RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 499 311**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 81 02038**

(54) **Tube électronique à cathode, anode et électrode de commande sous forme de tiges.**

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). H 01 J 19/00, 21/14.

(22) Date de dépôt ..... 3 février 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 31 du 6-8-1982.

(71) Déposant : VSESOJUZNY ELEKTROTEKHNICHESKY INSTITUT IMENI V.I. LENINA, résidant en URSS.

(72) Invention de : V. I. Perevodchikov, P. I. Akimov, D. A. Skibityansky, V. N. Shapenko, L. V. Loginov, A. L. Shapiro, A. N. Yakovlev et V. M. Kosmachevsky.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

2499311

Tube électronique à cathode, anode et électrode de commande

La présente invention concerne le domaine des dispositifs électroniques et a plus particulièrement pour objet les tubes électroniques.

On sait que de tels tubes électroniques peuvent être utilisés dans les circuits convertisseurs de puissance prévus pour des puissances dont l'ordre de grandeur est de dizaines de MW en tant que valves à faisceau électronique et commutateurs.

Il existe des valves à faisceau électronique dans lesquelles la cathode est réalisée sous forme d'une pastille cylindrique et une électrode auxiliaire portée à un potentiel plus élevé que le potentiel d'anode est placée entre la cathode et l'anode (certificat d'auteur de l'URSS n° 367482).

Les valves ainsi constituées permettent d'atteindre des valeurs tensions commutées atteignant quelques centaines de kV avec un rendement suffisamment élevé. Mais ces valves forment le flux d'électrons en faisceau à partir d'électrons émis depuis une surface émissive limitée de la cathode, ce qui ne permet pas d'augmenter la puissance des valves jusqu'aux valeurs dont l'ordre de grandeur est de dizaines de MW.

Une des voies possibles de création des appareils de grande puissance est l'utilisation d'un système d'optique électronique à plusieurs faisceaux à surfaces émissives longues de la cathode.

Il existe des tubes électroniques qui comportent, disposées coaxialement et successivement dans le sens de la marche du flux d'électrons, une cathode, une électrode de commande réalisée sous forme de tiges et une anode à compartiments limités par des arêtes et un fond disposé en regard des surfaces émissives de la cathode (voir par exemple le certificat d'auteur SU 291607).

Dans ces tubes, la cathode a un support cylindrique et possède des surfaces émissives se présentant sous la forme de surfaces d'anneaux cylindriques et chaque flux d'électrons en disque a une largeur constante depuis la cathode jusqu'à l'anode. Une telle réalisation constructive ne permet pas de donner à la fente d'entrée d'un compartiment d'anode une dimension plus grande que la largeur du flux d'électrons sur la cathode; aussi la distance depuis les bouts des arêtes de chambres d'anode jusqu'à la grille de commande (électrode) est à peu près égale à la distance entre la grille de commande et la cathode. Ces tubes sont notablement limités en tension de travail admissible et en rendement. L'élévation de la tension de travail par augmentation de la distance entre l'anode et la grille de commande et entre la grille de commande et la cathode entraîne une brutale diminution du courant du tube, et par conséquent, de la puissance .

L'invention vise à fournir un tube électronique dans lequel l'ensemble de cathode et les ensembles d'électrodes disposés à proximité immédiate de ce premier sont réalisés de telle façon et avec des dimensions géométriques permettant des tensions de travail de centaines de kilovolts et des courants de centaines d'ampères, le rendement pouvant être de l'ordre de 99% .

Dans ce but, l'invention propose un tube électronique qui comporte, disposées coaxialement et successivement sur le trajet du flux d'électrons, une cathode, une électrode de commande réalisée sous forme de tiges et une anode à compartiments limités par des arêtes ou bords et un fond disposé en regard d'une surface émissive de la cathode, caractérisé en ce que la cathode est réalisée sous forme de bandes séparées disposées dans le sens de la longueur du tube et dont la surface sert de surfaces émissives de cathode, et en ce que pour chaque bande constituant la cathode, est prévue une électrode focalisante reliée électriquement à la cathode et disposée à proximité immédiate de cette bande de cathode et une paire de tiges de

l'électrode de commande disposées par rapport à la bande de cathode, de façon que tout le flux d'électrons focalisés par l'électrode de focalisation passe entre ces tiges; que la largeur a de chaque bande de la cathode, les dimensions géométriques de chaque compartiment de l'anode et la distance entre les bandes de la cathode, les tiges de l'électrode de commande et les arêtes formant le compartiment d'anode sont choisies pour répondre aux conditions suivantes :

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \quad ; \quad 1 < \frac{d}{c} \leqslant 10 \quad ; \quad e \geqslant b;$$

où :

b est la largeur de la fente d'entrée du flux d'électrons d'un compartiment d'anode;

c est la distance entre la bande de cathode et les tiges de l'électrode de commande;

d est la distance entre les tiges de l'électrode de commande et les arêtes formant le compartiment d'anode;

e est la profondeur du compartiment d'anode.

Il est utile que les bandes de cathode soient mises dans des tubes à fentes longitudinales pour la sortie du flux d'électrons, les parois de chaque fente servant d'électrode focalisante associée à la cathode.

Il est également utile de réaliser des tiges de l'électrode de commande creuses et de les remplir d'agent de refroidissement.

Devant chaque arête du compartiment d'anode par rapport à la direction de la marche du flux d'électrons, perpendiculairement à cette arête et à une certaine distance de cette arête, on peut placer une arête auxiliaire, les arêtes auxiliaires devant être distantes l'une de l'autre de façon que les bouts des arêtes auxiliaires voisines forment une fente d'entrée pour le flux d'électrons de chaque compartiment d'anode.

Il est avantageux de réaliser les arêtes formant chaque compartiment d'anode sous forme de tiges creuses

remplies d'agent de refroidissement.

Il est rationnel de prévoir dans le tube électronique une électrode de protection disposée coaxialement par rapport à la cathode, entre l'anode à compartiments et l'électrode de commande, à proximité immédiate de cette dernière, et munie d'ouvertures dont le nombre correspond au nombre de bandes de cathode pour le passage du flux d'électrons focalisé par l'électrode focalisante associée à la cathode vers les compartiments d'anode.

L'électrode de protection est avantageusement un cylindre dont les fentes longitudinales servent d'ouverture de passage du flux d'électrons focalisé par l'électrode focalisante vers les compartiments d'anode.

Une telle réalisation du tube électronique, selon l'invention, permet d'obtenir une puissance de l'ordre de dizaines de MW en service continu.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'exemples concrets d'exécution, schématisés sur les dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 représente une vue d'ensemble en perspective d'un tube électronique, selon l'invention;

la figure 2 est une coupe transversale d'un module du tube électronique suivant la figure 1;

la figure 3 représente en coupe transversale, un module suivant une variante d'exécution du tube électronique, conformément à l'invention.

Le tube électronique montré en figure 1 comporte, disposés dans une enveloppe 1, coaxialement, et successivement dans le sens de la marche du flux d'électrons, une cathode 2, une électrode de commande 3, une électrode de protection 4 et une anode 5 à compartiments.

La cathode est réalisée sous la forme de bandes 6 séparées disposées dans la longueur du tube et dont la surface sert de surfaces émissives de la cathode 2. Les bandes 6 sont placées dans des tubes 7 ayant des fentes longitudinales 8 (fig. 2) pour la sortie du flux d'électrons. Les parois de chaque orifice 8 servent d'électrode

focalisante 9 disposée à proximité immédiate de la cathode et reliée électriquement à cette dernière 2.

Pour chaque bande constituant la cathode on peut prévoir une autre construction de l'électrode focalisante, mais celle-ci est disposée obligatoirement à proximité immédiate de la bande de la cathode.

L'électrode de commande 3 (fig. 1) est réalisée sous forme de tiges 10. Pour chaque bande 6 (fig.2) sont prévues deux tiges 10 disposées par rapport à la bande 6 de telle façon que tout le flux d'électrons focalisé par l'électrode focalisante 9 passe entre ces tiges 10.

L'électrode de protection 4 (fig.1) est disposée à proximité immédiate de l'électrode de commande 3 et est réalisée sous forme d'un cylindre 11 avec fentes longitudinales 12 (fig. 2) dont le nombre correspond au nombre de bandes 6 de la cathode 2, ces fentes 12 servant d'ouvertures laissant passer le flux d'électrons focalisé par l'électrode 9 vers l'anode 5 à compartiments.

L'électrode de protection peut avoir une autre construction, mais elle doit obligatoirement avoir des ouvertures en nombre égal au nombre de bandes de cathode pour laisser passer le flux d'électrons focalisé par l'électrode focalisante vers l'anode à compartiments.

Chaque compartiment 13 de l'anode 5 à compartiments est limité par un fond 14, partie d'un cylindre commun à tous les compartiments 13 disposée en regard d'une surface émissive de la cathode 2 (dans la variante d'exécution du tube considérée, en regard de la bande 6), par des arêtes principales 15 installées à distance du fond 14, perpendiculairement à ce dernier, et par des arêtes auxiliaires 16. Ces dernières sont installées avant chaque arête 15 dans le sens de marche du flux d'électrons, perpendiculairement à l'arête 15 et à distance d'elle. Les arêtes 16 sont disposées à une distance l'une de l'autre telle que les extrémités d'arêtes 16 voisines forment une fente d'entrée 17 pour le flux d'électrons qui entre dans le compartiment 13.

La figure 2 montre une bande 6 de la cathode 2, une paire de tiges 10 de l'électrode de commande 3, une électrode de protection 4 en forme de cylindre 14 avec une fente 12, et un compartiment 13 de l'anode 5 à compartiment formant un module 18 du tube électronique, tels que décrits plus haut. Dans le mode de réalisation décrit, on prévoit dix-huit modules 18.

Pour chaque module 18 du tube électronique selon l'invention, on choisit la largeur de chaque bande 6 de la cathode 2, les dimensions géométriques de chaque compartiment 13 de l'anode 5, et la distance entre les bandes 6 de la cathode 2, les tiges 10 de l'électrode de commande 3 et les arêtes 16 du compartiment 13 de l'anode 5 conformément aux relations approximatives suivantes :

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \qquad (1)$$

$$1 < \frac{d}{c} \leqslant 10 \qquad (2)$$

$$e = b \qquad (3)$$

où : a est la largeur de la bande 6 de la cathode 2;
b est la largeur de la fente d'entrée 17 pour le passage du flux d'électrons venant au compartiment 13 de l'anode 5;
c est la distance entre la bande 6 de la cathode 2 et les tiges 10 de l'électrode de commande 3;
d est la distance entre les tiges 10 de l'électrode de commande 3 et les arêtes 16 du compartiment 13 de l'anode 5;
e est la profondeur du compartiment 13 de l'anode 5.

Entre le cylindre formant le fond 14 de tous les compartiments 13 et l'enveloppe 1 il y a un espace rempli d'agent de refroidissement (dans le cas considéré, d'eau 19).

L'isolation de l'anode 5 (fig.1) par rapport à la cathode 2 se fait par des isolateurs 20 et 21 placés

l'un au-dessus de l'autre et réunis bout à bout à l'aide d'une bague intermédiaire 22.L'endroit de réunion des isolateurs 20 et 21 est recouvert d'un écran électrostatique 23.Les autres bouts des isolateurs 20 et 21 sont reliés au bord du fond 14 de l'anode 5 à compartiments et à une bride 24 servant de borne à la cathode 2 et de base au tube électronique objet de l'invention. Sur la bride 24 est montée une pompe magnétique de décharge 25, deux isolateurs 26 d'entrée de la tension de chauffage et un isolateur 27 d'entrée de la tension de commande.

Sur l'enveloppe 1 sont installés deux raccords 28 et 29 pour amener et évacuer l'eau 19 qui refroidit l'anode 5 à compartiments.

On a décrit une variante d'exécution du tube électronique dans lequel les tiges 10 de l'électrode de commande 3 et les arêtes 15, 16 du compartiment 13 de l'anode 5 sont pleines. Cette variante du tube est utilisée avec l'efficacité maximale lorsque le courant de l'anode est égal à quelques dizaines d'ampères.

Mais, lorsque le courant d'anode atteint des valeurs de centaines d'ampères, il est plus rationnel d'utiliser le tube électronique représenté sur la figure 3, réalisée de la même façon que le tube électronique montré sur la figure 1, mais dont les tiges 30 de l'électrode de commande 3 sont creuses, et des arêtes 31 et 32 formant chaque compartiment 13 de l'anode 5 sont réalisées sous la forme de tiges creuses. Ces tiges creuses sont remplies d'agent de refroidissement, c'est-à-dire d'eau 19, ce qui permet de dissiper sur l'anode une puissance jusqu'à 1000 kW.

Le principe de fonctionnement du tube électronique, objet de l'invention, est le suivant.

Une source de tension extérieure (non montrée sur le dessin) applique le potentiel nécessaire pour obtenir le courant donné sur l'électrode de commande 3 (fig.1). Chaque module 18 (fig.2,3) forme un flux d'électrons en bande qui permet d'élever sensiblement le courant passant

par le tube électronique parce que le courant limite stable du flux d'électrons en bande croît avec l'augmentation de la longueur de la bande 6 (fig.1) qui peut être suffisamment longue dans cette construction du tube et atteint en réalité 40 cm. Ainsi, pour une certaine valeur de la tension accélératrice, par augmentation de la longueur totale de la bande 6 de la cathode 2 on peut obtenir de grandes valeurs de courant pour une unité de volume du tube électronique. En passant par l'électrode de commande 3, les électrons traversent le champ de freinage de l'anode 5 ayant un potentiel intermédiaire entre les potentiels de la cathode 2 et l'électrode de commande 3. Le potentiel de l'anode 5 est choisi le plus proche du potentiel de la cathode 2, mais d'une valeur telle que le flux d'électrons ne soit pas réfléchi. La commande du courant passant par le tube se fait par changement du potentiel sur l'électrode de commande 3. La distance entre les tiges 10 voisines de l'électrode de commande 3 est choisie de façon à éviter leur bombardement par des électrons primaires. La longueur du tronçon de freinage des électrons détermine le niveau de la tension de travail et, par conséquent, la rigidité diélectrique de l'espace entre l'électrode de commande 3 et l'anode 5. La largeur de chaque flux d'électrons en bande dans le champ de freinage augmente à l'approche de l'anode 5, et le rapport proposé des dimensions géométriques des électrodes du tube, conformément à l'invention, assure le passage total du flux d'électrons dans le compartiment 13 (fig.2,3) respectif de l'anode 5. La condition (1) correspond au régime à courant limite stable du flux d'électrons en bande.

L'inégalité(2) se traduit par des valeurs élevées de la tension du tube électronique, la valeur admissible de la tension externe appliquée à l'anode 5 (par rapport à la cathode 2) et le rendement. L'inégalité (3) caractérise la géométrie du compartiment 13 de l'anode 5 pour une émission secondaire faible du fond 14 du compar-

timent 13 de l'anode 5.

Afin de réduire le courant attaquant l'électrode de commande 3 en régime où le potentiel de l'anode 5 est inférieur au potentiel de l'électrode de commande 3, on utilise l'électrode de protection 4 à laquelle est appliqué le potentiel égal au potentiel de la cathode 2. Les électrons réfléchis sur l'anode 5 reviennent sur cette dernière grâce au minimum de potentiel existant entre les arêtes auxiliaires 16 de l'anode 5 et l'électrode de commande 3.

Le rendement η du tube électronique, objet de l'invention, est défini par les pertes au freinage du flux d'électrons et par le niveau de courant attaquant l'électrode de commande 3 :

$$\eta = 1 - \frac{I_1 \cdot U_1 + I_2 \cdot U_2}{U_m \cdot I_2} \qquad (4)$$

où :

I_1 est le courant de l'électrode de commande 3

U_1 est le potentiel de l'électrode de commande 3

I_2 est le courant de l'anode 5;

U_2 est la tension entre la cathode 2 et l'anode 5 en état conducteur du tube;

U_m est la valeur maximale de tension sur l'anode 5 en état bloqué du tube.

L'expression (4) s'écrit :

$$\eta = I - \frac{M}{N} \qquad (5)$$

où $M = \frac{U_2}{U_1} + \frac{I_1}{I_2}$ (6)

$$N = \frac{U_m}{U_1} \qquad (7)$$

On peut négliger le deuxième terme du second membre de l'expression (6). En ce cas, à une certaine valeur M de pertes durant le freinage définie par la chute minimale admissible de la tension sur le tube en état conducteur, le rendement du tube dépend du paramètre

N qui caractérise le rapport entre le potentiel de l'anode 5 du tube bloqué et le potentiel de l'électrode de commande 3. Au point de vue de l'optique électronique, le paramètre N est proportionnel au rapport de la distance entre l'électrode de commande 3 et l'anode 5 à la distance entre l'électrode de commande 3 et la cathode 2, c'est-à-dire que :

$$N \equiv \frac{d}{c} \qquad (8)$$

Il est évident qu'une augmentation du rapport $\frac{d}{c}$ accroît le rendement du tube électronique. La limite supérieure du rapport $\frac{d}{c} < 10$ est déterminée par l'augmentation indésirable de l'encombrement du tube, d'où la complication du traitement technologique sous vide des ensembles. Lorsque la valeur de ce rapport $\frac{d}{c} < 1$, l'efficacité du tube proposé diminue sensiblement .

Le tube électronique assure la commutation d'un courant de l'ordre de 150A à la tension de 150 kV sur l'anode du tube bloqué. La valeur maximale de la tension sur l'électrode de commande atteint 5 kV. Le rapport $\frac{d}{c}$ dans ce cas est choisi égal à 5, ce qui a permis d'augmenter la distance entre l'électrode de commande et l'anode jusqu'à 60 mm. Le choix de bandes de cathode larges de 6 mm et le respect des rapports (1) et (2) ont permis de diminuer la partie de courant arrivant en régime de freinage sur l'électrode de commande jusqu'à une valeur inférieure à 0,01 de la valeur du courant de l'anode. Lors du fonctionnement du tube en commutateur électronique de puissance, le rendement est de l'ordre de 99 %.

REVENDICATIONS

1 - Tube électronique comportant, disposées coaxialement et successivement sur le trajet du flux d'électrons, une cathode, une électrode de commande réalisée sous forme de tiges et une anode à compartiments limités par des arêtes et un fond disposé en face des surfaces émissives de la cathode, tube caractérisé en ce que la cathode (2) est réalisée sous forme de bandes (6) séparées disposées dans le sens de la longueur du tube et dont la surface sert de surface émissive de cathode et en ce que à chaque bande de cathode est associée une électrode focalisante (9) reliée électriquement à la cathode et disposée à proximité immédiate de la bande de cathode et une paire de tiges de l'électrode de commande disposées par rapport à la bande de cathode de façon que tout le flux d'électrons focalisés par l'électrode de focalisation passe entre ces tiges, la largeur de chaque bande de cathode, les dimensions géométriques de chaque compartiment de la cathode et la distance entre les bandes de la cathode, les tiges de l'électrode de commande et les arêtes de compartiment d'anode étant prévus de façon à remplir les conditions :

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$

$$1 < \frac{d}{c} \leqslant 10$$

$$e \geqslant b$$

où :

b est la largeur de la fente d'entrée d'un compartiment d'anode par laquelle passe le flux d'électrons.

c est la distance entre une bande de cathode et les tiges de l'électrode de commande;

d est la distance entre les tiges de l'électrode de commande et les arêtes d'un compartiment d'anode;

e est la profondeur d'un compartiment d'anode.

2 - Tube électronique conforme à la revendication 1, caractérisé par le fait que les bandes de cathodes sont

placées dans des tubes à fentes longitudinales de sortie du flux d'électrons, les parois de chaque fente servant d'électrode focalisante.

3 - Tube électronique, conforme à l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait que les tiges sont creuses et sont remplies d'un agent de refroidissement (19).

4 - Tube électronique, conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que devant chaque arête du compartiment d'anode par rapport à la direction de la marche du flux d'électrons, perpendiculairement à cette arête et à une certaine distance de cette arête est placée une arête auxiliaire, et ces arêtes auxiliaires sont distantes l'une de l'autre de façon que les bouts des arêtes auxiliaires voisines forment une fente d'entrée pour le flux d'électrons passant dans chaque compartiment d'anode.

5 - Tube électronique conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que les arêtes formant chaque compartiment d'anode sont réalisées sous forme de tiges creuses remplies d'agent de refroidissement.

6 - Tube électronique conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que dans le tube électronique est prévue une électrode de protection disposée coaxialement par rapport à la cathode entre l'anode à compartiments et l'électrode de commande, à proximité immédiate de cette dernière, et ayant des ouvertures dont le nombre correspond au nombre de bandes, pour le passage du flux d'électrons focalisés par l'electrode focalisante vers les compartiments (13) de l'anode (5).

7 - Tube électronique, conforme à la revendication 6, caractérisé par le fait que l'électrode de protection est réalisée sous forme d'un cylindre à fentes longitudinales (12) servant d'ouvertures de passage du flux d'électrons focalisés par l'électrode focalisante vers les compartiments d'anode.

2499311

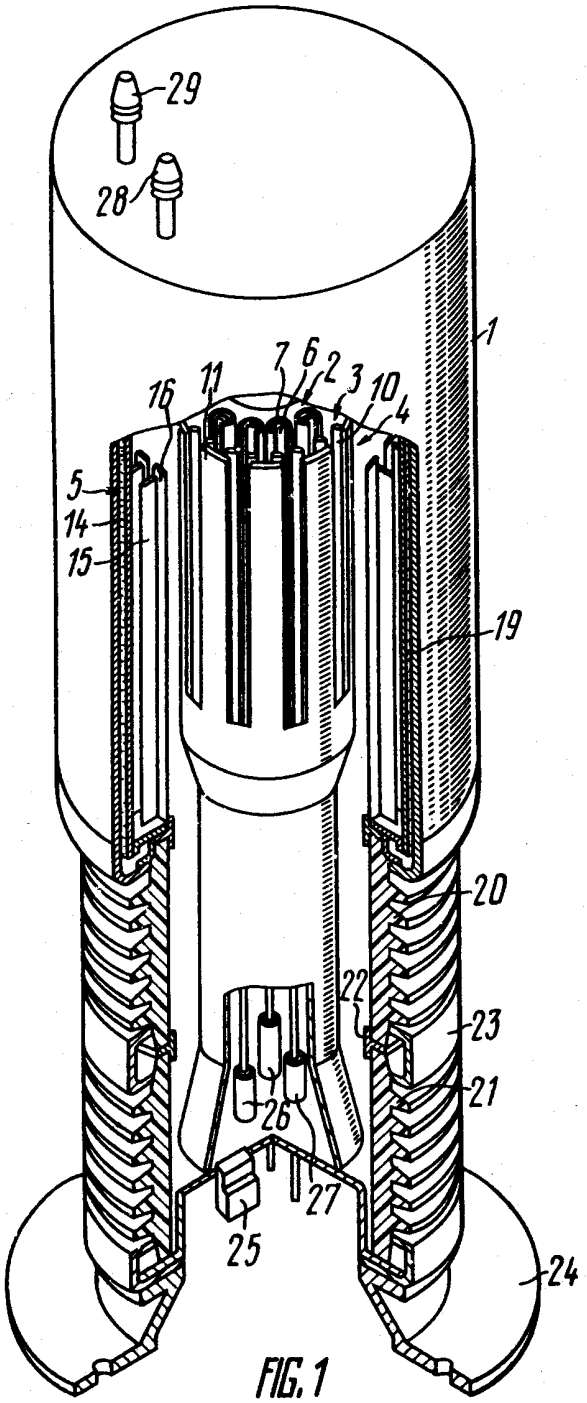

FIG. 1

2499311

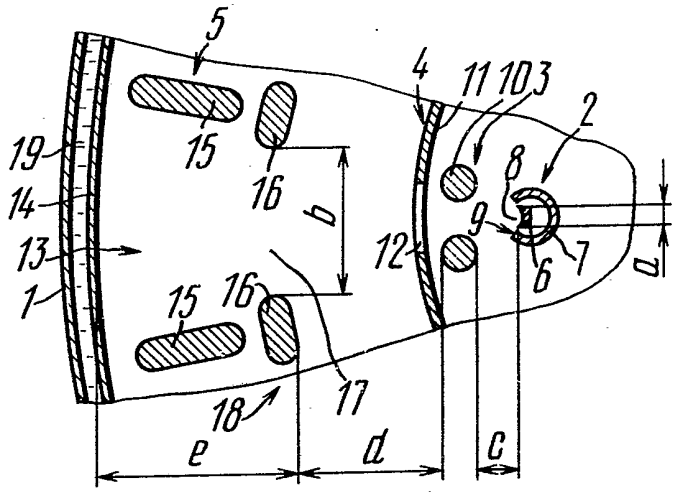

FIG. 2

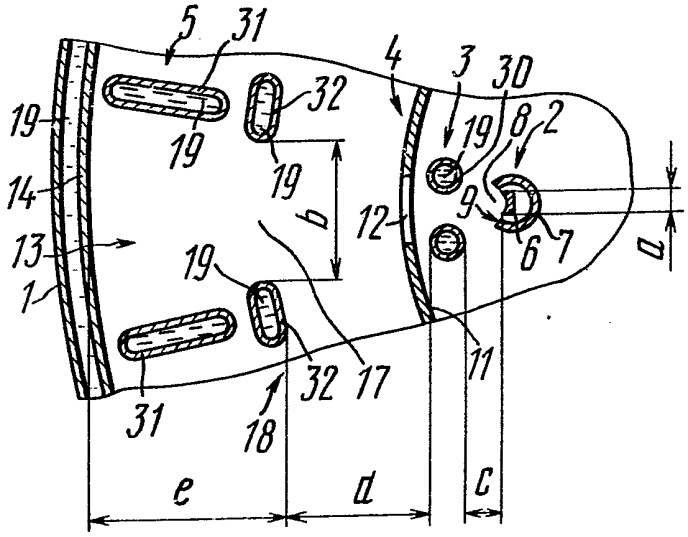

FIG. 3