

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 565 359**

②1 N° d'enregistrement national :

**84 08531**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : G 02 B 6/44.

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 30 mai 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 49 du 6 décembre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : SOCIETE ANONYME DE TELECOMMUNICATIONS et SOCIETE INDUSTRIELLE DE LIAISONS ELECTRIQUES. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Bernard Michel Missout, Jean-Pierre Michaux et Jean-Luc Piova.

⑦3 Titulaire(s) :

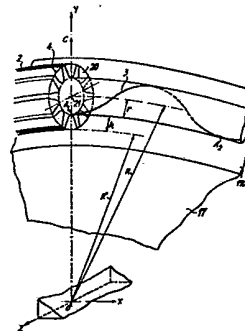
⑦4 Mandataire(s) : Martinet et Lapoux.

⑤4 Roue de tirage d'un jonc à rainures hélicoïdales pour fibres optiques.

⑤7 La roue de tirage 17 est destinée à exercer une traction sur un jonc 2 pendant l'introduction de fibres optiques dans des rainures hélicoïdales 20 du jonc afin d'allonger le jonc dans une ligne de câblage. L'invention vise à définir un rayon  $R'$  de la roue 17 en fonction de caractéristiques dimensionnelles du jonc afin qu'une surlongueur des fibres par rapport aux rainures soit conservée en sortie de la ligne de câblage lorsque le jonc revient à son état initial non tendu. A cette fin, le rayon de la roue est tel que

$$R' > (p^2 / (4\pi^2 h)) - (r + h)$$

où  $p$  et  $h$  sont le pas et la profondeur des rainures hélicoïdales 20 et  $r$  le rayon d'une âme 21 du jonc 2 circonscrite par des fonds des rainures. De préférence, le rayon de la roue est de l'ordre d'un mètre ou plus.



FR 2 565 359 - A1

D

ROUE DE TIRAGE D'UN JONC A RAINURES HELICOIDALES  
POUR FIBRES OPTIQUES

La présente invention concerne une roue de tirage d'un jonc pourvu de rainures hélicoïdales contenant chacune au moins une fibre optique.

Une telle roue de tirage est disposée avant la sortie d'une  
5 ligne de câblage dans laquelle des fibres optiques sont logées automatiquement dans les rainures hélicoïdales du jonc. La roue de tirage est destinée à exercer une traction sur le jonc pendant l'introduction des fibres afin d'allonger le jonc. Une surlongueur des fibres par rapport aux rainures est ainsi obtenue lorsque le  
10 jonc en sortie de la ligne revient à son état initial non tendu, prêt à l'exploitation.

Les roues de tirage connues ont un petit rayon de l'ordre de 20 cm. L'expérience montre, ainsi que les calculs comme on le verra dans la suite, que ces petites roues de tirage atténuent, voire  
15 même suppriment la surlongueur recherchée des fibres, du fait que les fibres dans le jonc autour de la roue de tirage suivent un parcours plus petit que le tracé hélicoïdal du fond des rainures.

L'invention vise précisément à remédier à cet inconvénient et à fournir une roue de tirage ayant un rayon défini en fonction de  
20 caractéristiques dimensionnelles du jonc afin que la surlongueur des fibres recherchée demeure conservée en sortie de la roue de tirage.

A cette fin, une roue de tirage selon l'invention est caractérisée en ce qu'elle a un rayon  $R'$  tel que :

$$25 \quad R' > (p^2 / (4\pi^2 r)) - (r+h)$$

où  $p$  et  $h$  sont le pas et la profondeur des rainures hélicoïdales et  $r$  le rayon d'une âme du jonc circonscrite par des fonds des rainures. De préférence, le rayon  $R'$  de la roue de tirage est de l'ordre d'un mètre ou plus.

30 D'autres avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante en référence aux dessins annexés correspondants dans lesquels :

- 2 -

- la Fig. 1 est une vue longitudinale schématique d'une ligne de câblage de fibres optiques dans un jonc rainuré ;

- la Fig. 2 est une vue en perspective d'un tronçon du jonc à la périphérie de la roue de tirage ;

5 - les Figs. 3 et 4 montrent en perspective et en projections planes sur la roue une portion d'hélice suivie par le fond d'une rainure du jonc dans un repère cartésien à trois dimensions utilisé pour le calcul du rayon de la roue de tirage selon l'invention ;

10 - la Fig. 5 montre la variation du rayon de courbure de l'hélice en un point à proximité de la périphérie de la roue en fonction du rayon du cercle autour duquel tourne l'hélice ; et

- la Fig. 6 montre la variation de la position du centre de courbure dudit point périphérique en fonction du rayon de la roue  
15 de tirage.

En référence à la Fig. 1, une ligne de câblage à fibres optiques 1 comprend en amont un dérouleur 10, en forme de fût vertical, qui déroule un jonc cylindrique rainuré 2 en une matière thermoplastique obtenue par extrusion, enrobant le cas échéant une  
20 armature centrale telle qu'un fil d'acier ou plusieurs fils d'acier torsadés. Le jonc 2 comporte des rainures hélicoïdales parallèles 20 équiréparties à la périphérie du jonc et propres à recevoir chacune une fibre optique 3. Le nombre de rainures 20 est égal à 10 selon la réalisation illustrée à la Fig. 2. Les rainures suivent  
25 des tracés hélicoïdaux continus parallèles ayant un pas très grand par rapport au diamètre du jonc, typiquement dans un rapport de l'ordre de 30 à 60. Les rainures peuvent comprendre successivement des tronçons hélicoïdaux directs et des tronçons hélicoïdaux rétrogrades.

30 Le jonc 2 sortant du dérouleur 10 est déroulé entre des roues de tension 11 et passe sur une roue de freinage 12. Le jonc 2 est tiré linéairement et soumis à un effort de traction le long d'un axe horizontal X'X longitudinal à la ligne de câblage depuis la roue de freinage 12 jusqu'à une roue de tirage 17. Entre les roues  
35 12 et 17, le jonc 2 traverse successivement un dispositif de mesure de la tension du jonc 13, un dispositif d'asservissement 14 ayant

- 3 -

des dents engrenant dans des rainures du jonc pour asservir des vitesses de rotation d'organes tournants 15, 160 à la vitesse de translation du jonc et plus précisément au nombre de pas des rainures hélicoïdales du jonc par seconde, un support tournant 15  
5 muni de bobines débitrices de fibre 150, un dispositif de distribution de fibres optiques tournant 160 contenant des guide-fibre pour introduire les fibres 3 dans les rainures 20 du jonc respectivement, et une ou des rubaneuses 161 pour entourer le jonc contenant les fibres par une ou des gaines de protection 4 par  
10 exemple en terphane. Le jonc enrubanné est enroulé plusieurs fois autour de la roue de tirage 17 qui est sous la forme d'un grand disque tangent à l'axe X'X et tournant autour d'un axe de rotation transversal OZ. Puis le jonc 2 passe entre des roues de contre-tension 18 et est enroulé autour d'une bobine 190 dans un  
15 dispositif enrouleur 19 en sortie de la ligne de câblage 1.

Dans la ligne de câblage, le jonc 2 est soumis à une tension entre les roues de freinage 12 et la roue de tirage 17 pendant l'introduction des fibres 3 dans les rainures 20 du jonc. En sortie de la ligne de câblage, au niveau des roues de contre-tension 18,  
20 le jonc 2 est rétracté sensiblement à sa longueur initiale. Les fibres offrent ainsi une surlongueur par rapport à la longueur des rainures 20 et suivent ainsi un tracé sinueux dans les rainures. Les fibres ne sont pas ainsi exposées à des contraintes notamment de dilatation du câble en température ou de traction au cours  
25 d'opérations ultérieures telles que lovage, pose et exploitation du câble à fibres optiques soumettant celui-ci à des allongements par exemple.

Pour obtenir par friction une immobilisation de chaque fibre dans la rainure respective du jonc, il est nécessaire de prévoir  
30 une longueur de jonc d'environ 15 mètres en aval des guide-fibre, entre le dispositif de distribution 160 et le dispositif enrouleur 19, compte tenu des vibrations engendrées par les divers mécanismes de la ligne de câblage et de la tension appliquée aux fibres. Lorsque la fibre n'est pas encore immobilisée par frottement dans  
35 la rainure du jonc, elle est soumise à la tension de la bobine

débitrice respective 150. La fibre a donc tendance à se placer sur un chemin de longueur minimum.

A priori, comme montré à la Fig. 2, la fibre 3 dans le jonc 2 enroulé autour de la roue de tirage 17 suit une hélice curviligne 5 confondue avec le tracé du fond de la rainure 20. Toutefois, le centre de courbure de l'hélice curviligne en un point  $A_1$  à proximité immédiate de la périphérie 170 de la roue de tirage 17 varie en fonction du rayon de la roue de tirage, comme cela est démontré dans la suite par un calcul de rayon courbure au point 10  $A_1$ .

Selon la technique antérieure, le rayon de la roue de tirage est petit et inférieur à un rayon critique défini dans la suite, ce qui se traduit par un centre de courbure au point  $A_1$  situé entre le centre 0 de la roue 17 et le point  $A_1$ . La fibre est alors 15 plaquée tantôt sur la périphérie de la roue de tirage tantôt sur une âme 21 du jonc 2 circonscrite par les fonds des rainures 20. La longueur de l'hélice décrite par la fibre est ainsi inférieure à la longueur de l'hélice enroulée autour de l'âme du jonc seul, c'est-à-dire décrite par le fond de la rainure. Ainsi selon la 20 technique antérieure, la fibre peut être moins longue que la rainure, ce qui provoque une tension indésirable de la fibre, qui, le cas échéant, provoque la rupture de la fibre, lorsque le jonc revient à sa longueur initiale en sortie de la ligne. Ce phénomène est contraire au but recherché, savoir une surlongueur de fibre par 25 rapport à la rainure.

Le rayon de courbure en un point quelconque M d'une hélice curviligne C décrite par le fond d'une rainure 20 du jonc 2 enroulé autour de la roue de tirage 17 est calculé ci-après en référence aux Figs. 3 et 4. L'hélice C est axée sur la circonférence d'un 30 cercle de rayon R dans un plan vertical XOY d'un repère cartésien XYZ. Un axe d'ordonnée OY du repère passe par le point  $A_1$  de l'hélice C situé sur un petit cercle de rayon (R-r). Un axe de côte OZ du repère est confondu avec l'axe de rotation de la roue 17. L'hélice C tourne autour d'un tore défini par l'axe OZ et un rayon 35  $R = \overline{OB}$  égal à la somme du rayon de la roue 17 et du rayon (r + h) du jonc Z. Une section diamétrale S du tore contenant le

- 5 -

point M a un rayon r égal à celui de l'âme 2l du jonc et un centre B sur le cercle de rayon R. Le point M peut être repéré par les coordonnées sphériques suivantes :

- $\overline{OM}$  = distance du centre O au point M ;  
 5  $\theta$  = angle entre  $\overrightarrow{OY}$  et  $\overrightarrow{OB}$  variant de 0 à  $2\pi$  pour un tour complet du point M autour de la roue de tirage ;  
 $\alpha$  = angle entre  $\overrightarrow{BO}$  et  $\overrightarrow{BM}$  variant entre 0 et  $2\pi$  pour un parcours du point M égal au pas p de l'hélice C.

A partir de la relation vectorielle :

10 
$$\overrightarrow{OM} = \overrightarrow{OB} + \overrightarrow{BM}$$

sont déduites les coordonnées du point M dans le repère cartésien XYZ :

$$\begin{aligned} X &= R \sin \theta - r \cos \alpha \sin \theta \\ Y &= R \cos \theta - r \cos \theta \cos \alpha \\ Z &= r \sin \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

15

Si k désigne un nombre généralement fractionnaire de pas pour un tour de l'hélice C autour de la roue de tirage 17, les angles  $\alpha$  et  $\theta$  sont liés par la relation :

$$\alpha = k \cdot \theta \quad \text{avec} \quad k = \frac{2\pi R}{p}$$

20 En remplaçant  $\alpha$  dans les relations (1), on obtient :

$$\begin{aligned} X &= R \sin \theta - r \cos k\theta \sin \theta \\ Y &= R \cos \theta - r \cos \theta \cos k\theta \\ Z &= r \sin k\theta \end{aligned} \quad (2)$$

A partir de l'une des relations fondamentales de Frenet-Serret

25 
$$d\vec{T} / ds = \vec{N} / \rho$$

où  $d\vec{T}/ds$  désigne le taux d'accroissement d'un vecteur unitaire  $\vec{T}$  tangent en un point quelconque M d'une courbe curviligne par rapport à une abscisse curviligne s enserrée à partir de ce point,  $\vec{N}$  un vecteur unitaire normal à la courbe et  $\rho$  un rayon de courbure de la courbe, la courbure  $1/\rho$  de la courbe peut être exprimée par la formule suivante :

30

$$\frac{1}{\rho} = \frac{((X''^2 + Y''^2 + Z''^2)(X'^2 + Y'^2 + Z'^2) - (X'X'' + Y'Y'' + Z'Z'')^2)^{1/2}}{(X'^2 + Y'^2 + Z'^2)^{3/2}}$$

- 6 -

en fonction des dérivées premières  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  et secondes  $X''$ ,  $Y''$ ,  $Z''$  du point M par rapport à l'angle  $\theta$ . Ces dernières sont déduites des relations (2) :

$$X' = \frac{dX}{d\theta} = -R \cos \theta + rk \sin k\theta \sin \theta - r \cos k\theta \cos \theta$$

$$5 \quad Y' = \frac{dY}{d\theta} = -R \sin \theta + r \sin \theta \cos k\theta + rk \cos \theta \sin k\theta$$

$$Z' = \frac{dZ}{d\theta} = rk \cos k\theta$$

$$X'' = \frac{d^2X}{d\theta^2} = -R \sin \theta + rk (k \cos k\theta \sin \theta + \sin k\theta \cos \theta) + r (k \sin k\theta \cos \theta + \sin \theta \cos k\theta)$$

$$10 \quad Y'' = \frac{d^2Y}{d\theta^2} = -R \cos \theta + r (\cos \theta \cos k\theta - k \sin k\theta \sin \theta) - rk (\sin \theta \sin k\theta - k \cos \theta \cos k\theta)$$

$$Z'' = \frac{d^2Z}{d\theta^2} = -rk^2 \sin k\theta$$

Pour des points  $A_1$ ,  $A_2$ , ... situés sur des cercles de rayon  $(R-r)$  et en vis-à-vis de la périphérie 170 de la roue de tirage, et donc définis pour  $\alpha = 2\pi N$  et  $\theta = (Np)/R$ , où  $N$  est un  
15 entier supérieur ou égal à zéro, les variables précédentes sont égales à :

$$X' = (R-r) \cos \theta \quad X'' = (-R+tr (1+k^2)) \sin \theta$$

$$Y' = (-R+tr) \sin \theta \quad Y'' = (-R+tr (1+k^2)) \cos \theta$$

$$Z' = rk \quad Z'' = 0$$

20 La courbure de l'hélice C aux points  $A_1$ ,  $A_2$  est alors :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{r(1+k^2) - R}{(R-r)^2 + k^2 r^2}$$

- 7 -

En remplaçant  $k$  par  $(2\pi R/p)$  et en posant  $b = 4\pi^2 p^2$ , le rayon de courbure correspondant est donné par l'équation suivante en fonction du rayon  $R$  et donc en fonction du rayon de la roue de tirage :

$$\rho = \frac{R^2 (1+br^2) - 2rR + r^2}{R^2 \cdot br - R + r}$$

Le rayon de courbure  $\rho$  tend vers l'infini pour des valeurs :

$$R = \frac{1 \pm \sqrt{1-4br^2}}{2br}$$

En pratique, le terme  $4br^2$  est très inférieur à l'unité, si bien que le rayon de courbure  $\rho$  tend vers l'infini pour un rayon critique :

$$R_0 = p^2/(4\pi^2 r)$$

comme montré à la Fig. 5. Lorsque le rayon  $R$  tend vers l'infini, on retrouve le rayon de courbure d'une hélice circulaire égale à  $p^2/(4\pi^2 r) + r = R_0 + r$ .

La Fig. 6 montre la variation de la position du centre de courbure de l'hélice au point  $A_1$  sur l'axe  $OY$  en fonction du rayon  $R'$  de la roue de tirage 17 tel que  $R' = R - (r+h)$ .  $h$  désigne la profondeur des rainures 20 et  $(r+h)$  le rayon du jonc 2. Lorsque  $R' < R_0 - (r+h)$ , le centre de courbure est situé sur la demi-droite orientée  $\overrightarrow{A_1 O}$  du côté du centre 0 de la roue et les fibres 3 dans les rainures 20 viennent s'appliquer contre la périphérie de la roue de tirage, ce qui correspond à une roue de tirage selon la technique antérieure. Lorsque  $R' > R_0 - (r+h)$ , ce qui correspond à une roue de tirage selon l'invention, le centre de courbure est au-delà du point  $A_1$ , sur une demi-droite orientée  $\overrightarrow{C Y}$  ayant pour origine un point  $C$  distant de  $R_0 - h$  par rapport au point  $A_1$ . Selon l'invention, les fibres 3 sont plaquées contre les fonds des rainures 20 et donc présenteront une surlongueur par rapport aux rainures après la cessation de la tension exercée sur le jonc en sortie de la chaîne de câblage.



A titre d'exemple, si le pas maximum du jonc 2 est égal à 200 mm, le rayon minimum de l'âme 21 du jonc est égal à 1,1 mm et la profondeur maximale des rainures 20 est égale à 0,9 mm, le rayon de la roue de tirage R' doit être tel que :

$$5 \quad R' > R'_0 = \left( \frac{200^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 1,1} \right) - (1,1 + 0,9) \text{ mm}$$

soit  $R' > 919$  mm.

En pratique, le rayon d'une roue de tirage selon l'invention est de l'ordre d'un mètre.

RE V E N D I C A T I O N S

1 - Roue de tirage (17) d'un jonc (2) pourvu de rainures hélicoïdales (20) contenant chacune au moins une fibre optique (3), caractérisée en ce qu'elle a un rayon  $R'$  tel que :

$$R' > (p^2 / (4\pi^2 r)) - (r+h)$$

5 où  $p$  et  $h$  sont le pas et la profondeur des rainures hélicoïdales (20) et  $r$  le rayon d'une âme (21) du jonc (2) circonscrite par des fonds des rainures.

2 - Roue de tirage conforme à la revendication 1, caractérisée en ce que le rayon  $R'$  de la roue (17) est de l'ordre d'un mètre ou  
10 plus.

3 - Roue de tirage conforme à la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'elle est disposée en sortie d'une zone (12 à 17) où le jonc (2) est sous tension dans une ligne de câblage (10 à 19) à fibres optiques.

FIG.1

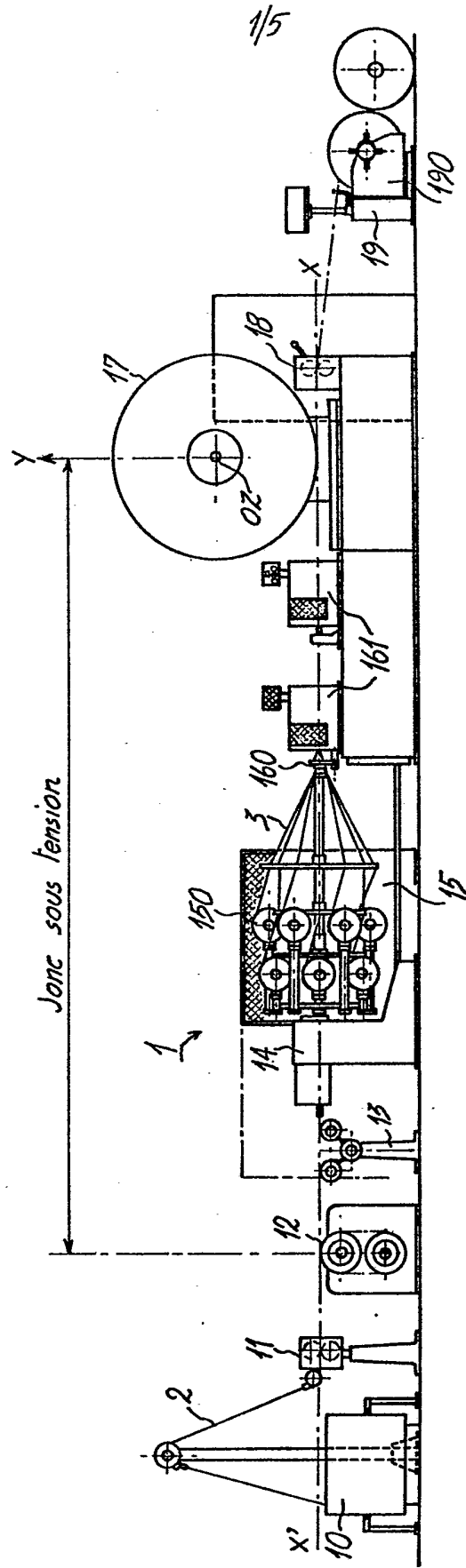
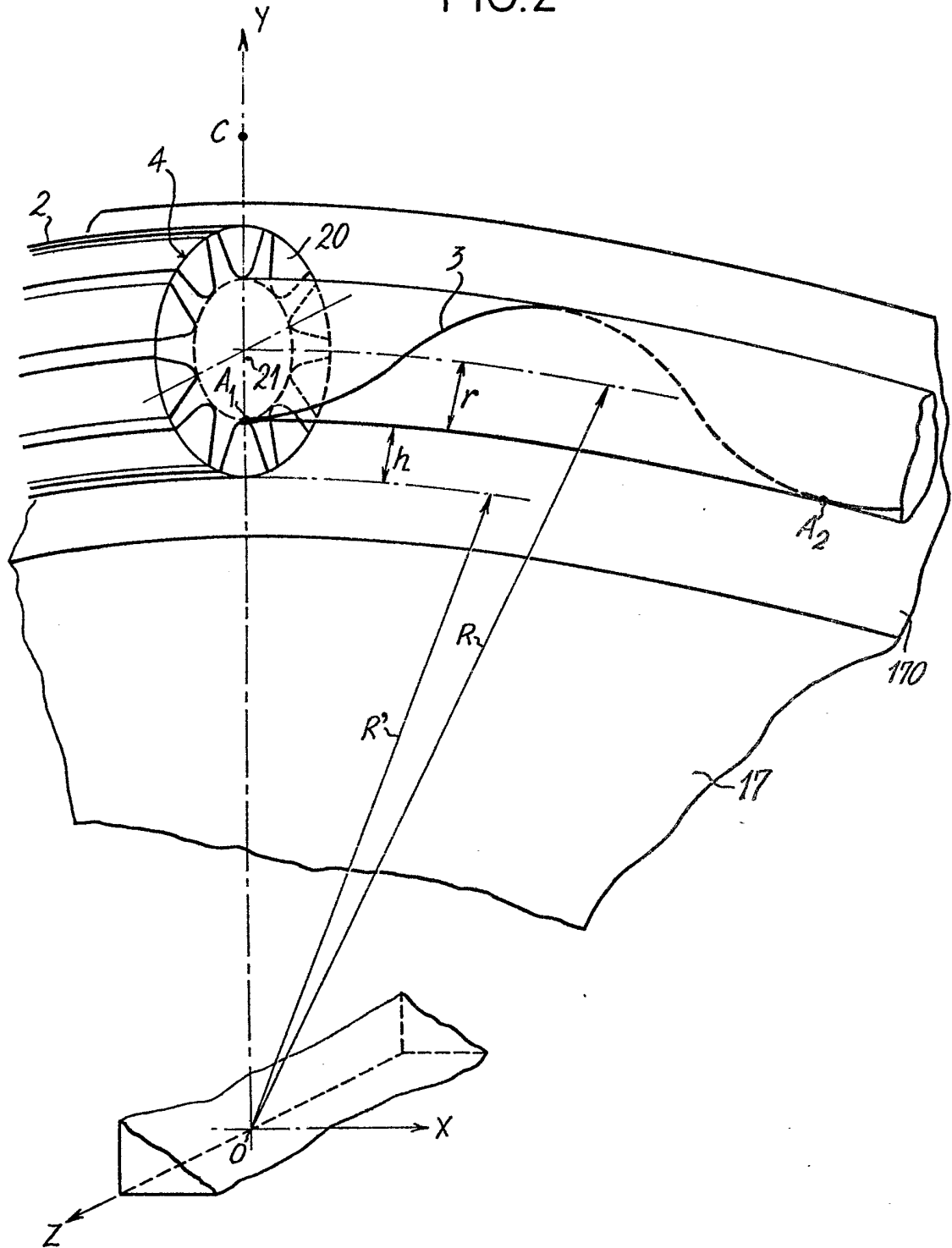
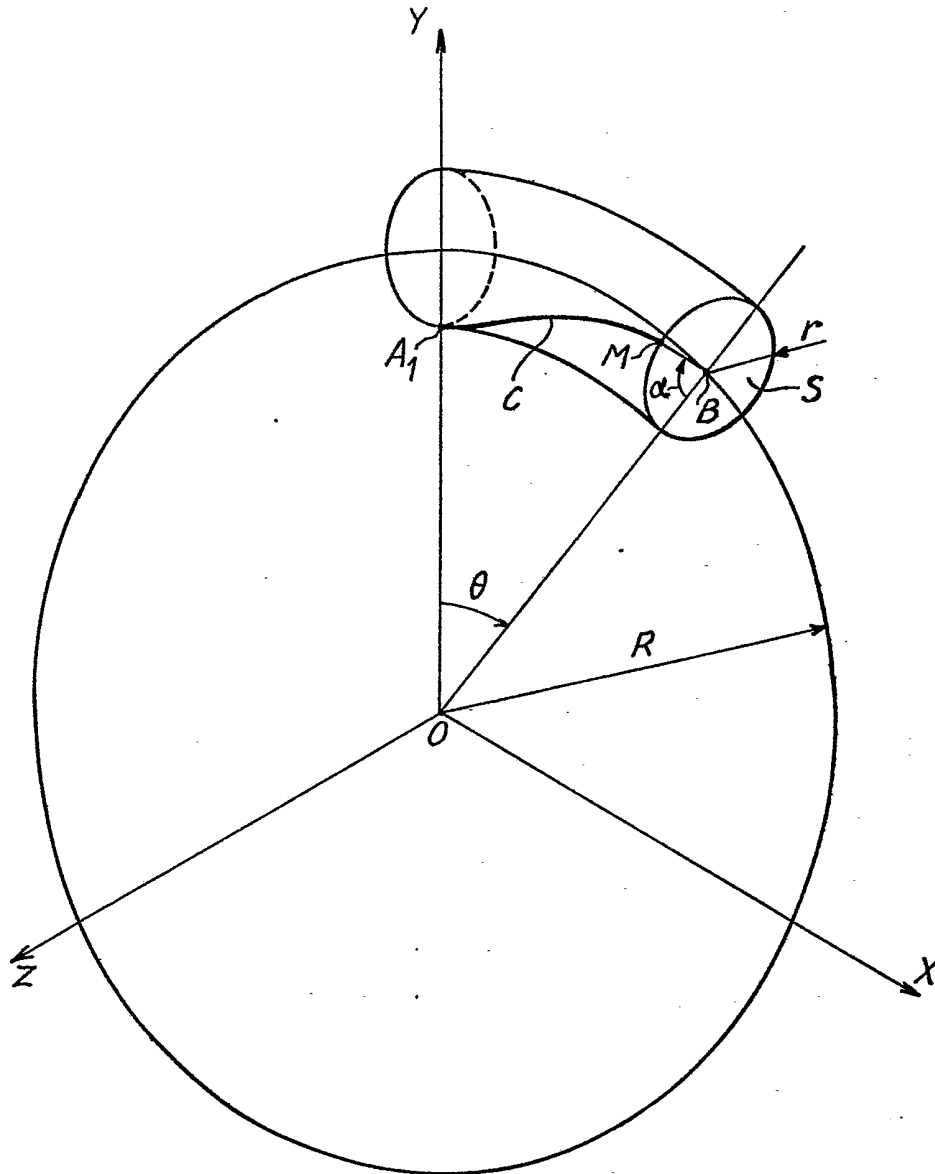


FIG.2



3/5

FIG. 3



4/5

FIG. 4

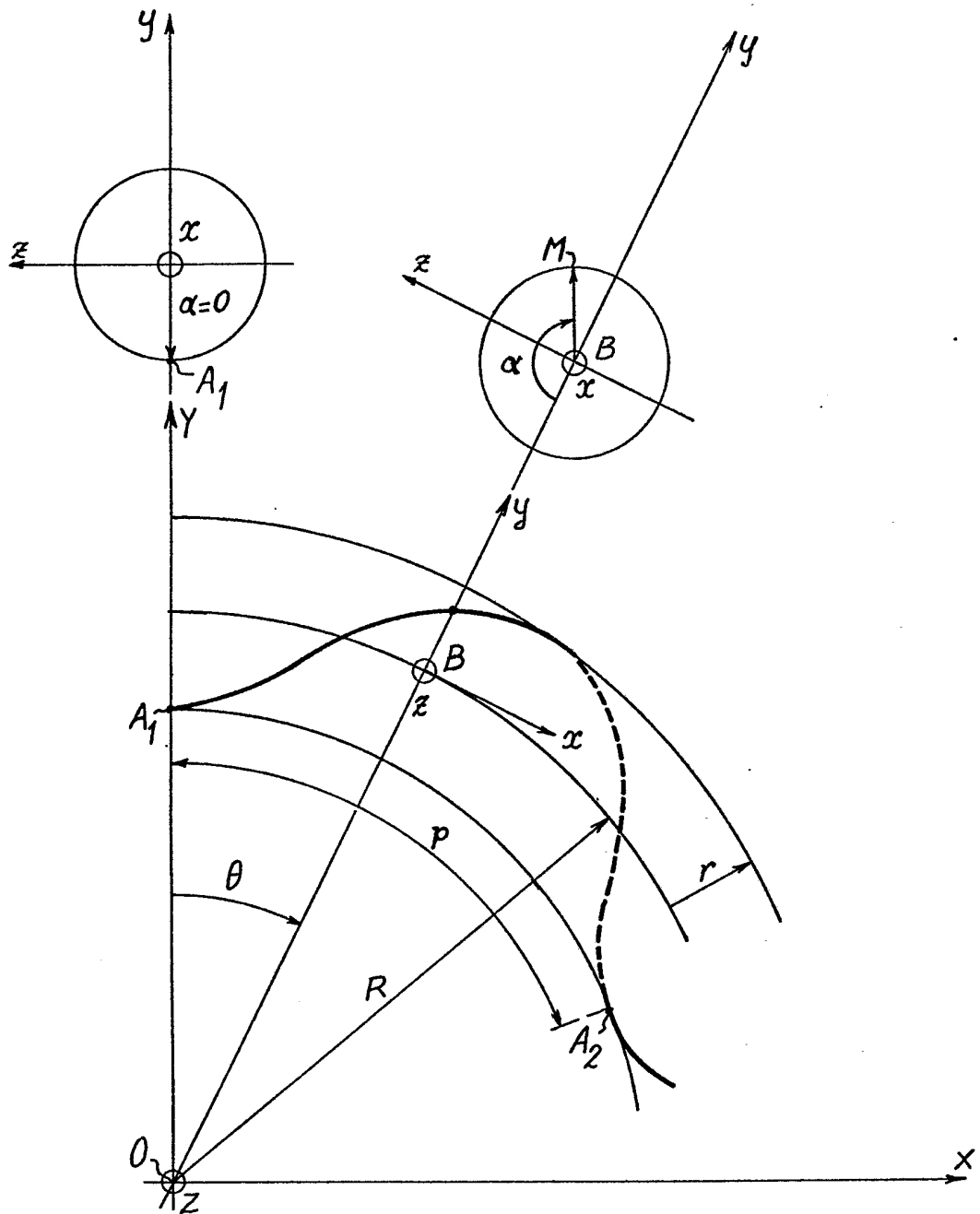


FIG. 5

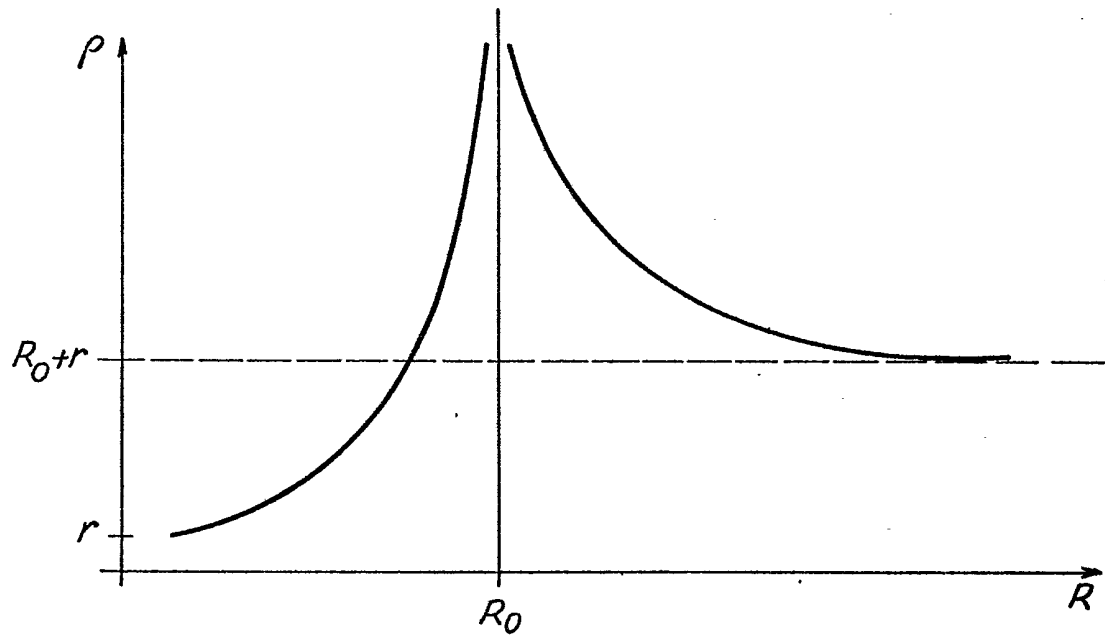


FIG. 6

