

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

2 469 575

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 27931

(54) Turbine multiétagée de turboforeuse.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). **F 03 B 3/04; E 21 B 4/02.**

(22) Date de dépôt..... 13 novembre 1979.

(32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 21 du 22-5-1981.

(71) Déposant : VSESUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT BUROVOI TEKHNIKI, résidant en URSS.

(72) Invention de : S. J. Brudny-Chelyadinov, V. S. Budyansky, V. K. Sorokoumov et V. A. Filimonov.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Z. Weinstein,
20, av. de Friedland, 75008 Paris.

La présente invention concerne le forage de puits ou analogues et a notamment pour objet une turbine multiétagée dans laquelle on utilise la boue de forage en tant que liquide moteur.

5 Il est plus avantageux d'appliquer l'invention aux turboforeuses utilisées notamment pour le forage de puits profonds à l'aide d'outils à diamant, d'outils à molettes, etc.

10 L'invention proposée peut aussi trouver son application dans les turbines hydrauliques qu'on utilise dans les domaines de la technique nécessitant l'obtention d'un couple moteur élevé sans augmenter l'encombrement de la turbine.

15 La turbine multiétagée d'une turboforeuse est une turbine hydraulique pour le fonctionnement de laquelle il est possible d'utiliser l'eau, la boue de forage, les fluides de forage à base d'huile, la boue émulsionnée à l'air. Cette turbine est constituée par une alternance de statos et de rotors de manière que dans chaque paire 20 le rotor soit toujours voisin d'un stator et vice-versa. Un stator et un rotor disposés successivement constituent un étage de la turbine.

Dans chaque étage, le stator et le rotor sont pourvus de couronnes et de bagues d'écartement.

25 La présence de jeux axiaux et radiaux permet au rotor de tourner par rapport au stator.

30 Les jeux axiaux sont formés entre les couronnes du rotor et du stator, alors que les jeux radiaux sont formés entre la couronne du stator et la bague d'écartement du rotor, ainsi qu'entre la couronne du rotor et la bague d'écartement du stator.

35 Dans les couronnes du stator et du rotor, il y a des canaux de passage et des moyeux portant des aubages correspondants constitués par des ensembles d'aubes disposées régulièrement dans le canal de passage.

Dans la turbine multiétagée de la turboforeuse, deux couronnes disposées successivement forment une paire

de couronnes. Cette paire peut être constituée par les couronnes successives d'un stator et d'un rotor ou d'un rotor et d'un stator.

5 A l'heure actuelle, il existe des turbines de turboforeuse dans lesquelles les canaux de passage du stator et du rotor sont réalisés selon des conceptions différentes. Il convient de noter que dans ces turbines, de même que dans d'autres types connus de turbines de turboforeuse il faut respecter obligatoirement le principe 10 de l'égalité des dimensions diamétrales des canaux de passage à la sortie de chaque couronne précédente (suivant le sens d'écoulement du fluide) et à l'entrée dans la couronne suivante.

15 En pratique, on utilise sur une large échelle les turbines de turboforeuse dans lesquelles les dimensions des diamètres des canaux des stators et des rotors sont constantes depuis leur entrée jusqu'à leur sortie; autrement dit, leurs aubages sont délimités par des 20 surfaces cylindriques circulaires. Ces turbines de turboforeuse, calculées pour les valeurs requises de vitesse de rotation, de débit de liquide et de dimension diamétrale, sont caractérisées par un couple moteur relativement faible par étage. En conséquence, pour assurer le couple moteur nécessaire sur l'arbre, on doit 25 faire appel à des turboforeuses à plusieurs sections dans lesquelles le nombre d'étages de la turbine dépasse 400 à 500. En plus de leur coût élevé, ces turboforeuses multiétages ne sont pas commodes à exploiter, car leur réglage, leur assemblage, leur transport, etc., sont 30 difficiles. En outre, les paramètres énergétiques de ces turbines de turboforeuse connues diminuent considérablement avec leur usure. Pour cette raison, les turbines de turboforeuse en question fonctionnent pendant un temps prolongé avec une efficacité réduite.

35 On s'est donc proposé de mettre au point une turbine dans laquelle le couple moteur serait accru grâce à une configuration appropriée des canaux de passage du

stator et du rotor.

Ce problème est résolu en ce que dans la turbine multiétageée de turboforeuse, du type dans lequel chaque étage comporte un stator et un rotor disposés coaxialement et dont chacun est pourvu d'une bague d'écartement et d'une couronne avec un canal de passage pour le fluide et un moyeu portant un aubage et disposé dans ledit canal de passage, et dans lequel des jeux radiaux correspondants sont formés entre la couronne du stator et la bague d'écartement du rotor, ainsi qu'entre la couronne du rotor et la bague d'écartement, suivant l'invention les moyeux d'au moins un certain nombre de couronnes sont réalisés de manière à former des paires de couronnes voisines dans lesquelles au moins chaque couronne précédente (suivant le sens d'écoulement du fluide) recouvre partiellement par son moyeu le canal de passage de la couronne suivante du côté de son jeu radial.

Le recouvrement partiel du canal de passage de la couronne du côté de son jeu radial par le moyeu de la couronne précédente permet de diriger tout le courant débouchant de celle-ci vers l'aubage de la couronne suivante.

Du fait que le canal de passage est masqué partiellement, le courant de travail qui y arrive se trouve séparé du jeu radial par une zone annulaire dont le franchissement exige une pression considérable. En fonction de la valeur de la résistance hydraulique de l'aubage, les fuites de liquide moteur par les jeux radiaux diminuent sensiblement ou disparaissent totalement. La réduction des fuites est un facteur essentiel de l'accroissement du couple moteur et du rendement de la turbine.

Il est plus avantageux de réaliser les couronnes des stators et des rotors suivant toute la longueur de la turbine de façon que les moyeux des couronnes précédentes (suivant le sens d'écoulement du fluide moteur)

recouvrent partiellement les canaux de passage des couronnes suivantes du côté de leurs jeux radiaux. Dans ce cas, on obtient un effet maximal en ce qui concerne l'accroissement du couple moteur.

5 Il est avantageux d'utiliser, dans la turbine multiétagée de turboforeuse, des aubages comportant des aubes dont la ligne moyenne du profil possède un angle de courbure non inférieur à l'angle aigu formé par la tangente à cette ligne à la sortie de l'aubage et par 10 l'axe du courant de fluide. L'aubage muni desdites aubes est caractérisé par une résistance hydraulique minimale aux régimes voisins du régime de freinage, ce qui permet de réduire au maximum les fuites à ces régimes, pour 15 lesquels le couple moteur détermine le couple moteur de service compte tenu de la réserve nécessaire à la stabilité de fonctionnement de la turboforeuse.

Il est désirable de réaliser les canaux de passage de la turbine de turboforeuse de manière que l'aire de section transversale à la sortie du canal de 20 passage de la couronne précédente (suivant le sens d'écoulement du fluide) soit inférieure à l'aire de section transversale du canal de passage à l'entrée de la couronne suivante, et que le rapport entre ces aires pour chaque paire de couronnes voisines soit identique 25 et se trouve sensiblement dans les limites de 0,9 à 0,5. Les essais expérimentaux ont fait apparaître que lorsque le rapport entre les aires de section transversale des canaux de passage à la sortie de la couronne précédente et à l'entrée de la couronne suivante se trouve dans les 30 limites mentionnées, des conditions favorables se créent pour l'entrée du liquide moteur sans obstacle dans l'aubage et que la formation de tourbillons dans celui-ci diminue considérablement. En même temps, cela permet d'augmenter le rayon moyen à la sortie du canal de 35 passage du rotor, ce qui constitue encore un facteur d'accroissement du couple moteur.

En outre, il est avantageux que les génératrices

des surfaces des moyeux formant le canal de passage correspondant d'au moins la couronne précédente d'une paire de couronnes adjacentes, se présentent sous forme de deux arcs conjugués de concavité mutuellement opposée 5 de manière que la concavité du premier arc (suivant le sens d'écoulement du fluide) soit orientée vers l'axe du courant, que l'autre arc soit orienté vers cet axe par sa convexité, et que leur corde commune, considérée depuis l'entrée vers la sortie du canal de passage, soit 10 inclinée vers l'axe du courant.

La réalisation des canaux de passage avec la configuration décrite des génératrices des surfaces des moyeux assure dans la turbine une diminution des pertes hydrauliques dues au tourbillonnement.

15 L'invention sera mieux comprise et d'autres buts, détails et avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lumière de la description explicative qui va suivre de différents modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, avec références aux dessins 20 non limitatifs annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente une vue d'ensemble d'une turboforeuse comportant une turbine multiétagée conforme à l'invention;

25 - la figure 2 est une vue en perspective d'un étage de la turbine conforme à l'invention;

- la figure 3 est une vue à plus grande échelle de la partie encerclée B de la turboforeuse de la figure 1 englobant deux étages de la turbine;

30 - la figure 4 est une vue en coupe, suivant IV-IV de la figure 3, de l'aubage de la turbine (vue développée conventionnellement dans un plan);

35 - la figure 5 illustre une variante de réalisation de la turbine conforme à l'invention, pourvue de jantes encerclant les aubages du stator et du rotor et dans laquelle les couronnes et les bagues d'écartement dans le stator et dans le rotor sont exécutées séparément;

- la figure 6 illustre encore une variante de la

turbine conforme à l'invention, selon laquelle les couronnes sont exécutées sans jantes et d'une seule pièce avec les bagues d'écartement du stator et du rotor.

5 A l'arbre 1 (figure 1) de la turbine multiétageée de la turboforeuse, faisant office d'organe d'entraînement de celle-ci, est accouplé un outil de forage (non représenté sur la figure). Une tige de forage (non représentée) est fixée au corps 2 de la turboforeuse. L'arbre 1 est centré dans le corps 2 à l'aide de paliers d'appui 3 ce 10 qui assure la rotation coaxiale de l'arbre 1 par rapport à son axe 0.

Chaque étage de la turbine de la turboforeuse est constitué par un stator 4 et un rotor 5 (figures 1,2).

15 Dans la turboforeuse, l'ensemble des stators 4 (figure 1) est fixé rigidement dans le corps 2, et l'ensemble des rotors 5, sur l'arbre 1.

20 Le stator 4 (figure 3) et le rotor 5 de chaque étage comportent des couronnes correspondantes 6 et 7 ainsi que des bagues d'écartement correspondantes 8 et 9 à l'aide desquelles est formé, entre les couronnes homonymes, un espace dans lequel est placée la couronne voisine avec des jeux axiaux correspondants 10 et 11.

25 Dans les couronnes 6 du stator 4 et les couronnes 7 du rotor 5 il y a des canaux de passage respectifs 12, 13, ainsi que des moyeux 14, 15 portant les aubages 16,17 (figures 3,4) disposés dans leurs canaux de passage 12,13.

30 La droite S parallèle à l'axe de rotation 0 et passant à l'intérieur des canaux de passage 12, 13 peut être appelée axe du courant. Elle montre le sens du courant de fluide.

Deux couronnes mutuellement voisines disposées suivant l'axe S (figure 3) du courant constituent une paire de couronnes, dont l'une est la couronne 6 du stator 4, et l'autre, la couronne 7 du rotor 5.

35 Dans le sens d'écoulement du fluide, les couronnes peuvent, dans chaque paire, être disposées de deux manières, à savoir : une couronne 6 de stator et une couronne 7

de rotor , ou bien une couronne 7 de rotor et une couronne 6 de stator.

La couronne 6 du stator 4 et la bague d'écartement 9 du rotor 5, ainsi que la couronne 7 du rotor 5 et la bague d'écartement 8 du stator 4, forment entre elles des jeux radiaux 18,19 correspondants. On choisit pour les jeux radiaux 18, 19 une valeur qui soit minimale tout en permettant d'effectuer le montage de la turbine multi-étagée dans la turboforeuse et en tenant compte de l'usure radiale des paliers 3 (figure 1).

Les aubages 16, 17 du stator 4 et du rotor 5 (figure 4) sont constitués par des ensembles d'aubes 20, 21 réparties d'une manière régulière dans les canaux de passage 12, 13 (figure 3). Par rapport au sens d'écoulement du fluide (axe S du courant), les cordes 22 des aubes 20 (figure 4) de stator et des aubes 21 de rotor sont inclinées dans des sens mutuellement opposés.

Le profil de toute aube est habituellement caractérisé, dans la technique considérée, par la ligne médiane 23 du profil (ou ligne du squelette), par les tangentes 24 et 25 à la ligne moyenne 23 du profil à la sortie et à l'entrée de l'aubage, par l'angle de courbure α de la ligne moyenne 23 et par l'angle β entre la tangente 24 et l'axe S du courant.

La réalisation des canaux de passage 12, 13 (figure 5) dépend de la forme des génératrices 26, 27 des surfaces des moyeux 14, 15 formant les canaux de passage 12, 13, et de l'inclinaison de leurs cordes 28, 29 par rapport à l'axe S du courant.

On peut donner aux génératrices 26, 27 différentes configurations. Par exemple, elles peuvent se présenter sous forme de lignes droites inclinées (figure 6) ou sous forme de deux arcs contigus dont les concavités respectives sont mutuellement contraires.

Les stators 4 et les rotors 5 peuvent être exécutés monolithes (figures 2,6). Dans ce cas, leurs couronnes 6, 7 sont exécutées d'une seule pièce avec les

bagues d'écartement 8,9. Mais les couronnes 6, 7 et les bagues d'écartement 8, 9 dans les stators 4 et les rotors 5 peuvent aussi être constituées par des pièces distinctes (figures 3,5).

5 Quelle que soit la conception des stators 4 et des rotors 5 conformes à l'invention, les moyeux 14 et/ou 15 d'au moins un certain nombre de couronnes 6 et/ou 7 peuvent être réalisées de manière à former des paires de couronnes 6 et 7 voisines dans lesquelles au moins la 10 couronne précédente (suivant le sens d'écoulement du fluide) 6 ou 7 recouvre partiellement par son moyeu 14 ou 15 le canal de passage 12 ou 13 de la couronne 7 ou 6 suivante, du côté de son jeu radial 19 ou 18.

15 Sur les figures 3, 5, 6 on a désigné le recouvrement partiel des canaux de passage par la cote " δ ". Ce recouvrement partiel δ permet d'orienter le courant de liquide moteur, sans pertes (fuites) d'une partie du liquide à travers les jeux radiaux 18 et 19, directement dans les canaux 12 et 13 suivants, (suivant le sens 20 d'écoulement du fluide) où l'énergie hydraulique est transformée dans les aubages 16 et 17 en énergie mécanique de rotation. La suppression des fuites en question est un facteur essentiel permettant d'élever le couple moteur et le rendement de la turbine.

25 Du fait du recouvrement partiel des canaux de passage 12 et/ou 13, le courant de fluide moteur arrivant dans ces canaux se trouve séparé des jeux radiaux 18 et/ou 19 correspondants par une zone annulaire d'une largeur égale approximativement à δ . Le franchissement 30 de cette zone exige une pression considérable. L'accroissement maximal du couple moteur est obtenu quand le recouvrement partiel δ des canaux de passage 12 et 13 par les moyeux 14 et 15 est prévu suivant toute la longueur de la turbine.

35 Il est avantageux de réaliser l'aubage 17 ou 16 (figures 3,4,5) d'au moins la couronne 7 ou 6 suivante (suivant le sens d'écoulement du fluide) de la paire de

couronnes 6 et 7 ou 7 et 6 voisines de manière que les aubes 21 ou 20 de ces aubages possèdent une ligne moyenne de profil 23 dont l'angle de courbure α n'est pas inférieur à l'angle aigu β formé par la tangente 24 à 5 la ligne moyenne 23 à la sortie de l'aubage 17 ou 16 et l'axe S du courant de fluide.

Les aubages 17 et (ou) 16 comportant lesdites aubes 21 et (ou) 20 présentent une résistance hydraulique minimale aux régimes voisins du régime de freinage, ce 10 qui permet de réduire au maximum les fuites aux jeux radiaux 19 et (ou) 18 à ces régimes, pour lesquels le couple moteur détermine le couple moteur de travail compte tenu de la création d'une réserve de couple moteur nécessaire pour un fonctionnement stable de la turbo- 15 foreuse.

Il est désirable de réaliser les canaux de passage 12 et 13 (figures 5 et 6) de façon que le rapport entre les aires de leurs sections transversales à la sortie de la couronne 6 ou 7 précédente (suivant le sens 20 d'écoulement du fluide) et à l'entrée de la couronne 7 ou 6 suivante de chaque paire de couronnes 6 et 7 ou 7 et 6 voisines soit identique et se trouve sensiblement dans les limites de 0,9 à 0,5.

Les essais expérimentaux ont fait apparaître 25 qu'un tel rapport entre les aires de section transversale des canaux de passage 12 et 13 à la sortie de la couronne 6 ou 7 précédente et à l'entrée de la couronne 7 ou 6 suivante assure des conditions favorables à l'entrée sans obstacle du liquide moteur dans les aubages 17 et 16 30 et son écoulement sans décollement à travers ceux-ci.

En même temps, cela permet d'augmenter le rayon moyen à la sortie du canal de passage 13 des rotors 5 et d'augmenter par conséquent le couple moteur.

En outre, il est avantageux de réaliser les 35 génératrices 26, 27 des surfaces des moyeux 14, 15 formant les canaux de passage 12, 13 correspondants sous forme de deux arcs contigus dont les concavités respectives

sont mutuellement contraires, et de manière que le premier arc (suivant le sens d'écoulement du fluide) soit orienté par sa concavité vers l'axe S du courant et que l'autre arc soit orienté vers cet axe par sa convexité, et que 5 leurs cordes communes 28, 29, considérées à partir de l'entrée vers la sortie du canal de passage, soient inclinées vers l'axe du courant.

Les canaux de passage 12, 13 dans lesquels les génératrices 26, 27 sont ainsi disposées permettent de 10 réduire les pertes hydrauliques résultant de la formation du tourbillon.

La turbine multiétagée de turboforeuse, réalisée conformément à l'invention fonctionne comme suit.

Les pompes de forage disposées en surface 15 refoulent la boue le long des tiges de forage (non représentées) vers la turboforeuse (figure 1). Celle-ci, en arrivant dans le premier stator 4 (suivant le sens d'écoulement du fluide) subit une déviation tangentielle dans son aubage 16. En même temps, le liquide moteur 20 coopère avec la surface du moyeu 14 (figure 5), de sorte que le courant de liquide débouchant du canal de passage 12 subit, grâce au recouvrement partiel δ du canal 13 par le moyeu 14, une déviation prédéterminée par rapport au jeu radial 19.

Le courant de liquide moteur débouchant du canal 25 de passage 12 du stator 4 s'élargit quelque peu dans le jeu axial 10 par suite de l'augmentation de la section effective du courant. Toutefois, la valeur du recouvrement δ est calculée de façon que le courant de liquide moteur, aux régimes prescrits de fonctionnement de la turbine, s'inscrit pratiquement totalement dans l'entrée 30 du canal de passage 13 de la couronne 7 du rotor 5, où il accomplit un certain travail en passant le long de l'aubage 17. A cet endroit, sous l'action du moyeu 15, 35 le liquide subit un déplacement radial qui l'éloigne du jeu radial 18 vers la zone de plus grand rayon, ce qui contribue à l'accroissement du couple moteur.

Bien que le courant de liquide moteur s'élargisse quelque peu dans le jeu axial 11, il arrive pratiquement intégralement dans le canal de passage 12 de la couronne 6 suivante (suivant le sens d'écoulement du fluide) du 5 stator 4.

Le processus décrit recommence dans ce stator 4, dans le rotor 5 en aval de celui-ci, et ensuite dans les étages suivants de la turbine.

10 Comme il ressort de la description du fonctionnement de la turbine multiétagée de turboforeuse, réalisée conformément à l'invention, le recouvrement partiel du canal de passage de chaque couronne suivante du côté de son jeu radial, par le moyeu de la couronne précédente (dans le sens d'écoulement du fluide) permet 15 de supprimer les fuites du liquide moteur dans les jeux radiaux aux régimes prescrits de fonctionnement de la turboforeuse, et d'augmenter ainsi le couple moteur et la durée de fonctionnement efficace de la turboforeuse.

20 Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier, elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises 25 en oeuvre dans le cadre des revendications qui suivent.

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

1.- Turbine multiétagée de turboforeuse, du type dont chaque étage comporte un stator et un rotor disposés coaxialement et chacun desquels comprend une bague 5 d'écartement et une couronne avec un canal pour le passage d'un fluide et avec un moyeu portant un aubage disposé dans ledit canal de passage, de façon que les jeux radiaux correspondants soient formés entre la couronne du stator et la bague d'écartement du rotor, ainsi qu'entre 10 la couronne du rotor et la bague d'écartement, caractérisée en ce que les moyeux d'au moins un certain nombre de couronnes sont réalisés de manière à former des paires de couronnes voisines dans lesquelles au moins la 15 couronne précédente (suivant le sens d'écoulement du fluide) recouvre partiellement par son moyeu le canal de passage de la couronne suivante du côté de son jeu radial.

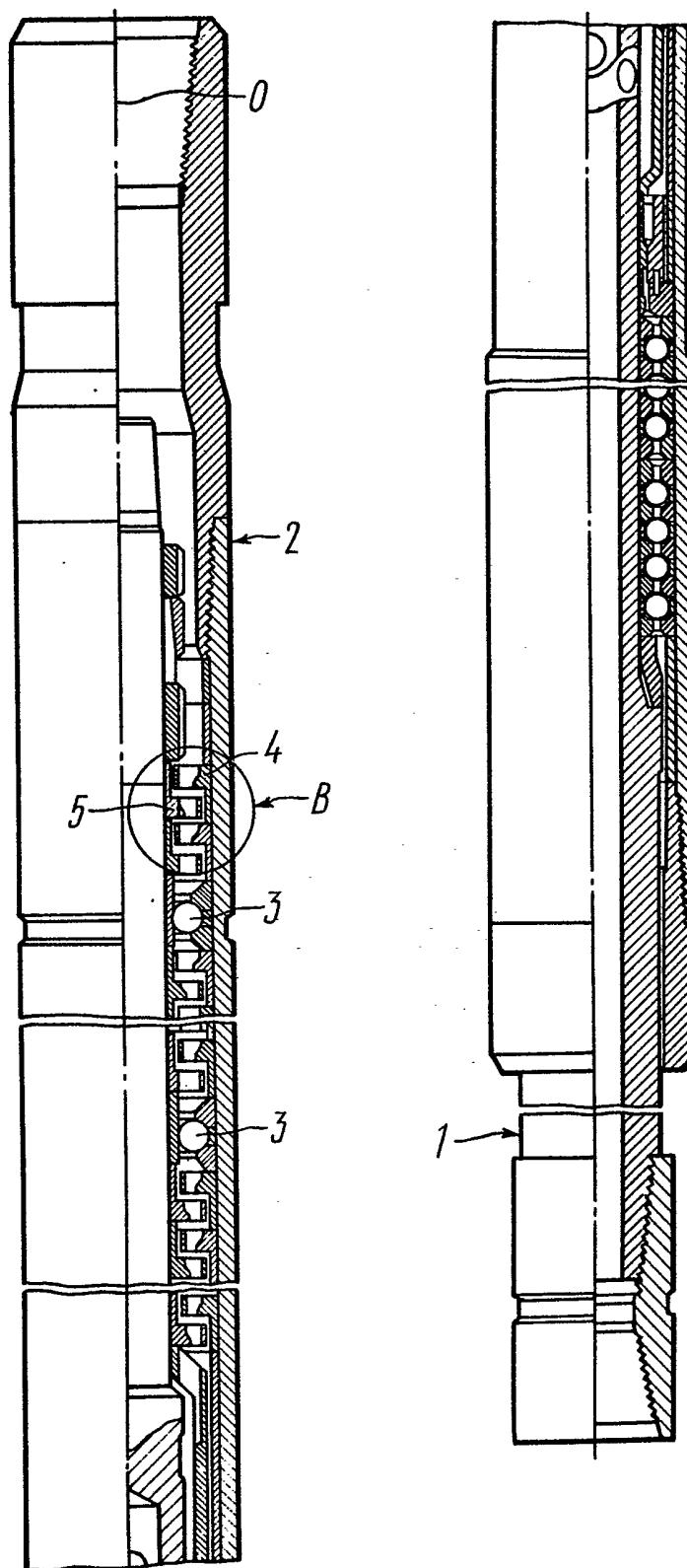
2.- Turbine de turboforeuse conforme à la revendication 1, caractérisée en ce que, suivant toute 20 la longueur de la turbine, les couronnes des stators et des rotors sont réalisées de façon que les moyeux des couronnes précédentes (suivant le sens d'écoulement du fluide) recouvrent partiellement les canaux de passage 25 des couronnes suivantes respectives du côté de leurs jeux radiaux.

3.- Turbine de turboforeuse conforme à l'une des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que l'aubage d'au moins la couronne suivante de la paire de couronnes voisines comporte des aubes dont la ligne moyenne du 30 profil ou ligne du squelette, possède un angle de courbure de valeur non inférieure à celle de l'angle aigu formé par la tangente à cette ligne à la sortie de l'aubage et l'axe du courant de fluide.

4.- Turbine de turboforeuse conforme à l'une des 35 revendications précédentes, caractérisée en ce que le

rapport entre l'aire de section transversale du canal de passage à la sortie de la couronne précédente (suivant le sens d'écoulement du fluide) et l'aire de section transversale du canal de passage à l'entrée de la 5 couronne suivante est identique pour chaque paire de couronnes voisines, et qu'elle est sensiblement de 0,9 à 0,5.

5.- Turbine de turboforeuse conforme à l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que 10 la génératrice de la surface du moyeu formant le canal de passage correspondant d'au moins la couronne précédente faisant partie d'une paire de couronnes voisines est exécutée sous forme de deux arcs conjugués de concavités respectives mutuellement opposées, de manière que le 15 premier arc (suivant le sens d'écoulement du fluide) soit orienté par sa concavité vers l'axe du courant, que l'autre arc soit orienté vers cet axe par sa convexité, et que leur corde commune, considérée depuis l'entrée 20 vers la sortie du canal de passage, soit inclinée vers l'axe du courant.



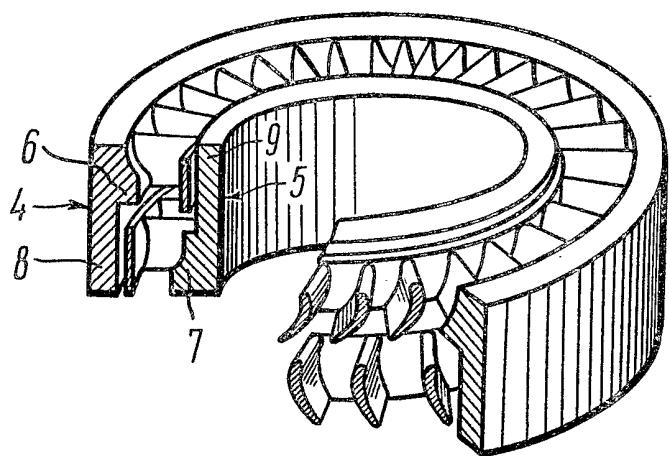


FIG. 2

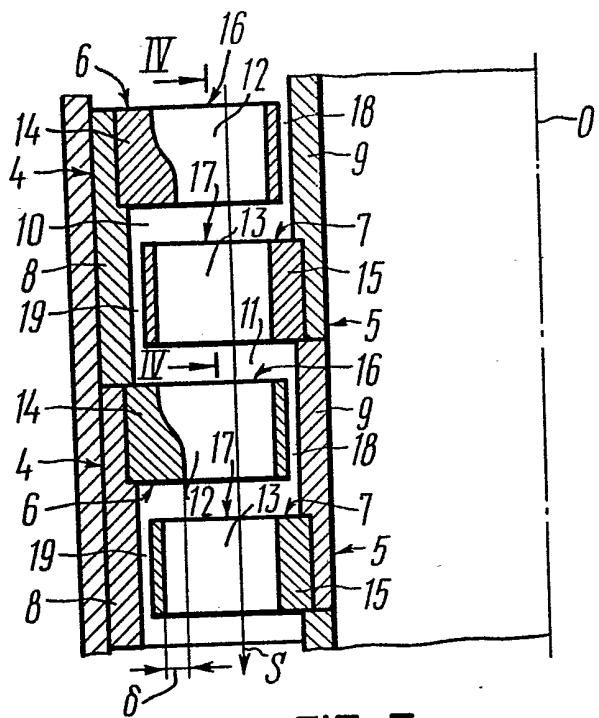


FIG. 3

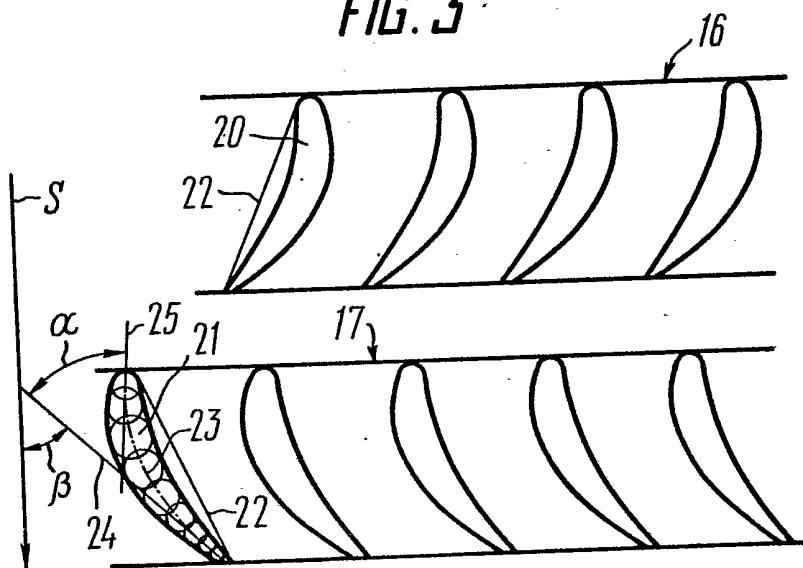


FIG. 4

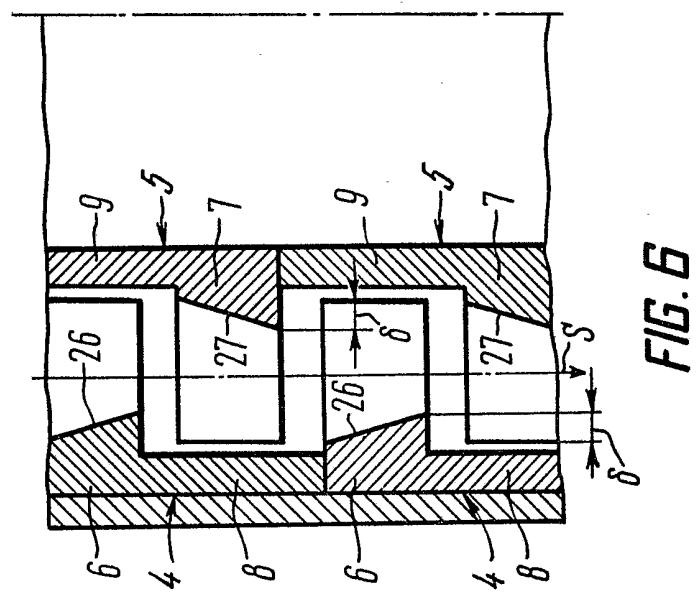


FIG. 6

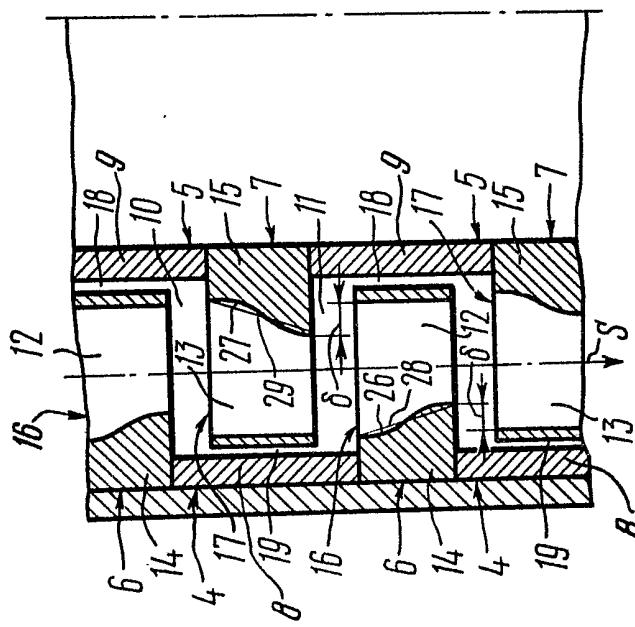


FIG. 5