisation avantageux, on prévoit de réaliser la couche la plus externe de l'élément allongé en matériau composite comprenant une pluralité de rubans également enroulés autour de la couche précédente, ledit ruban comprenant une matrice en résine thermoplastique et un renforcement sous la forme de cordons ou fibres, par exemple des cordons ou fibres de verre ou de carbone.

Grâce à l'invention, il n'est plus nécessaire d'avoir une couche de protection pour protéger l'élément allongé, la couche de matériau composite en matériau plastique constituant en elle-même une couche de protection en raison de sa résistance mécanique, en particulier de sa résistance aux chocs.

En testant la résistance aux chocs, il a été trouvé que les résines thermodurcissables du type « époxy », l'énergie nécessité pour aboutir à la rupture est généralement 1/5 de l'énergie nécessitée pour la rupture des résines thermoplastiques. Ceci démontre l'avantage d'être capable de réaliser des éléments allongés avec des résines thermoplastiques selon l'invention.

Selon un deuxième aspect, la présente invention concerne également un procédé de fabrication d'éléments allongés renforcés, caractérisé en ce qu'il comprend :

a. La prévision d'un élément de support d'une âme de forme allongée, comportant des moyens permettant de réaliser un mouvement de translation de ladite âme de forme allongée ;

b. La prévision d'au moins une cassette et avantageusement plusieurs cassettes de stockage de rubans réalisés en matériau composite comprenant une matrice en résine thermoplastique dans laquelle sont noyés des fils ou fibres de renforcement, par exemple des fils ou fibres de verre ou de carbone ;

c. La prévision de moyens de mise en rotation de chaque cassette ;

d. la prévision de moyens de réglage de l'angle d'enroulement pour ajuster l'angle d'enroulement de chaque ruban relativement à l'axe longitudinal, autour de ladite âme.,

e. La prévision de moyens de synchronisation des moyens de déplacement en translation de l'âme de forme allongée et des moyens de mise en rotation de chaque cassette de ruban.

f. La prévision d'au moins un dispositif de chauffage à une température supérieure à la température de fusion de la résine thermoplastique pendant une période de temps suffisante pour réaliser la fusion complète de la résine thermoplastique et le collage de la couche en matière composite sur ladite âme ou sur la couche précédente.

g. On réalise, de manière synchronisée, le déplacement en translation de l'âme de forme allongée avec l'enroulement synchronisé selon un angle prédéterminé, d'au moins un ruban par mise en rotation d'au moins une cassette de stockage du ruban ;

h. On réalise la formation d'une couche soit par le déroulement d'un nombre de rubans suffisant pour former ladite couche, soit en réalisant plusieurs passages en translation de ladite âme pour réaliser l'enroulement desdits rubans.

i. On refroidit ou on laisse refroidir, après ledit chauffage, en obtenant ainsi l'élément allongé renforcé.

Eventuellement, on peut recommencer l'opération pour déposer une couche supplémentaire ou une pluralité de couches avec des rubans de nature différente.

Selon un mode de réalisation particulier du procédé ou de l'appareil de l'invention, la valeur de l'angle d'enroulement ou la valeur de déplacement de l'âme est contrôlée par le rapport de vitesse entre la

vitesse de déplacement en translation de l'élément allongé, notamment de la canalisation, et la vitesse de rotation de la cassette supportant ou stockant le ruban.

L'angle d'enroulement est en particulier donné par la formule mathématique suivante :

Alpha = arc tangente (pi x D x N/ Vt)

Dans laquelle :

Alpha : l'angle d'enroulement en degré relativement à l'axe longitudinal de la partie interne ou centrale ou âme ;

D : diamètre de la partie interne ou centrale ou âme ;

N : vitesse de rotation de la cassette de support du ruban en tours par minute ;

Vt : vitesse de déplacement en translation de la partie interne ou centrale ou âme en mètres/minute.

Pi= lettre grecque ou environ 3,1416.

En prenant en compte un autre exemple tel que des lames ou pales d'appareils à vent comme des éoliennes, la tête de connexion des lames ou pales est soumise à des efforts de résistance élevée et a besoin en conséquence d'une résistance à la traction élevée ou spécifique. D'autre part, l'extrémité libre des lames ou pales a peu d'efforts de résistance à la traction à supporter, mais nécessite d'être résistant à des efforts de flexion. De ce fait, la fabrication des lames ou pales conformément à la technologie selon l'invention permet de régler la résistance à la traction et à l'effort aux lieux appropriés de la partie de la lame ou pale et de contrôler la déformation de la lame ou pale lorsqu'elle sera en fonction .

Selon un mode avantageux du procédé de l'invention, on prévoit plusieurs dispositifs successifs de supports de cassette desdits rubans, afin de réaliser en un seul mouvement de translation de l'âme ou de l'élément de forme allongée, le dépôt de plusieurs couches en matériau composite.

Selon un mode avantageux de réalisation de l'invention, on réalise l'enroulement de chaque ruban avec une tension prédéterminée, par exemple une force de traction d'environ un DecaNewton par ruban, de manière à ce que, lorsque la résine thermoplastique est en fusion, il se

réalise un auto-effet de déplacement vers le centre donc vers l'âme des fils ou fibres noyés dans la résine de chaque ruban, par un effet de tension interne, d'où un effet de placage sur l'âme ou la couche précédente.

Selon l'invention, selon un mode de réalisation particulier, la tension du ruban est réglée selon la valeur d'angle d'enroulement. En outre, le procédé permet une évolution progressive d'un angle à un angle différent tout au long du procèdè. Par exemple, pour un angle d'environ 20°, la tension du ruban sera de préférence d'environ 15 DecaNewton ; et pour un angle d'environ 70°, la tension du ruban sera de préférence d'environ 5 DecaNewton.

La tension du ruban peut être réglée à des valeurs aussi basses que 1 DecaNewton pour des applications ordinaires.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la tension du ruban est fournie par une action de freinage pour freiner la vitesse de rotation de chaque cassette sur laquelle est enroulé le ruban.

Également, l'homme de l'art comprend que avec l'invention, par une telle action de freinage, la tension est aisément réglable à une valeur précise et peut varier pour suivre la valeur de l'angle d'enroulement, et ce pour la même couche de revêtement, le long de l'axe longitudinal de l'élément allongé.

Selon l'invention, le dispositif de chauffage de la résine thermoplastique est prévu avec une orientation réglable de façon à éviter de surchauffer la partie centrale ou âme, ou la couche précédente, de façon à éviter de la dégrader. Ceci est obtenu selon l'invention en maintenant l'orientation réglable d'écoulement du flux de fluide chaud, de préférence un flux d'air chaud, du dispositif de chauffage dans une direction sensiblement perpendiculaire au ruban indépendamment de son angle d'enroulement effectif. L'homme de l'art comprend que des fluides autres que l'air sont utilisables comme des gaz inertes bien qu'ils soient habituellement plus chers.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, le chauffage est réalisé à l'aide de buses diffusant un fluide chaud, de

préférence de l'air chaud, à une température minimum qui n'est pas inférieure à la température de fusion de la résine thermoplastique utilisée.

L'invention permet donc d'utiliser uniquement de l'air chaud par nature moins agressif vis à vis de la matrice qu'une flamme utilisée dans la technique antérieure et est en outre plus sûr en comparaison avec d'autres fluides.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, on utilise un élément allongé de forme tubulaire de section quelconque polygonale ou circulaire, avantageusement creux de manière à former des tubes ou canalisations pour le transport de matériau, en particulier de fluide, notamment du pétrole ou du gaz liquide ou non.

L'invention n'est pas limitée par une forme particulière de l'élément allongé car, grâce à l'emploi de rubans, ceux-ci épousent toute forme géométrique. L'invention est cependant avantageusement utilisée pour renforcer des âmes de forme essentiellement convexes, c'est à dire ne comportant pas de creux sur leur surface externe, creux sur lesquels il est extrêmement difficile d'appliquer lesdits rubans.

Selon un troisième aspect, la présente invention couvre aussi un appareil de fabrication d'éléments allongés renforcés, caractérisé en ce qu'il comprend :

a. La prévision d'un élément de support d'une âme de forme allongée, comportant des moyens permettant de réaliser un mouvement de translation de ladite âme de forme allongée ;

b. La prévision d'au moins une cassette et avantageusement plusieurs de cassettes de stockage de rubans réalisés en matériau composite comprenant une matrice en résine thermoplastique dans laquelle sont noyés des fils ou fibres de verre ou de carbone,

c. La prévision de moyens de mise en rotation de chaque cassette.

d. La prévision de moyens de réglage d'angle d'enroulement pour ajuster l'angle d'enroulement de chaque ruban relativement à l'axe longitudinal autour de ladite âme ;

e. La prévision de moyens de synchronisation des moyens de déplacement en translation de l'âme de forme allongée et des moyens de mise en rotation de chaque cassette de ruban.

f. La prévision d'au moins un dispositif de chauffage à une température supérieure à la température de fusion de la résine thermoplastique pendant une période de temps suffisante pour réaliser la fusion complète de la résine thermoplastique et le collage de la couche en matière composite sur ladite âme ou sur la couche précédente.

g. La prévision de moyens de commande, de manière synchronisée, des moyens de synchronisation des moyens de déplacement en translation de l'âme de forme allongée et des moyens de mise en rotation de chaque cassette de ruban ; ces moyens de commande étant prévus soit pour réaliser le déroulement d'un nombre de rubans suffisant pour former au moins une couche en matériau composite comprenant une pluralité de rubans enroulés autour de l'âme de forme allongée, soit pour réaliser plusieurs passages en translation de ladite âme pour réaliser un enroulement desdits rubans ;

h. Lesdits moyens de commande étant prévus pour commander chaque dispositif de chauffage à une température supérieure à une température de fusion de la résine thermoplastique pendant une période de temps suffisante pour réaliser la fusion complète de la résine thermoplastique et les collages d'une couche en matière composite sur ladite âme ou sur la couche précédente.

Dans le cas de l'appareil de l'invention, pour accélérer le refroidissement de l'élément allongé renforcé obtenu, il peut être prévu des moyens de refroidissement en aval du ou des dispositif(s) de chauffage.

Selon une variante de réalisation de l'appareil de l'invention, l'appareil peut être prévu pour permettre de recommencer l'opération pour déposer une couche supplémentaire ou une pluralité de couches avec des rubans de nature différente. Dans ce cadre, il peut être prévu au moins un deuxième ensemble d'au moins une cassette et avantageusement de plusieurs cassettes de stockage de rubans soit de nature identique, soit de nature différente.

Ainsi, selon un mode avantageux de l'appareil de l'invention, on prévoit plusieurs dispositifs successifs de support de cassettes desdits rubans, afin de réaliser en un seul mouvement de translation d'un élément de forme allongée et le dépôt de plusieurs couches en matériaux composites.

Selon un mode de réalisation particuller du procédé ou de l'appareil de l'invention, la valeur de l'angle d'enroulement ou de l'âme est contrôlée par le rapport de vitesse entre la vitesse de déplacement en translation de l'élément allongé, notamment du tube, et la vitesse de rotation de la cassette supportant ou stockant le ruban. L'angle d'enroulement est en particulier donné par la formule mathématique suivante :

$$\alpha = \text{Arctan} (\Pi \times D \times N / Vt)$$

Dans laquelle :

α ou alpha : l'angle d'enroulement en degré relativement à l'axe longitudinal de la partie interne ou centrale ou âme ;

D : diamètre de la partie interne ou centrale ou âme ;

N : vitesse de rotation de la cassette de support du ruban en tours par minute ;

Vt : vitesse de déplacement en translation de la partie interne ou centrale ou âme en mètres/minute.

Π ou Pi= lettre grecque Π ou environ 3,1416.

Ainsi, l'homme de l'art comprend que l'invention permet de fabriquer de manière inattendue une partie composite qui comprend une grande variété d'angles d'enroulement et en conséquence une résistance mécanique spécifique à des forces ou contraintes qui sont utiles pour des applications spécifiques, comme indiqué précédemment concernant le procédé.

Tous les modes de réalisation donnés pour le procédé sont clairement applicables à l'appareil.

Selon un autre mode de réalisation avantageux de l'appareil selon l'invention, on peut prévoir des moyens de réglage de tension pour ajuster ou régler la tension de déroulement de chaque ruban à une valeur de tension prédéterminée, par exemple en prévoyant que ces moyens de réglage de tension permettent d'effectuer un réglage et une force de

traction par ruban, de manière à ce que, lorsque la résine thermoplastique est en fusion, il se réalise un auto-effet de déplacement vers le centre donc vers l'âme des fils aux fibres noyées dans la résine de chaque ruban, par un effet de tension interne, d'où un effet de placage sur l'âme ou la couche précédente.

Selon un autre mode de réalisation particulier, chaque moyen d'ajustement de tension comprend des moyens de freinage capables d'exercer une action de freinage sur chaque cassette sur laquelle le ruban est enroulé.

Avec le moyen d'ajustement de tension, en particulier comprenant le moyen de freinage, il est très aisé de régler la tension du ruban selon l'angle d'enroulement. Par exemple, pour un angle d'environ 20°, la tension du ruban sera de préférence d'environ 15 DecaNewton ; et pour un angle d'environ 70°, la tension du ruban sera de préférence d'environ 5 DecaNewton.

La tension du ruban peut être réglée à des valeurs aussi basses que 1 DecaNewton pour des applications ordinaires.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, le dispositif de chauffage de la résine thermoplastique est prévu avec des moyens d'orientation réglable pour régler l'orientation d'un flux de fluide chaud pour éviter une surchauffe de la partie centrale ou interne ou de la couche précédente de façon à éviter de la dégrader.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, l'appareil comprend des moyens de maintien d'orientation réglable pour maintenir l'orientation réglable du flux de fluide chaud du dispositif de chauffage dans une direction sensiblement perpendiculaire au ruban indépendamment de son angle d'enroulement effectif.

Selon encore un autre mode de réalisation avantageux de l'appareil selon l'invention, on peut prévoir que le dispositif de chauffage comprend des buses diffusant un air chaud à une température qui n'est pas inférieure ou même au minimum supérieure à la température de fusion de la résine thermoplastique utilisée.

Selon un quatrième aspect, la présente invention couvre encore l'utilisation des éléments allongés renforcés précités, en particulier

obtenus par le procédé selon l'invention ou l'appareil de fabrication de l'invention, pour la fabrication de canalisations, notamment des canalisations dites « risers », enterrées dans le sol ou utilisées en off-shore en particulier s'étendant d'une plate-forme offshore jusqu'aux fonds marins, ou encore pour la fabrication de lames ou pales de turbines ou machines à vent ou éoliennes.

On comprend ainsi que l'invention permet bien de résoudre les problèmes techniques précédemment énoncés et, par conséquent, fournit une solution nouvelle et non évidente pour un homme de l'art.

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront clairement à la lumière de la description explicative qui va suivre faite en référence à un mode de réalisation actuellement préféré d'un appareil selon l'invention, et permettant de mettre en œuvre le procédé selon l'invention précédemment décrit, donné simplement à titre d'illustration et qui ne saurait donc, en aucune façon, limiter la portée de l'invention.

L'appareil selon l'invention est représenté dans les figures annexées , et fait partie intégrante de l'invention et de ce fait toute caractéristique de cet appareil qui apparaîtra nouvelle par rapport à un état de la technique quelconque, est revendiquée en tant que moyen général et dans sa fonction, ainsi que ses équivalents techniques.

Dans les exemples, les températures sont données en degrés Celsius, la pression est la pression atmosphérique; l'atmosphère est l'air, sauf indication contraire.

La figure 1 représente une vue générale simplifiée, latérale, d'un premier mode de réalisation d'un appareil selon l'invention, donné à titre d'illustration ;

La figure 2 représente une vue agrandie d'une partie de l'appareil réalisé selon l'invention et configurant les moyens de mise en rotation, par exemple sous la forme d'une roue ou plateau, servant de support aux cassettes comportant les rubans ;

La figure 3 représente une vue agrandie d'une partie de l'appareil réalisé selon l'invention avec le détail de l'opération de dépose des rubans contenus dans les cassettes ;

La figure 4 représente le détail d'une cassette montrant clairement le stockage du ruban enroulé sur celle-ci et son dévidage ;

La figure 5 représente le détail d'un élément de forme allongée renforcée obtenue selon l'invention avec une couche formée d'une pluralité de rubans 32 ;

La figure 6 représente une vue de détail de construction d'un ruban formé par la combinaison d'une matrice en matière thermoplastique et des fils ou fibres de renforcement, par exemple de fils ou de fibres de verre ou de carbone, selon le repère VI indiqué sur la figure 5 ;

La figure 7 représente une vue de détail selon la référence VII de la figure 2 de la cassette montrant la présence de moyens d'ajustement de tension qui selon ce mode de réalisation particulier comprend des moyens de freinage ;

La figure 8 représente un deuxième mode de réalisation d'un élément allongé sous la forme d'une canalisation off-shore 112 fabriquée sur le procédé l'appareil de l'invention, une pluralité de cinq canalisations ou tubes étant rassemblée ensemble pour constituer des « riser » de plates-formes off-shore pour soutirer par exemple de l'huile naturelle ou du pétrole d'un puits réalisé dans le sous-sol d'un fonds marin.

La figure 9 représente une coupe transversale de la canalisation 112 à la position de tête ou proximale du riser selon la flèche IX de la figure 8 avec l'angle d'enroulement alpha 1 du ruban relativement à l'axe longitudinal X-X de la canalisation 112 ;

La figure 10 représente une coupe transversale de la canalisation 112 à la position de fond ou distale du riser selon la flèche X de la figure 8 avec l'angle d'enroulement alpha 2 du ruban relativement à l'axe longitudinal X-X de la canalisation 112 ; et

La figure 11 montre un autre mode de réalisation d'un élément allongé constitué ici par une lame ou pale de turbines à vent ou éolienne 212, par exemple pour des machines de production d'énergie par le vent, montrant les angles d'enroulement respectifs alpha 3, alpha 4, alpha 5 de l'extrémité de connexion proximale à l'extrémité distale libre.

En référence aux figures 1 à 7, un appareil selon l'invention est représenté par le numéro de référence générale 10, et est caractérisé en ce qu'il comprend :

a. La prévision d'un élément de support 20 d'une âme 22 de forme allongée, comportant des moyens permettant de réaliser un mouvement de translation T de ladite âme de forme allongée, ces moyens de translation sont bien connus de l'homme de l'art et ne sont donc pas représentés ici ;

b. La prévision d'au moins une cassette 30, et avantageusement plusieurs (ici 12) cassettes 30 de stockage de rubans 32 réalisés en matériau composite comprenant une matrice (34) en résine thermoplastique dans laquelle sont noyés des fils ou fibres de renforcement (35), par exemple des fils ou fibres de verre ou de carbone ;

c. La prévision de moyens 36 de mise en rotation de chaque cassette 30, ces moyens 36 de mise en rotation comprenant par exemple un axe de rotation 37, autour duquel les cassettes 30 sont en rotation libre. Dans le mode de réalisation actuellement préféré représenté à la figure 1, les axes de rotation 37 sont eux-mêmes supportés par un plateau 38, mis en rotation par des moyens de mise en rotation classiques bien connus de l'homme de l'art . L'ensemble de ces éléments constitue les moyens 36 de mise en rotation de chaque cassette 30 ;

d. La prévision de moyens de réglage de l' angle d'enroulement constitués ici par la combinaison des moyens 36 de mise en rotation, de la table tournante 38 et de la vitesse de rotation des cassettes 30, pour ajuster l'angle d'enroulement ont chaque ruban autour de l'âme centrale, interne ou noyau 22 ;

e. La prévision de moyens de synchronisation (61), classiques bien connus de l'homme de l'art et schématisés ici pour simplifier la figure, des moyens 20 de déplacement en translation de l'âme 22 de forme allongée et des moyens 36 de mise en rotation de chaque cassette 30 de ruban 32, par la présence de deux liaisons 62 et 64, respectivement.

f. La prévision d'au moins un dispositif 50 de chauffage à une température supérieure à la température de fusion de la résine thermoplastique 34 pendant une période de temps suffisante pour réaliser

la fusion complète de la résine thermoplastique et le collage de la couche 33 en matière composite sur ladite âme 22 ou sur la couche précédente.

g. La prévision de moyens de commande 60, de manière synchronisée, par une liaison 68, des moyens de synchronisation 61, des moyens de déplacement en translation 20 de l'âme 22 de forme allongée et des moyens 36 de mise en rotation de chaque cassette 30 de ruban 32 ;

Ces moyens de commande 60 sont prévus :

- soit pour réaliser le déroulement d'un nombre de rubans 32 suffisants pour former au moins une couche 33 en matériau composite comprenant une pluralité de rubans enroulés autour de l'âme 22 de forme allongée (comme représenté à la figure 1 et de manière encore plus visible aux figures 2 et 3),

- soit pour réaliser plusieurs passages en translation de ladite âme pour réaliser un enroulement desdits rubans, de manière équivalente et comme cela est bien compréhensible pour un homme de l'art.

h. Les moyens de commande 60 sont aussi prévus pour commander par une liaison 66 chaque dispositif de chauffage 50 à une température non inférieure ou en pratique supérieure à une température de fusion de la résine thermoplastique 34 pendant une période de temps suffisante pour réaliser la fusion complète de la résine thermoplastique 34 et le collage d'une couche 33 en matière composite sur ladite âme 22 ou sur la couche précédente.

Comme clairement montré la figure 7, des moyens d'ajustement ou de réglage de tension 90 peuvent être prévus pour ajouter la tension d'enroulement de chaque ruban 32 à une valeur de tension prédéterminée, qui permet de réaliser l'ajustement à une force de traction désirée telle que pendant que la résine thermoplastique est en fusion, les fils ou cordons de fibres enlisées ou inclus dans la résine de chaque ruban 32 sont automatiquement déplacés vers le centre est ainsi, en direction de la partie centrale ou de la couche précédente, en ajoutant un effet de tensions internes.

Selon un mode de relation particulier de l'invention, chaque moyen d'ajustement de tension comprend des moyens de freinage, ou un

frein, 92 capable d'exercer une action de freinage sur chaque cassette 30 sur laquelle est enroulée le ruban 32.

Naturellement, la structure de chaque frein est de tout type qui peut être utilisé pour exercer une action de freinage sur la cassette 32.

Selon le mode de réalisation de la figure 7 , le frein 92 comprend un disque de freinage 94 qui peut être freiné par des disques de friction 98 formant partie du dispositif d'activation de freinage électromécanique 96 qui peut être en forme de U pour exercer une action de freinage sur les deux côtés du disque de freinage 94.

Il est apparent que le disque de freinage 94 est monté ici sur un cylindre 95 lié à la cassette 30 pour tourner avec lui. Naturellement, le disque de freinage 94 peut être directement monté sur la cassette 30 et être freiné latéralement comme cela est bien compréhensible pour un homme de l'art.

Il sera bien compris par un l'homme de l'art que avec les moyens d'ajustement de tension 90, en particulier comprenant les moyens de freinage 92, il est très aisé et très efficace de régler une tension du ruban 32 selon l'angle d'enroulement alpha à toute valeur désirée.

Par exemple, pour la fabrication d'une canalisation off-shore qui peut être utilisée comme un riser 112 comme montré à la figure 8 pour la plate-forme offshore 200, l'invention permet de faire varier l'angle d'enroulement à volonté en contrôlant le rapport de vitesse entre la vitesse de déplacement en translation de la canalisation ou noyau ou âme 22 et la vitesse de rotation des cassettes supportant les rubans 32, comme donné par la formule mathématique précédemment énoncée.

Pour la zone de riser 112A montré à la figure 9, qui est destinée à être dans une position plutôt de sommet du riser, de fortes forces de traction sont exercées par le poids des canalisations qui peuvent avoir une longueur habituellement de plus de 100 mètres jusqu'à 1000 mètres ou même plus.

Dans la zone de sommet 112A où les forces de traction sont les plus élevées, l'angle d'enroulement peut être réglé à une valeur relativement faible, c'est-à-dire dans le domaine d'environ 20 à 25° comme montré par la valeur alpha 1 de la figure 9 ; tandis que dans la

partie de fonds du riser où les pressions sont les plus élevées à cause du niveau en mer profonde, l'angle d'enroulement alpha 2, comme montré à la figure 10, est réglée à une valeur élevée, c'est-à-dire ici dans un domaine allant de 60 à 70°, par exemple 65°.

Naturellement, l'angle d'enroulement est modifié doucement ou progressivement de la valeur faible jusqu'à la valeur élevée de façon à éviter toute modification abrupte dans l'angle d'enroulement qui pourrait causer ou promouvoir des déficiences mécaniques dans la canalisation.

De manière similaire, en relation avec la figure 11, on montre un troisième mode de réalisation d'un élément allongé ici sous la forme d'une lame ou pale de turbine ou éolienne.

La lame de la turbine ou éolienne 212 à une extrémité proximale de 113 qui portent des moyens de connexion 214 pour permettre une fixation sur l'axe de la turbine et une extrémité distale 215. Comme bien compréhensible pour un l'homme de l'art, à l'extrémité proximale 213, dans la zone 212A, les forces de torsion sont au maximum et de ce fait, il est préféré d'avoir un angle d'enroulement alpha 3 aussi élevé que possible, proche de la perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X de la lame, c'est-à-dire dans le domaine de 80-90°, en particulier d'environ 85°, tandis qu'à l'extrémité libre 215, dans la zone 212C, les efforts de traction sont maximums et il est préféré d'avoir une valeur de l'angle d'enroulement faible, par exemple dans le domaine de 20-25°, dénommé angle d'enroulement alpha 5.

Comme précédemment indiqué pour le mode de réalisation relatif au riser, la zone intermédiaire 212 a un angle d'enroulement alpha 4 intermédiaire qui peut être dans le domaine de 45-50°, tandis qu'il y a modification progressive de l'angle d'enroulement alpha de la zone proximale 212A avec l'angle d'enroulement alpha 3 et la zone distale 212C ayant l'angle d'enroulement alpha 5.

En conséquence, on comprend facilement que l'invention permet d'adapter la fabrication d'un élément allongé à tout usage particulier.

Dans le cadre de l'invention, pour accélérer le refroidissement de l'élément allongé renforcé obtenu, il peut être prévu des moyens de

refroidissement 70 en aval du ou des dispositif de chauffage 50, comme cela est bien compréhensible pour un homme de l'art. Les moyens de commande 60 sont aussi avantageusement prévus pour commander les moyens de refroidissement 70 par une liaison appropriée 72.

Selon une variante avantageuse de réalisation d'un appareil de l'invention, l'appareil 10 peut être prévu pour permettre de recommencer l'opération pour déposer une couche supplémentaire ou une pluralité de couches avec des rubans 32 de nature différente. Dans ce cadre, il peut être prévu au moins un deuxième ensemble 38 d'au moins une cassette 30 et avantageusement de plusieurs cassettes 30 de stockage de rubans 32 soit de nature identique, soit de nature différente.

Ainsi, on comprendra aisément que selon un mode avantageux de l'appareil de l'invention, on prévoit plusieurs dispositifs 38 ou plateaux successifs de support de cassette(s) 30 de stockage des rubans 32, afin de réaliser en un seul mouvement de translation un élément 12 de forme allongée et les dépôts de plusieurs couches en matériau composite soit de nature identique, soit de nature différente.

Selon encore un autre mode de réalisation avantageux de l'appareil selon l'invention, on peut prévoir des moyens de réglage de tension, tels que 80,82, à une valeur prédéterminée de tension de l'enroulement de chaque ruban 32, par exemple en prévoyant que ces moyens de réglage de tension 80,82 permettent d'effectuer un réglage à une force de traction d'environ un décanewton (un kilo) par ruban 32, de manière à ce que, lorsque la résine thermoplastique 34 est en fusion, il se réalise un auto-effet de déplacement vers le centre donc vers l'âme des fils ou fibres noyé(e)s dans la résine de chaque ruban 32, par un effet de tension interne, d'où un effet de placage sur l'âme ou la couche précédente. Le plateau 38 peut aussi comprendre une partie tronconique 46 supportant les moyens 82, ainsi qu'un élément formant disque 48 supportant des moyens 40 de guidage des rubans 32, comprenant par exemple des tiges 42 et des tétons 44 (voir figure 3).

Selon encore un autre mode de réalisation avantageux de l'invention, chaque dispositif de chauffage 50 de la résine thermoplastique 34 est pourvu de moyens d'orientation réglable pour maintenir

l'orientation réglable du flux de fluide chaud du dispositif de chauffage dans une direction sensiblement perpendiculaire au ruban indépendamment de son angle d'enroulement effectif pour éviter une surchauffe de l'âme ou de la couche précédente, afin de ne pas la dégrader.

Selon encore un autre mode de réalisation avantageux de l'appareil selon l'invention, on peut prévoir que chaque dispositif de chauffage 50 comprend des buses 52 diffusant un air chaud à une température au minimum supérieure à la température de fusion de la résine thermoplastique 34 utilisée. Ces buses 52 peuvent être naturellement réalisées de manière orientable pour être disposées selon un angle d'orientation appropriée pour diffuser l'air chaud dans les meilleures conditions de chauffage comme mentionné précédemment.

Diverses variantes de réalisation de l'élément allongé 12, 112, 212 et notamment de l'âme 22 ou des rubans 32 sont décrites dans la partie introductive de la description.

Il est apparent que dans l'invention, la translation de la partie centrale ou noyau est réalisée essentiellement parallèle à l'axe longitudinal de la partie centrale ou noyau. En fonction de la forme de la partie centrale ou noyau, une autre direction de translation pourrait être prévue.

On comprend bien ainsi que l'invention permet de résoudre les problèmes techniques précédemment énoncés et que par conséquent elle présente une solution nouvelle et non évidente pour un homme de l'art. L'invention, telle qu'elle vient d'être décrite pour l' appareil, permet bien de mettre en oeuvre le procédé de fabrication de l'élément allongé 12, 112, 212 renforcé par au moins une couche 33, précédemment décrit à la partie introductive de la présente description.

Comme précédemment énoncé, l'invention couvre aussi tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits et représentés dans les figures annexées qui font partie intégrante de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Elément allongé renforcé (12)définissant un axe longitudinal (X-X), comprenant une âme (22) de forme allongée, recouverte d'au moins une couche (33) en matériau composite comprenant une pluralité de rubans (32) enroulés autour de ladite âme (22), chacun des rubans (32) étant réalisé à l'aide de fils ou de fibres (35) de renforcement, par exemple des fils ou des fibres de verre ou de carbone, noyés dans une matrice (34) en résine thermoplastique, les rubans (32) étant enroulés autour de l'âme selon un angle d'enroulement prédéterminée réglable relativement à l'axe longitudinal de l'élément longé, selon la résistance mécanique désirée pour l'application envisagée, notamment que l'angle d'enroulement peut varier d'une extrémité à l'autre dans la même couche pour au moins une couche composite.

2. Elément allongé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la valeur d'angle d'enroulement est contrôlée par le rapport de vitesse entre la vitesse de déplacement en translation de l'âme et la vitesse de rotation d'une cassette supportant le ruban.

3. Elément allongé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'angle d'enroulement est donné par la formule mathématique suivante :

$\alpha = \text{Arctan} (\Pi \times D \times N / Vt)$

Dans laquelle :

α : l'angle d'enroulement en degré relativement à l'axe longitudinal de la partie interne ou centrale ou âme ;

D : diamètre de la partie interne ou centrale ou âme ;

N : vitesse de rotation de la cassette de support du ruban en tours par minute ;

Vt : vitesse de déplacement en translation de la partie interne ou centrale ou âme en mètres/minute.

Π ou Pi= lettre grecque Π ou environ 3,1416.

4. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les rubans sont enroulés autour de l'âme selon une tension du ruban réglée en fonction de la valeur de l'angle d'enroulement souhaité.

5. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que éléments allongés à deux extrémités principales, une première extrémité proximale et une seconde extrémité distale, le angle d'enroulement ayant été progressivement modifié depuis la première extrémité vers la seconde extrémité dans l'une ou plusieurs, ou même dans la totalité, des couches composites.

6. Elément allongé selon la revendication 5, caractérisé en ce que , pour un angle d'environ 20°, la tension du ruban est réglée à environ 15 DecaNewton, et pour un angle d'environ 70°, la tension du ruban est réglée à environ 5 DecaNewton.

7. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'âme (22) de forme allongée précitée est réalisée en un métal ou un alliage de métal, notamment en acier, de préférence inoxydable.

8. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'âme (22) est réalisée en un matériau thermoplastique, en particulier « nylon », de préférence de même nature que la résine thermoplastique servant à réaliser la matrice (34) du ruban (32).

9. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la résine thermoplastique comprend ou est constituée de polyamide 11 ou de polyamide 12.

10. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'âme (22) présente une forme essentiellement convexe.

11. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'angle d'enroulement du ruban est compris dans le domaine allant de 20° à 85° et varie progressivement le long de l'axe longitudinal de l'élément allongé dans la même couche, selon la résistance mécanique souhaitée pour l'application envisagée.

12. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que, pour des applications off-shore, l'angle d'enroulement est compris dans le domaine allant de 20° à 80° ou de 20°

à 70° et varie progressivement le long de l'axe longitudinal dudit élément allongé dans la même couche.

13. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que pour des applications de type turbine ou pale d'éolienne, l'angle d'enroulement est compris dans le domaine allant de 20 à 85° et varie progressivement le long de l'axe longitudinal dudit élément allongé, dans la même couche.

14. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que l'on peut prévoir au moins une et de préférence plusieurs couches d'un matériau composite de même nature ou de nature différente, notamment de rubans différents ou disposés selon des angles d'enroulement différents.

15. Elément allongé selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que l'on prévoit que la couche la plus externe sur l'élément allongé est réalisée en matériau composite comprenant une pluralité de rubans également enroulés autour de la couche précédente, lesdits rubans comprenant une matrice en résine thermoplastique et une matière de renfort sous forme de fils ou de fibres, par exemple de fils ou de fibres de verre ou de carbone.

16. Procédé de fabrication d'éléments allongés renforcés (12), caractérisé en ce qu'il comprend :

a. La prévision d'un élément de support (20) d'une âme (22) de forme allongée, comportant des moyens de déplacement en translation de l'âme (22) de forme allongée,

b. La prévision d'au moins une cassette (30) et avantageusement de plusieurs cassettes (30) de stockage de rubans (32) réalisés en matériau composite comprenant une matrice (34) en résine thermoplastique dans laquelle sont noyés des fils ou fibres (35), par exemple des fils ou fibres de verre ou de carbone,

c. La prévision de moyens (36) de mise en rotation de chaque cassette (30),

d. la prévision de moyens de réglage de l'angle d'enroulement pour régler l'angle d'enroulement de chaque ruban autour de ladite âme ;

e. La prévision de moyens de synchronisation des moyens de déplacement (20) en translation de l'âme (22) de forme allongée et des moyens (38) de mise en rotation de chaque cassette (30) de ruban (32),

f. La prévision d'au moins un dispositif de chauffage (50) à une température supérieure à la température de fusion de la résine thermoplastique (34) pendant une période de temps suffisante pour réaliser la fusion complète de la résine thermoplastique et le collage de la couche (33) en matière composite sur ladite âme (22) ou sur la couche précédente.

g. On réalise, de manière synchronisée, le déplacement en translation de l'âme (22) de forme allongée avec l'enroulement synchronisé selon un angle prédéterminé d'au moins un ruban (32) parmi la rotation d'au moins une cassette (30) de stockage du ruban (32).

h. On réalise la formation d'une couche (33) soit par le déroulement un nombre de rubans (32) suffisant pour former ladite couche (33), soit en réalisant plusieurs passages en translation de ladite âme (22) pour réaliser l'enroulement desdits rubans (32).

I. On refroidit ou on laisse refroidir, après ledit chauffage, en obtenant ainsi l'élément allongé renforcé (12).

17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que l'on prévoit plusieurs dispositifs successifs (38) de supports de cassette (30) desdits rubans (32), afin de réaliser en un seul mouvement de translation l'élément de forme allongée (12), le dépôt de plusieurs couches (33) en matériau composite.

18. Procédé selon l'une des revendications 16 ou 17, caractérisé en ce que la valeur d'angle d'enrôlement est contrôlée par le rapport de vitesse entre la vitesse de déplacement en translation de l'âme, et la vitesse de rotation de la cassette supportant le ruban.

19. Procéder selon la revendication 18, caractérisée en ce que l'angle d'enroulement est donné par la formule mathématique suivante :

$$\alpha = \text{Arctan} (\Pi \times D \times N / Vt)$$

Dans laquelle :

α : l'angle d'enroulement en degré relativement à l'axe longitudinal de la partie interne ou centrale ou âme ;

D : diamètre de la partie interne ou centrale ou âme ;

N : vitesse de rotation de la cassette de support du ruban en tours par minute ;

Vt : vitesse de déplacement en translation de la partie interne ou centrale ou âme en mètres/minute.

∏ ou Pi= lettre grecque ∏ ou environ 3,1416.

20. Procédé selon l'une des revendications 16 à 19, caractérisé en ce que les rubans sont enroulés autour de l'âme ou de la couche précédente selon une tension du ruban réglée selon la valeur de l'angle d'enroulement recherché.

21. Procédé selon l'une des revendications 16 à 20, caractérisé en ce que ledit élément allongé a deux extrémités principales, une première extrémité proximale et une seconde extrémité distale, le dit procédé comprenant la modification progressive dudit angle d'enroulement de ladite première extrémité à la seconde extrémité dans la même couche.

22. Procédé selon l'une des revendications 16 à 21, caractérisé en ce que, pour un angle d'environ 20°, la tension du ruban est réglée à environ 15 DecaNewton, et pour un angle d'environ 70°, la tension du ruban est réglée à environ 5 DecaNewton.

23. Procédé selon l'une des revendications 16 à 22, comprenant la prévision d'un dispositif de chauffage (50) pour chauffer la résine thermoplastique avec une orientation réglable d'un flux de fluide chaud pour éviter une surchauffe de l'âme ou de la couche précédente de façon à éviter de la dégrader.

24. procéder selon la revendication 23, comprenant le maintien de l'orientation du dispositif de chauffage (50) de la résine thermoplastique (34) dans une direction sensiblement perpendiculaire au ruban indépendamment de son angle d'enroulement actuel ou effectif.

25. Procédé selon la revendication 23 ou 24, caractérisé en ce le chauffage est réalisé à l'aide de buses (52) diffusant un air chaud à une température au minimum non inférieure à la température de fusion de la résine thermoplastique (34) utilisée.

26. Appareil de fabrication d'éléments allongés renforcés (12), caractérisé en ce qu'il comprend :

a. La prévision d'un élément de support (20) d'une âme (22) de forme allongée, comportant des moyens de déplacement en translation de l'âme (22) de forme allongée;

b. La prévision d'au moins une cassette (30) et avantageusement plusieurs cassettes (30) de stockage de rubans (32) réalisés en matériau composite comprenant une matrice (34) en résine thermoplastique dans laquelle sont noyés des fils ou fibres de renforcement (35), en particulier des fils ou fibres de verre ou de carbone ;

c. La prévision de moyens (36) de mise en rotation de chaque cassette (30) ;

d. la prévision de moyens (36, 38) de réglage de l'angle d'enroulement pour ajuster ou régler l'angle d'enroulement de chaque ruban (32) autour de l'âme ;

e. La prévision de moyens de synchronisation (61) des moyens (20) de déplacement en translation de l'âme de forme allongée et des moyens (36) de mise en rotation de chaque cassette (30) de ruban (32).

f. La prévision d'au moins un dispositif (50) de chauffage à une température supérieure à la température de fusion de la résine thermoplastique (34) pendant une période de temps suffisante pour réaliser la fusion complète de la résine thermoplastique et le collage de la couche (33) en matière composite sur ladite âme (22) ou sur la couche précédente.

g. La prévision de moyens de commande (60), de manière synchronisée, des moyens de synchronisation (61) des moyens de déplacement en translation de l'âme (22) de forme allongée et des moyens (38) de mise en rotation de chaque cassette (30) de stockage de ruban ; ces moyens de commande (60) étant prévus soit pour réaliser l'enroulement d'un nombre de rubans (32) suffisant pour former au moins une couche (33) en matériau composite comprenant une pluralité de rubans (32) enroulés autour de l'âme (22) de forme allongée, soit pour réaliser plusieurs passages en translation de ladite âme (22) pour réaliser un enroulement desdits rubans (32) ;

h. Lesdits moyens de commande (60) étant prévus pour commander chaque dispositif de chauffage (50,52) à une température supérieure à une température de fusion de la résine thermoplastique pendant une période de temps suffisante pour réaliser la fusion complète de la résine thermoplastique et le collage d'une couche en matière composite sur ladite âme (22) ou sur la couche (33) précédente.

27. Appareil selon la revendications 26, caractérisé en ce que la valeur d'angle d'enroulement (α) est contrôlée par le rapport de vitesse entre la vitesse de déplacement en translation de l'âme, et la vitesse de rotation de la cassette supportant le ruban.

28. Appareil selon la revendication 26 ou 27, caractérisé en ce que l'angle d'enroulement est donné par la formule mathématique suivante :

$$\alpha = \text{Arctan} (\Pi \times D \times N / Vt)$$

Dans laquelle :

α : l'angle d'enroulement en degré relativement à l'axe longitudinal de la partie interne ou centrale ou âme ;

D : diamètre de la partie interne ou centrale ou âme ;

N : vitesse de rotation de la cassette de support du ruban en tours par minute ;

Vt : vitesse de déplacement en translation de la partie interne ou centrale ou âme en mètres/minute.

Π ou Pi= lettre grecque Π ou environ 3,1416.

29. Appareil selon l'une des revendications 26 à 28, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens d'ajustement de tension pour ajuster ou régler la tension d'enroulement de chaque ruban à une valeur de tension prédéterminée.

30. Appareil selon la revendication 29, caractérisé en ce que les moyens d'ajustement de tension comprennent des moyens de freinage pour freiner la vitesse de rotation de chaque cassette supportant le ruban.

31. Appareil selon l'une des revendications 26 à 30, caractérisé en ce que ledit élément allongé a deux extrémités principales, une première extrémité proximale et une seconde extrémité distale, les moyens de contrôle modifiant progressivement le dit angle d'enroulement

de ladite première extrémité à ladite seconde extrémité dans une ou plusieurs, ou même la totalité, des couches composites.

32. Appareil selon la revendication 30 ou 31, caractérisé en ce que, pour un angle d'environ 20°, la tension du ruban est réglée à environ 15 DecaNewton, et pour un angle d'environ 70°, la tension du ruban est réglée à environ 5 DecaNewton.

33. Appareil selon l'une des revendications de 26 à 32, caractérisé en ce que l'appareil comprend plusieurs dispositifs successifs (38) de support de cassettes (30) de stockage de rubans (32) soit de nature identique, soit de nature différente, afin de réaliser, en un seul mouvement de translation d'une âme (22) ou d'un élément (12) de forme allongée, le dépôt de plusieurs couches en matériaux composites.

34. Appareil selon l'une des revendications 26 à 33, caractérisé en ce que le dispositif de chauffage (50,52) de la résine thermoplastique comprend des moyens d'orientation réglable pour orienter de manière réglable un flux de fluide chaud de façon à éviter une surchauffe de l'âme (22) ou de la couche précédente (33), afin de ne pas la dégrader.

35. Appareil selon la revendication 34, caractérisé en ce qui je comprends des moyens d'orientation réglable pour maintenir l'orientation réglable du flux de fluide chaud de dispositif de chauffage dans une direction sensiblement perpendiculaire au ruban indépendant de son angle d'enroulement effectif

36. Appareil selon l'une des revendications 26 à 35, caractérisé ce que le dispositif de chauffage (50) comprend des buses (52) diffusant un air chaud à une température au minimum non inférieure à la température de fusion de la résine thermoplastique (34) utilisée.

37. Utilisation des éléments allongés renforcés tels que définis à l'une quelconque des revendications 1 à 15, en particulier obtenus par le procédé selon l'une des revendications 16 à 25 ou par l'appareil de fabrication selon l'une des revendications 26 à 36, pour la fabrication de canalisations enterrées dans le sol ou utilisées en off-shore en particulier déposées sur les fonds marins ; ou pour la fabrication de lames ou pales de turbines ou de machines à vent ou éoliennes.

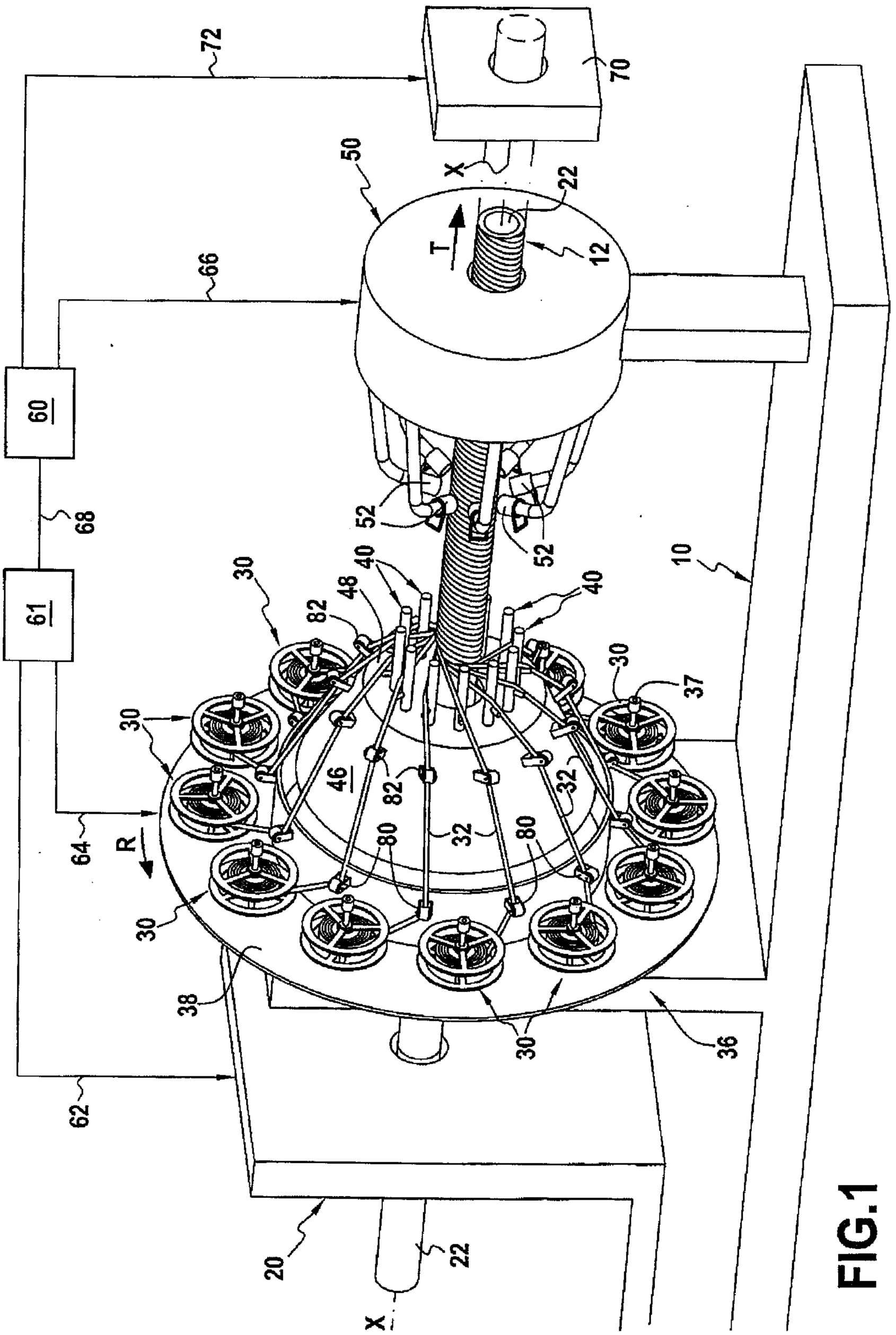

72
70
50
X
22
T
12
66
60
68
61
52
40
48
82
30
10
37
46
32
80
64
R
38
36
62
20
22
X

FIG.1

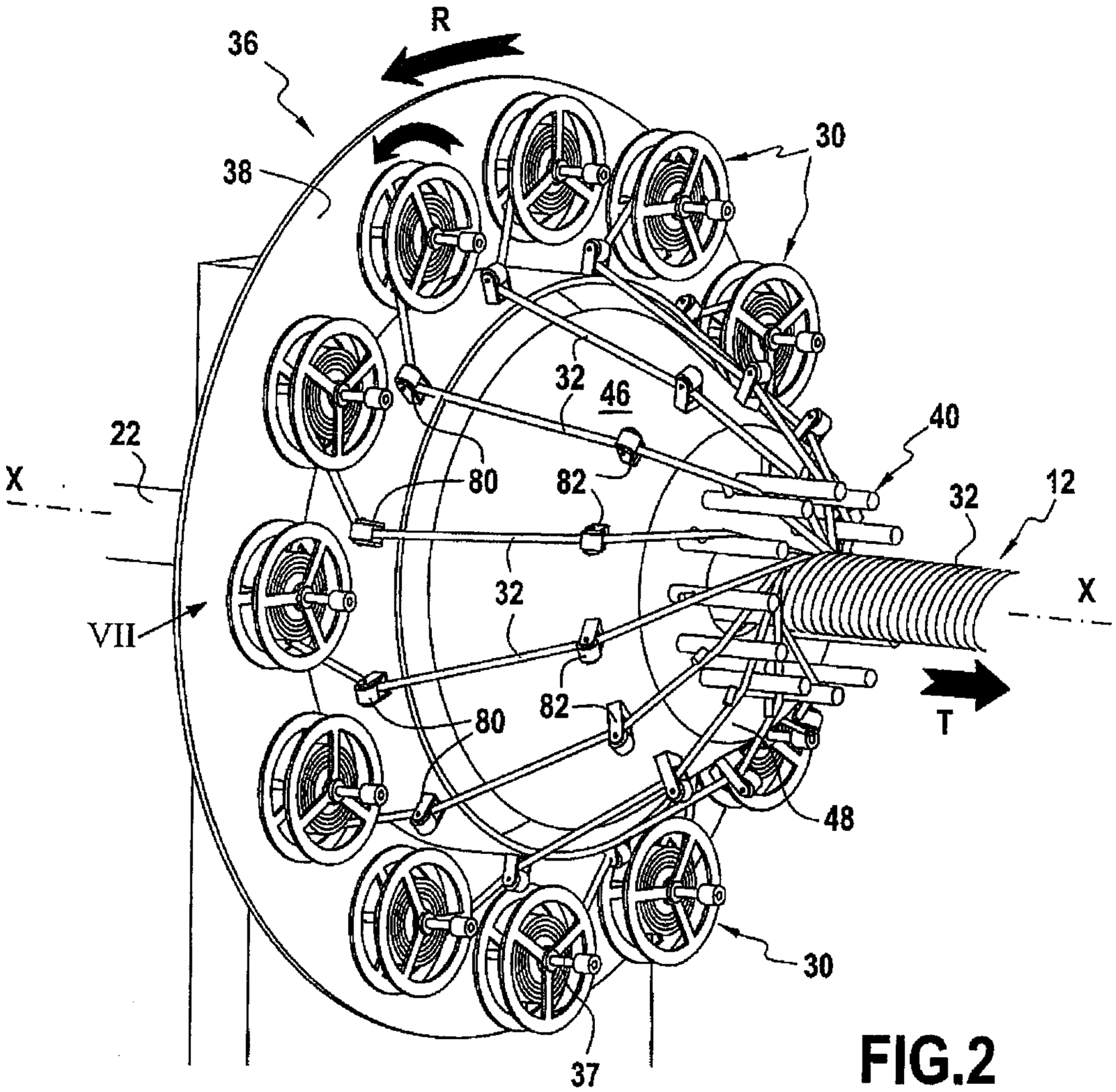


FIG.2

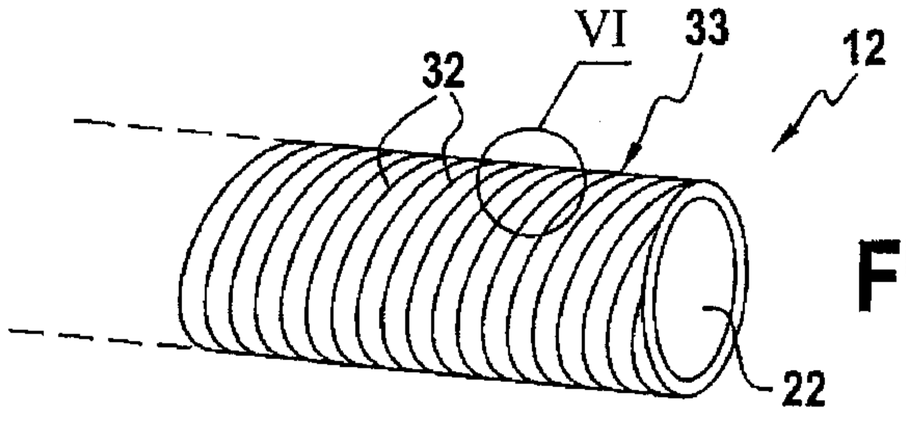


FIG.5

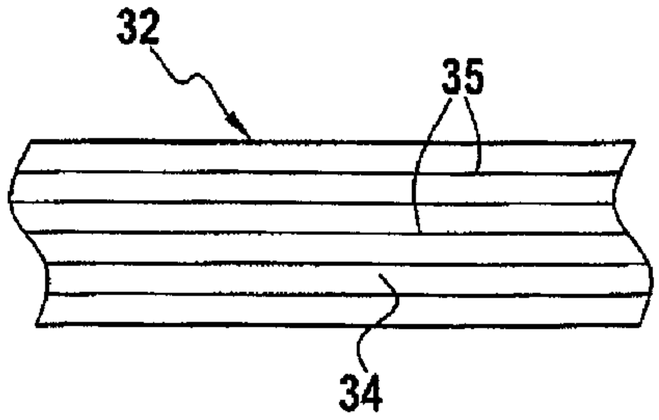


FIG.6

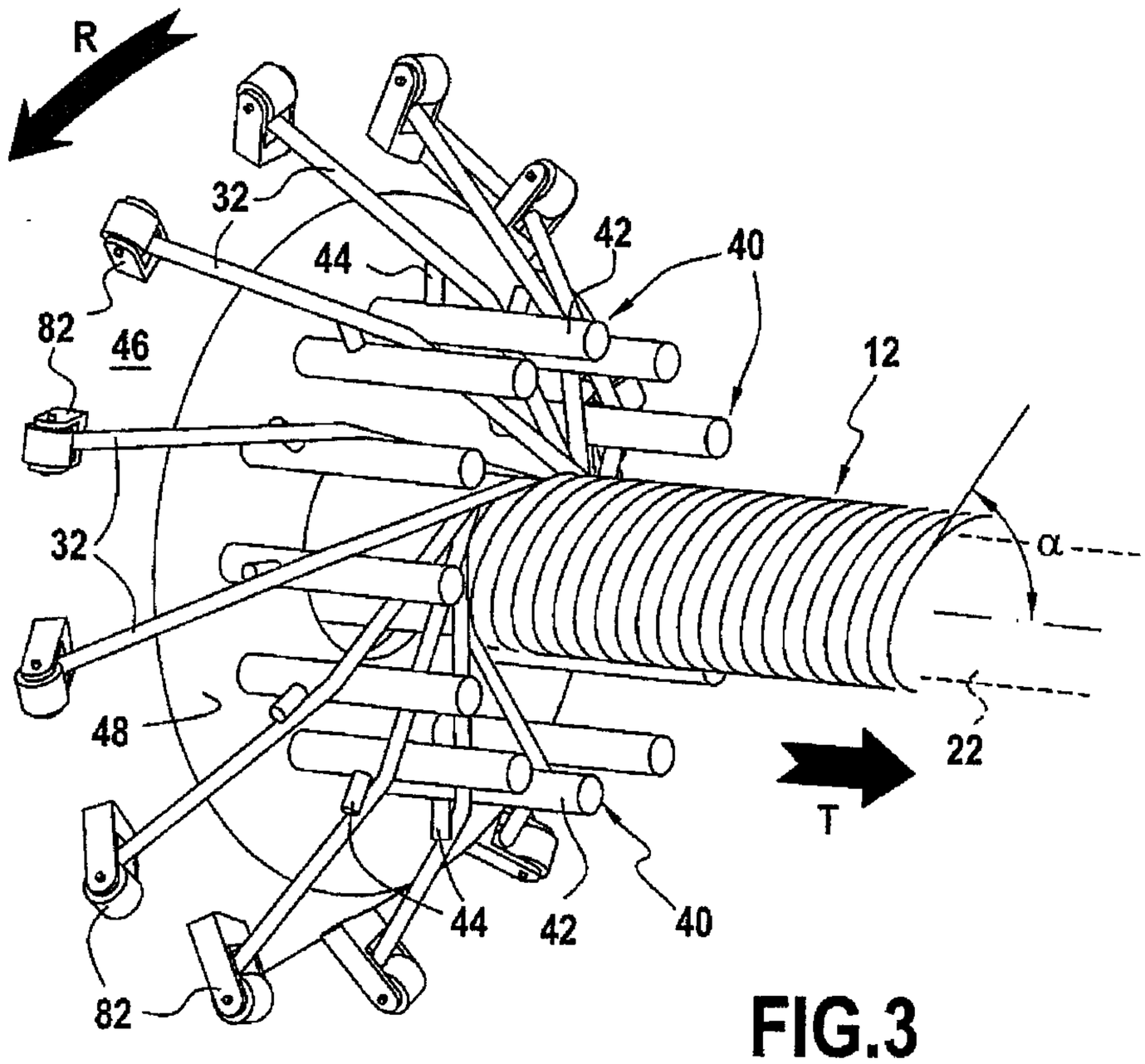


FIG.3

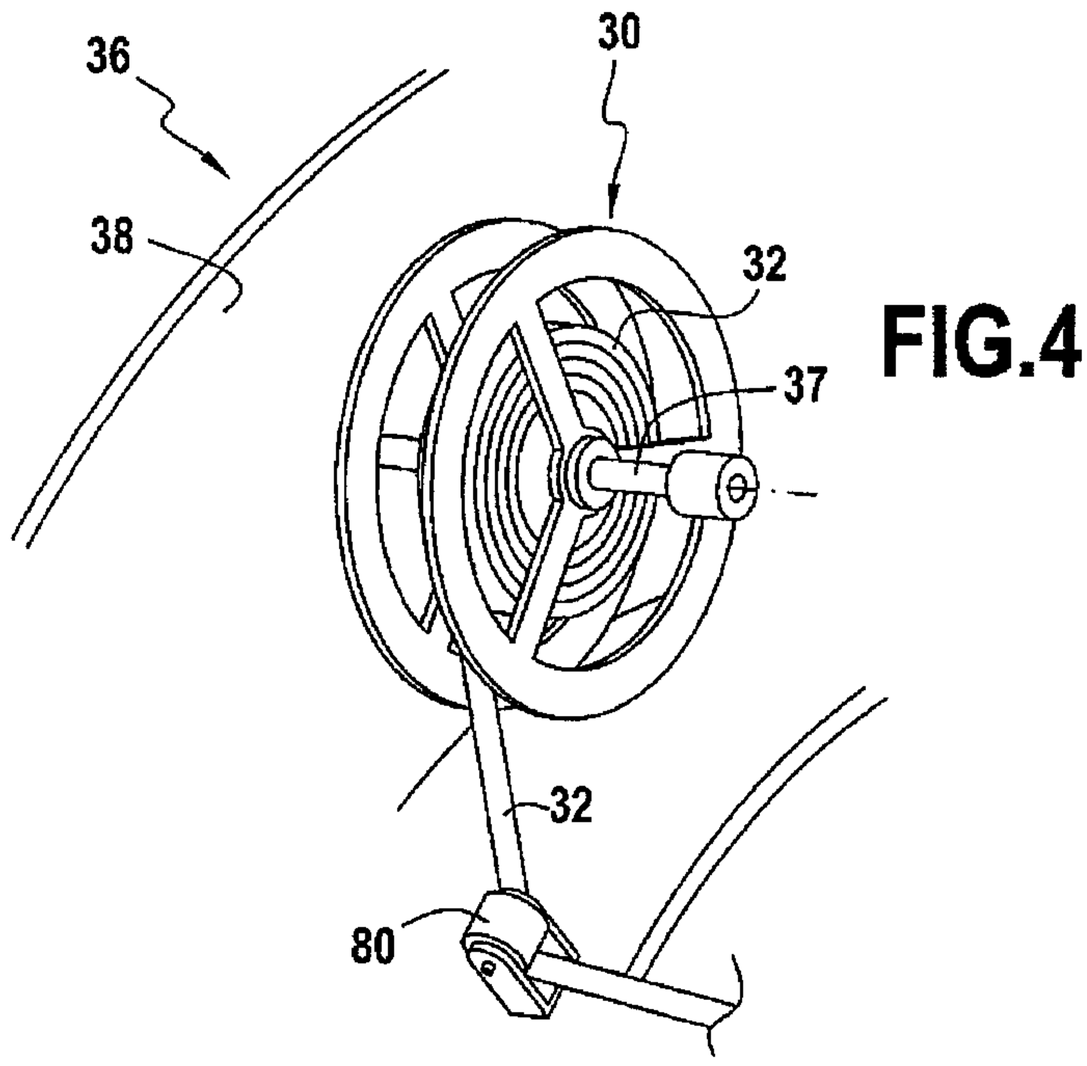


FIG.4

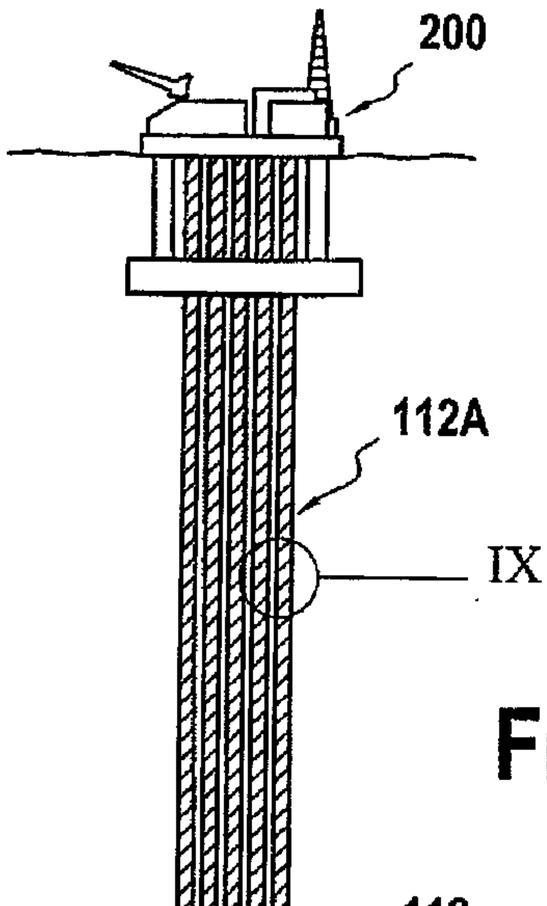


FIG.8

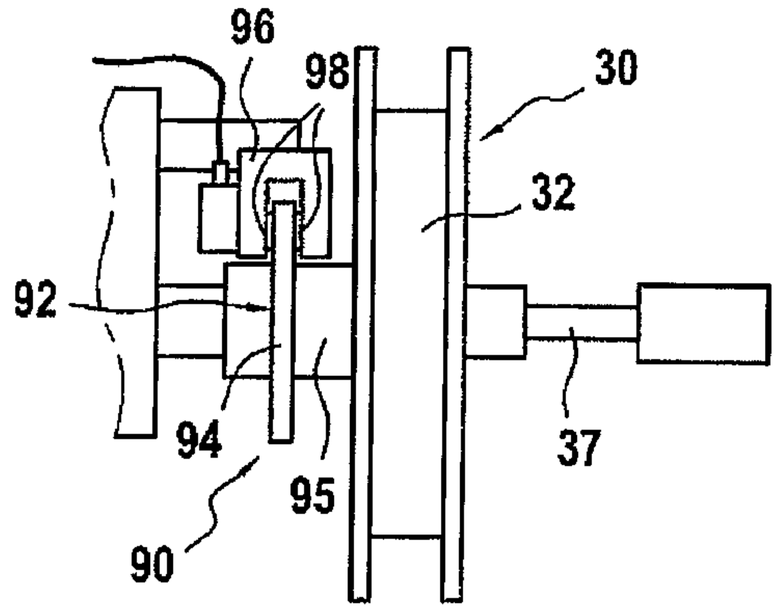


FIG.7

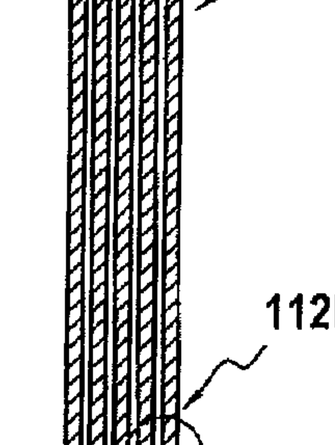


FIG.9

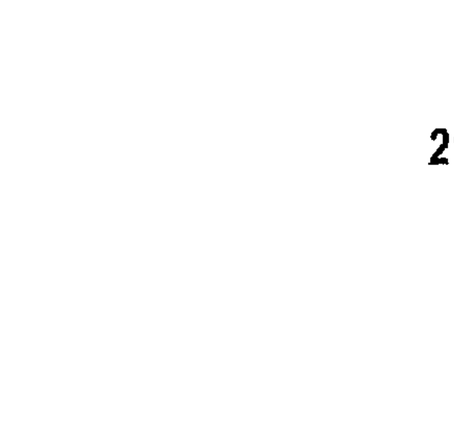


FIG.10

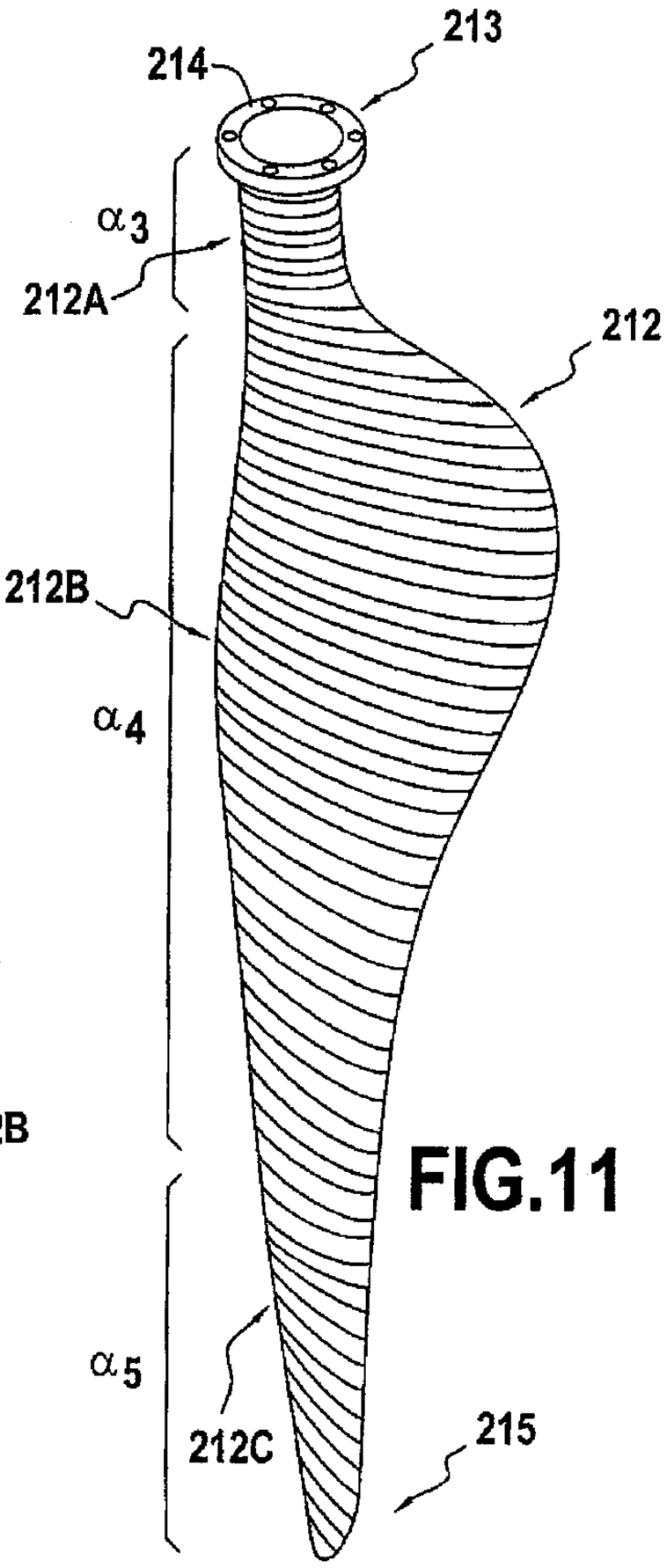
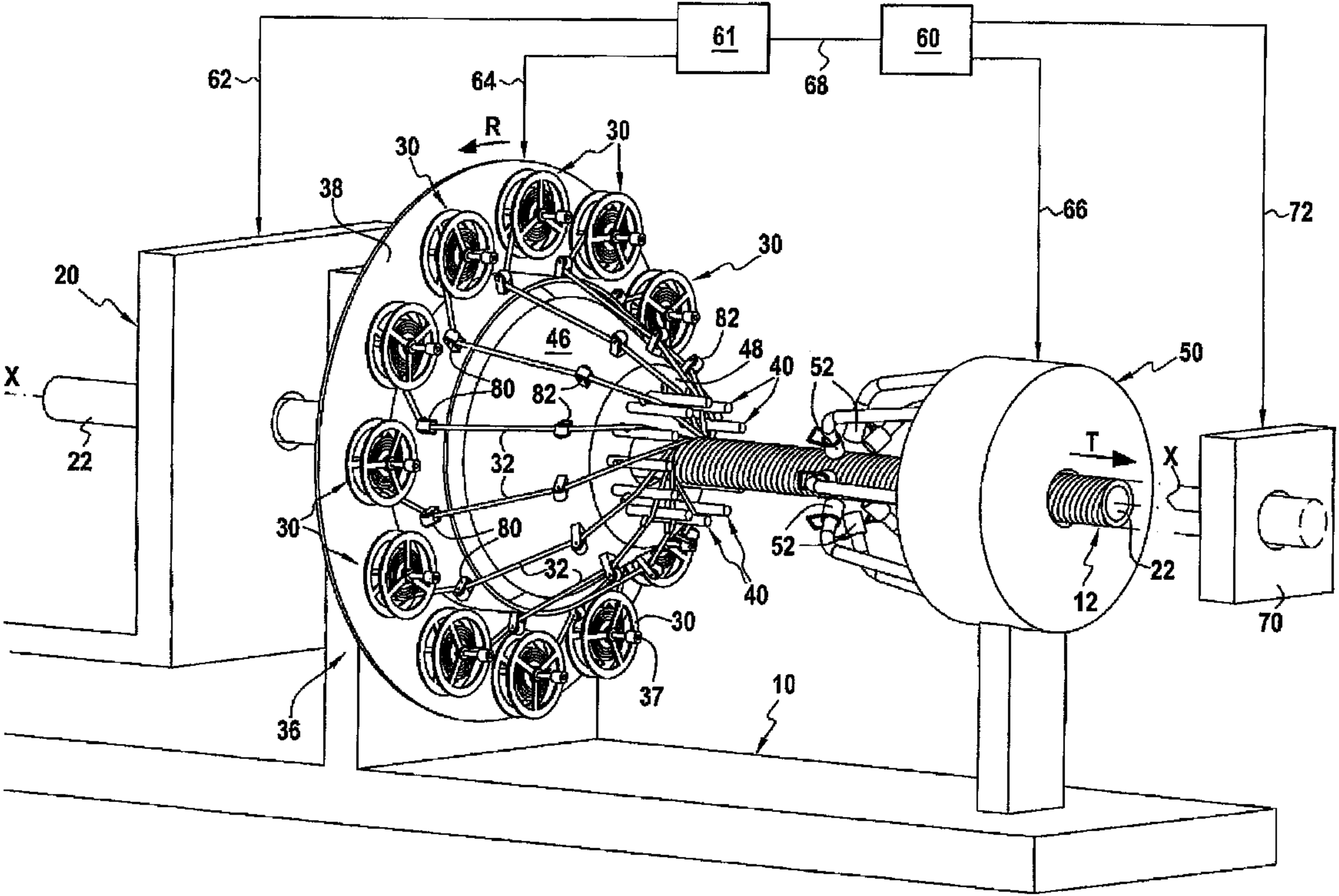


FIG.11


61
60
62
64
68
R
30
30
38
66
72
20
30
82
46
48
40
50
52
X
80
82
22
32
T
X
30
80
52
32
40
12
22
30
70
37
10
36