(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 758 524**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **98 00447**

(51) Int Cl[6] : **B 64 C 27/33**

# (12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 16.01.98.

(30) **Priorité** : 17.01.97 DE 19701403.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 24.07.98 Bulletin 98/30.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *EUROCOPTER DEUTSCHLAND GMBH GESELLSCHAFT MIT BESCHRANKTER HAFTUNG* — DE.

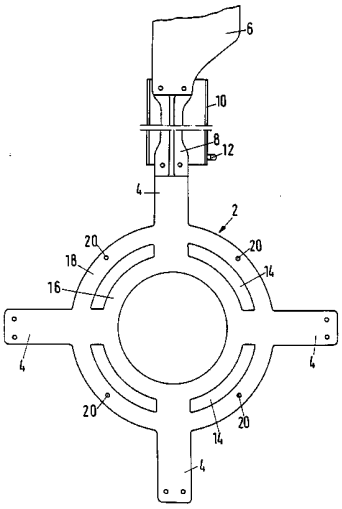
(72) **Inventeur(s) :** BANSEMIR HORST.

(73) **Titulaire(s) :** .

(74) **Mandataire :** NOVAMARK TECHNOLOGIES.

## (54) ROTOR A PALES MULTIPLES POUR AERONEF A VOILURE TOURNANTE.

(57) Rotor multipale sans axe de battement comportant une plaque de tête de rotor (2), en composite renforcé de fibres, reliée rigidement au mât de rotor et munie de bras d'assemblage de pale (4) élastiques en flexion et réalisée sous une forme flexible dans la direction de battement, la distance entre les axes de battement fictifs et le centre du rotor pouvant être réduite à 5% du rayon du rotor en ce que la plaque (2) est constituée d'au moins un segment de plaque (16, 18) enserrant des deux côtés, de manière élastique en flexion dans la direction de battement et à une distance radiale du centre du rotor, les bras d'assemblage de pale (4) et muni de zones de fixation (20) situées du côté du mât du rotor et décalées dans la direction circonférentielle du rotor par rapport aux bras d'assemblage de pale (4).§.




FR 2 758 524 - A1

# ROTOR A PALES MULTIPLES POUR AERONEF A VOILURE TOURNANTE

L'invention concerne un rotor à pales multiples sans axe de battement, pour aéronef à voilure tournante, comportant une plaque de tête de rotor, en matériau composite renforcé par des fibres, fixée de manière rigide au mât de rotor et munie de bras d'assemblage de pale élastiques en flexion dans la direction de battement.

Les rotors sans axe de battement de ce type, que l'on connaît par exemple par US 5 263 821, comportent une partie centrale de plaque en matériau composite renforcé par des fibres, d'une rigidité élevée et reliée de manière rigide au mât de rotor, ladite partie de plaque étant pourvue de bras d'assemblage de pale formant une seule pièce avec elle et s'étendant radialement vers l'extérieur, lesquels forment les axes de battement fictifs et doivent être élastiques en flexion en conséquence. Afin que les bras d'assemblage de pale puissent résister en toute sécurité, pendant le fonctionnement, aux charges élevées dues au moment de flexion ainsi qu'à la force latérale et à la force centrifuge, ils doivent avoir une longueur de flexion importante, ce qui a pour conséquence que les axes de battement fictifs sont situés relativement loin du centre du rotor, à savoir à une distance d'environ 10 % du rayon du rotor, et que, de ce fait, des phénomènes vibratoires hautement gênants se produisent sur l'hélicoptère pendant le vol.

De plus, par WO 87/04 402 ou US 4 568 244, on sait réaliser les bras d'assemblage de pale séparément de la plaque de tête de rotor rigide et on sait leur faire prendre appui sur cette dernière de manière mobile en matière d'angle de battement, par exemple par l'intermédiaire de supports en élastomère proches de

l'axe du rotor. De cette façon, il est vrai que l'on peut réduire la distance entre les axes de battement et le centre du rotor à une valeur souhaitée, à savoir à peu près 5 % du rayon du rotor, et que l'on peut ainsi, dans une large mesure, supprimer des phénomènes vibratoires provenant du rotor, mais une pièce d'assemblage de pale de ce type est d'une conception très compliquée et/ou sensible à l'usure, de sorte que les rotors de ce type ne satisfont que de façon limitée à l'exigence de robustesse et d'économie d'entretien.

L'objectif de l'invention est de proposer un rotor à pales multiples du type précédemment mentionné, dans lequel les bras d'assemblage de pale sont disposés, de par la conception, de manière simple et de façon résistante à la charge sur la plaque de tête de rotor, sans qu'aucune zone d'appui mobile en matière d'angle de battement ne soit intercalée, et dans lequel il est néanmoins possible de maintenir très petite la distance entre les axes de battement fictifs et le centre du rotor.

Cet objectif est atteint selon l'invention par le rotor à pales multiples du type precité caractérisé en ce que la plaque de tête de rotor est constituée d'au moins un segment de plaque enserrant des deux côtés, de manière élastique en flexion dans la direction de battement et à une distance radiale du centre du rotor, les bras d'assemblage de pale, et en ce que ledit segment de plaque est muni de zones de fixation côté mât du rotor décalées dans la direction circonférentielle du rotor par rapport aux bras d'assemblage de pale.

En se basant sur l'idée d'une plaque flexible de tête de rotor, les zones de plaque latéralement voisines des bras d'assemblage de pale sont, selon l'invention, intégrées dans la déformation en flexion par battement des bras d'assemblage de pale et, ainsi, la longueur de

flexion radiale des bras d'assemblage de pale est augmentée de la longueur de déformation circonférentielle des segments de plaque, de sorte que les zones d'axe de battement fictives peuvent être déplacées beaucoup plus près du centre, à savoir à une distance d'environ 5 % du rayon du rotor, sans porter atteinte à la résistance à la charge et de sorte que, par conséquent, on obtienne un comportement vibratoire aussi favorable que dans le cas des rotors connus comportant des bras d'assemblage de pale séparés de la plaque de tête de rotor et mobiles en matière d'angle de battement, mais d'une conception qui est considérablement plus simple et qui offre, avant tout, une plus grande sécurité de fonctionnement.

Afin d'obtenir une redondance structurelle des zones circonférentielles de déformation de la plaque de tête de rotor, cette dernière est caractérisée en ce qu'elle est subdivisée, de manière particulièrement avantageuse, en plusieurs segments de plaque écartés radialement les uns des autres par rapport au centre du rotor. Dans ce cas, en vue d'une conformation propice à la charge et à la flexibilité, le segment de plaque intérieur est caractérisé en ce qu'il est réalisé sous forme de partie de plaque, en matériau composite renforcé par des fibres, élastique en flexion et complètement fermée, et reliant les bras d'assemblage de plaque entre eux, radialement par rapport au centre du rotor.

Alors que, dans un rotor d'hélicoptère, les amortisseurs qui agissent dans la direction d'oscillation doivent en général être disposés à l'extérieur de la plaque de tête de rotor, dans le rotor selon l'invention on peut loger, d'une manière particulièrement avantageuse en matière de montage, les amortisseurs d'oscillations dans la zone intérieure de la plaque de tête de rotor en ce que les amortisseurs d'oscillations sont disposés à chaque fois entre un des segments de plaque et les bras

d'assemblage de pale. Dans ce cas, le segment de plaque possède deux parties de segment placées, dans la direction de l'axe du rotor, l'une au-dessus de l'autre et enserrant des deux côtés, à chaque fois en intercalant un amortisseur en élastomère, le bras d'assemblage de pale associé, moyen par lequel on obtient un amortissement d'oscillations très efficace et une liaison résistant à la charge dans la direction de battement entre bras d'assemblage de pale et segment de plaque.

Pour augmenter l'élasticité en battement des bras d'assemblage de pale, les segments de plaque sont réalisés sous une forme élastique en flexion et/ou élastique en torsion autour d'un axe perpendiculaire au plan de battement. Dans le cas d'une conformation élastique en torsion, les segments de plaque sont réalisés sous forme souple en torsion, mais rigide à la force latérale dans le plan de rotation du rotor et perpendiculairement à ce dernier, moyen par lequel une transmission résistant largement aux déformations des charges latérales élevées qui agissent au niveau des pales de rotor est assurée depuis les bras d'assemblage de pale jusqu'aux zones de fixation côté mât.

Pour des raisons de fabrication et, avant tout, de résistance mécanique, au moins un segment de plaque est conformé à partir des bras d'assemblage de pale en formant une structure continue d'une seule pièce en fibres.

Outre la géométrie de la section transversale, il est également possible de réaliser de manière largement variable, selon le comportement élastique requis, la forme en plan des segments de plaque. Dans le plus simple des cas, les segments de plaque ont la forme d'anneaux ayant le même centre que le rotor. Selon une conformation particulièrement adaptée à la charge et au matériau composite renforcé par des fibres, les segments de plaque ont, conformément au nombre de pales de rotor, la forme

de polygones avec, aux angles, les zones de fixation côté mât et, au milieu des côtés du polygone, les bras d'assemblage de pale.

Enfin, en raison des propriétés favorables de ce matériau, on utilise, conformément au but recherché, un composite renforcé par des fibres en carbone comme matériau composite renforcé par des fibres pour la plaque de tête de rotor, y compris les bras d'assemblage de pale.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront plus clairement à la lecture de la description qui va suivre lorsque prise en relation avec les dessins très schématisés annexés, dans lesquels :

la figure 1 est une vue en plan d'un rotor à quatre pales, en matériau composite, comportant une plaque flexible de tête de rotor et des bras d'assemblage de pale formant une seule pièce avec cette dernière ;

la figure 2 représente un deuxième mode de réalisation d'une plaque flexible de tête de rotor comportant des amortisseurs d'oscillations intégrés ;

la figure 3 est une vue en coupe schématique selon la ligne III-III de la figure 2 ;

la figure 4 représente un autre mode de réalisation d'une plaque de tête de rotor à quatre pales constituée d'un segment de plaque flexible unique reliant les bras d'assemblage de pale d'un seul tenant les uns par rapport aux autres ; et

la figure 5 est une vue en coupe selon la ligne

V-V de la figure 4.

Le rotor à quatre pales représenté à la figure 1 comprend une plaque flexible de tête de rotor 2, en matériau composite renforcé par des fibres, comportant des bras d'assemblage de pale 4 qui en sont issus et forment une seule pièce avec elle, auxquels les pales de rotor 6 (dont une seule est représentée à la figure 1) sont assemblées par l'intermédiaire d'éléments intermédiaires 8 élastiques en torsion et en oscillation, la torsion des éléments intermédiaires 8 aux fins de réglage de l'angle de pas ayant lieu de manière habituelle à l'aide d'un manchon de commande 10 comportant un organe de commande 12, destiné à transmettre les commandes de réglage de l'angle de pas, et fixé, côté pied de pale, sur la pale de rotor 6.

Afin de constituer les axes de battement fictifs, les bras d'assemblage de pale 4 sont réalisés sous forme élastique en flexion et la plaque de tête de rotor 2 est subdivisée, par des fentes 14 en arc de cercle, en un segment de plaque 16, intérieur en direction radiale, et un segment de plaque 18, extérieur en direction radiale, ayant tous deux le même centre que le rotor et au moyen desquels les bras d'assemblage de pale 4 sont reliés les uns aux autres dans la direction circonférentielle du rotor, les zones de fixation 20 de la plaque de tête de rotor 2 situées côté mât de rotor étant disposées sur le segment extérieur de plaque 18, de façon décalée par rapport aux bras d'assemblage de pale 4 dans la direction circonférentielle du rotor, à savoir à peu près au milieu de ces derniers, de sorte que le mouvement de flexion par battement des pales de rotor 6 n'est pas seulement provoqué par une déformation élastique en torsion des bras d'assemblage de pale 4 qui s'étendent radialement, mais se poursuit en une déformation circonférentielle des segments de plaque 16, 18 jusqu'aux zones de fixation 20

situées côté mât. De cette manière, on parvient à déplacer les axes de battement fictifs très près du centre du rotor, à savoir jusqu'à une distance d'environ 5 % du rayon du rotor, et néanmoins à réaliser la plaque de tête de rotor 2, y compris les bras d'assemblage de pale 4, sous forme de structure d'un seul tenant et d'une seule pièce, en composite renforcé par des fibres, à résistance mécanique élevée. En ce qui concerne le composite renforcé par des fibres, conformément au but recherché, on opte pour un matériau composite renforcé par des fibres en carbone ayant une structure multiaxiale de couches de fibres comme l'indiquent les zones hachurées dans différentes direction de la figure 1.

Le rotor selon les figures 2 et 3, dans lesquelles les éléments de structure correspondant au premier mode de réalisation ont été identifiés au moyen d'un repère augmenté de 100, se différencie en premier lieu de ce dernier par une autre conformation et une autre géométrie de la section transversale des segments de plaque 116, 118 ainsi que par l'intégration d'un amortissement d'oscillations dans la plaque flexible de tête de rotor 102. Dans ce mode de réalisation, les segments de plaque 116 et 118 forment, dans la vue en plan selon la figure 2, des quadrilatères rectangles ayant un centre commun entre eux et avec le centre du rotor, sur lesquels les bras d'assemblage de pale 104 sont à peu près disposés au milieu des côtés des quadrilatères rectangles, les zones de fixation 120 situées côté mât étant placées aux angles du segment de plaque extérieur 118. Le mât de rotor 122 possède une section transversale en forme d'étoile et se termine - comme c'est d'ailleurs également le cas dans le premier mode de réalisation - un peu au-dessous de la plaque de tête de rotor 102, afin de créer l'espace libre nécessaire à la déformation élastique de la plaque de tête de rotor 102. Entre les bras d'assemblage de pale

104 et les zones de fixation 120, le segment de plaque extérieur 118 est souple en torsion, mais, dans le plan de rotation du rotor et perpendiculairement à ce dernier, il est réalisé sous une forme rigide à la force latérale, comme cela est indiqué à la figure 3 par la géométrie de la section transversale cruciforme du segment de plaque 118.

Dans ce cas, le segment de plaque intérieur 116 est constitué d'une partie de plaque supérieure 124 et d'une partie de plaque inférieure 126 reliées solidement l'une à l'autre qui enserrent les bras d'assemblage de pale 104 à l'extrémité intérieure, sur la face supérieure et la face inférieure, à chaque fois en intercalant un amortisseur en élastomère 128 efficace dans la direction d'oscillation, lequel est constitué d'une multiplicité de couches d'élastomère et de couches intermédiaires rigides placées en alternance les unes au-dessus des autres. Dans ce mode de réalisation également, les axes de battement fictifs ne sont pas seulement formés par l'élasticité en flexion par battement des bras d'assemblage de pale 104 mais également par la déformation élastique des segments de plaque 116, 118 causée par un battement des pales de rotor.

Dans le mode de réalisation selon les figures 4 et 5, dans lesquelles les éléments de structure correspondant au premier mode de réalisation ont été identifiés au moyen d'un repère augmenté de 200, la plaque flexible de tête de rotor 202 est constituée d'un segment de plaque 216 unique en forme d'anneau et ayant un centre commun avec le rotor, à partir duquel les bras d'assemblage de pale 204 sont conformés en formant une structure continue d'une seule pièce en fibres. Le segment de plaque 216 est d'autre part relié de manière rigide à l'extrémité supérieure du mât de rotor 222, en intercalant des pièces d'écartement 230 (figure 5), par

l'intermédiaire de zones de fixation 220 situées à peu près, dans la direction circonférentielle du rotor, au milieu des bras d'assemblage de pale 204. Par ailleurs, les bras d'assemblage de pale 204 sont assemblés par leur extrémité intérieure, vue en direction radiale, au mât de rotor 222 par l'intermédiaire de zones de fixation 232. D'autre part, dans ce mode de réalisation, l'élasticité en battement de la pièce d'assemblage de pale de rotor est réalisée, outre l'élasticité en battement des bras d'assemblage de pale 204, par une déformation élastique du segment de plaque 216 entre le bras d'assemblage de pale 204 et la zone de fixation 220 côté mât et, de cette manière, il est possible de positionner les axes de battement fictifs à proximité de l'axe du rotor, à une distance d'environ 5 % du rayon du rotor.

Au lieu d'une pièce d'assemblage à quatre pales, le rotor à pales multiples selon l'invention peut avoir un nombre de pales de rotor différent, pair ou impair. En outre, la conformation et la géométrie de la section transversale des segments de plaque ne sont pas limitées respectivement à la forme circulaire ou de quadrilatère rectangle et à la section cruciforme ou de quadrilatère rectangle décrites, mais au contraire peuvent être réalisées différemment selon les exigences en matière de rigidité et d'élasticité des segments de plaque flexibles. Dans le cadre de l'invention, il est en outre possible de réaliser le segment de plaque intérieur sous forme de partie de plaque flexible, en composite renforcé par des fibres, et complètement fermée au lieu de comporter une ouverture centrale. Les zones de fixation sont des zones limitées localement dans lesquelles la plaque de tête de rotor est fixée de manière rigide au mât de rotor par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs éléments de liaison.

## REVENDICATIONS

1. Rotor à pales multiples et sans axe de battement pour aéronef à voilure tournante, comportant une plaque de tête de rotor, en matériau composite renforcé par des fibres, fixée de manière rigide au mât de rotor et munie de bras d'assemblage de pale élastiques en flexion dans la direction de battement,

**caractérisé en ce que**

la plaque de tête de rotor (2 ; 102 ; 202) est constituée d'au moins un segment de plaque (16, 18 ; 116, 118 ; 216) enserrant des deux côtés, de manière élastique en flexion dans la direction de battement et à une distance radiale du centre du rotor, les bras d'assemblage de pale (4 ; 104 ; 204), et en ce que ledit segment de plaque est muni de zones de fixation (20 ; 120 ; 220) côté mât du rotor décalées dans la direction circonférentielle du rotor par rapport aux bras d'assemblage de pale.

2. Rotor à pales multiples selon la revendication 1,

**caractérisé en ce que**

la plaque de tête de rotor (2 ; 102) est subdivisée en plusieurs segments de plaque (16, 18 ; 116, 118) écartés radialement les uns des autres par rapport au centre du rotor.

3. Rotor à pales multiples selon la revendication 2,

**caractérisé en ce que**

le segment de plaque intérieur dans la direction radiale (16 ; 116) est réalisé sous forme de partie de plaque, en matériau composite renforcé par des fibres, élastique en flexion et complètement fermée.

4. Rotor à pales multiples selon l'une des revendications 2 ou 3,

**caractérisé en ce que**

les bras d'assemblage de pale (104) sont assemblés à chaque fois à l'un des segments de plaque (116) moyennant l'intercalation d'un amortisseur d'oscillations (128).

5. Rotor à pales multiples selon la revendication 4,

**caractérisé en ce que**

le segment de plaque (116) comprend deux parties de segments (124, 126) placées, dans la direction de l'axe du rotor, l'une au-dessus de l'autre et enserrant des deux côtés, à chaque fois en intercalant un amortisseur en élastomère (128), le bras d'assemblage de pale (104) associé.

6. Rotor à pales multiples selon l'une des revendications précédentes,

**caractérisé en ce que**

au moins un segment de plaque (118) est réalisé sous forme souple en torsion, mais rigide à la force latérale dans le plan de rotation du rotor et perpendiculairement à ce dernier.

7. Rotor à pales multiples selon l'une des revendications précédentes,

**caractérisé en ce que**

au moins un segment de plaque (16, 18 ; 118 ; 216) est conformé à partir des bras d'assemblage de pale (4 ; 104 ; 204) en formant une structure continue d'une seule pièce en fibres.

8. Rotor à pales multiples selon l'une des revendications précédentes,

**caractérisé en ce que**

les segments de plaque (16, 18 ; 116, 118 ; 216) ont la forme d'anneaux ayant le même centre que le rotor.

9. Rotor à pales multiples selon l'une des revendications précédentes,

**caractérisé en ce que**

les segments de plaque (116, 118) ont, conformément au nombre de pales de rotor, la forme de polygones avec, aux angles, les zones de fixation (120) côté mât et, au milieu des côtés du polygone, les bras d'assemblage de pale (104).

10. Rotor à pales multiples selon l'une des revendications précédentes,

**caractérisé en ce que**

il est prévu un composite renforcé par des fibres en carbone comme matériau composite renforcé par des fibres.

Fig.1

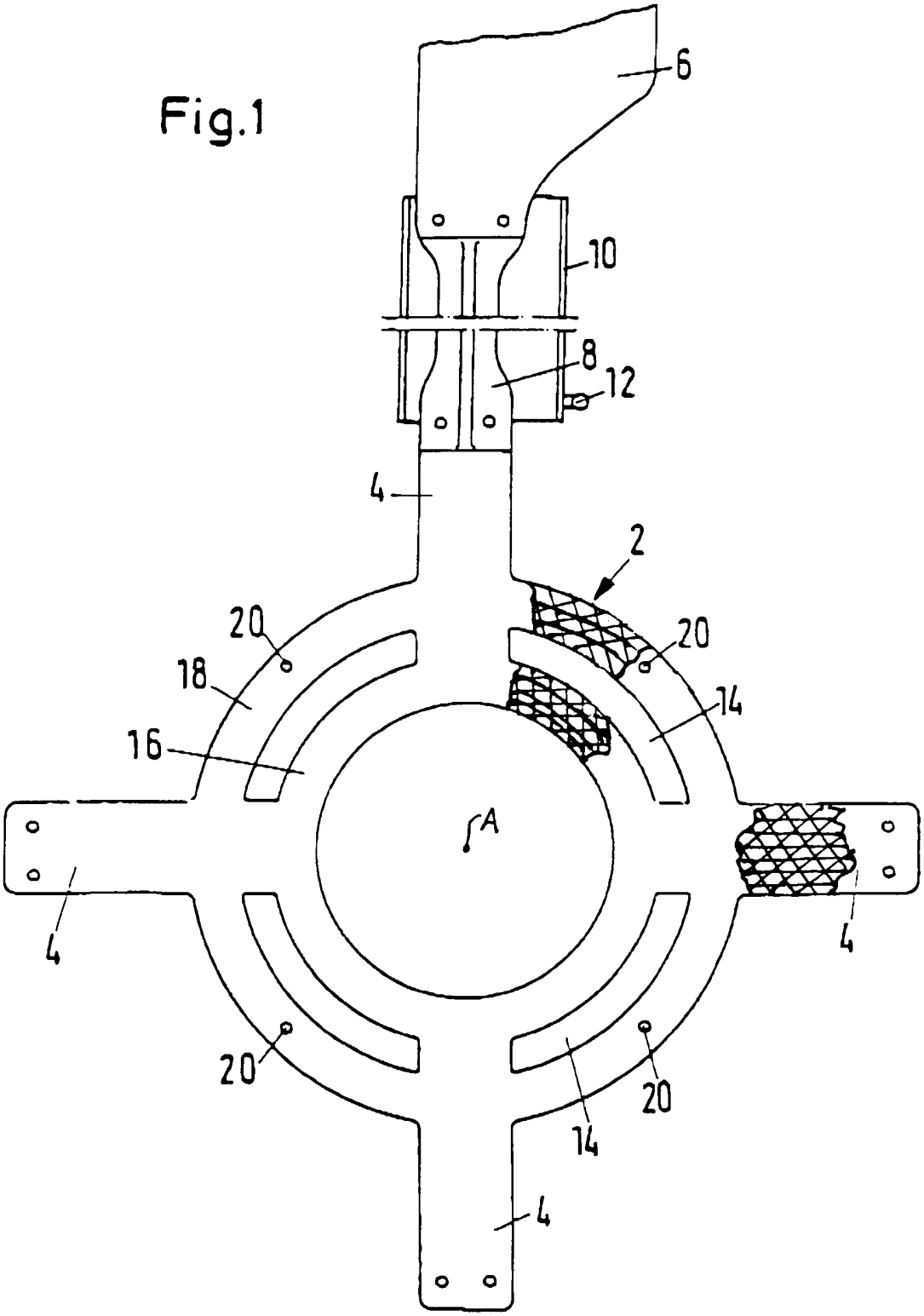


Fig. 2

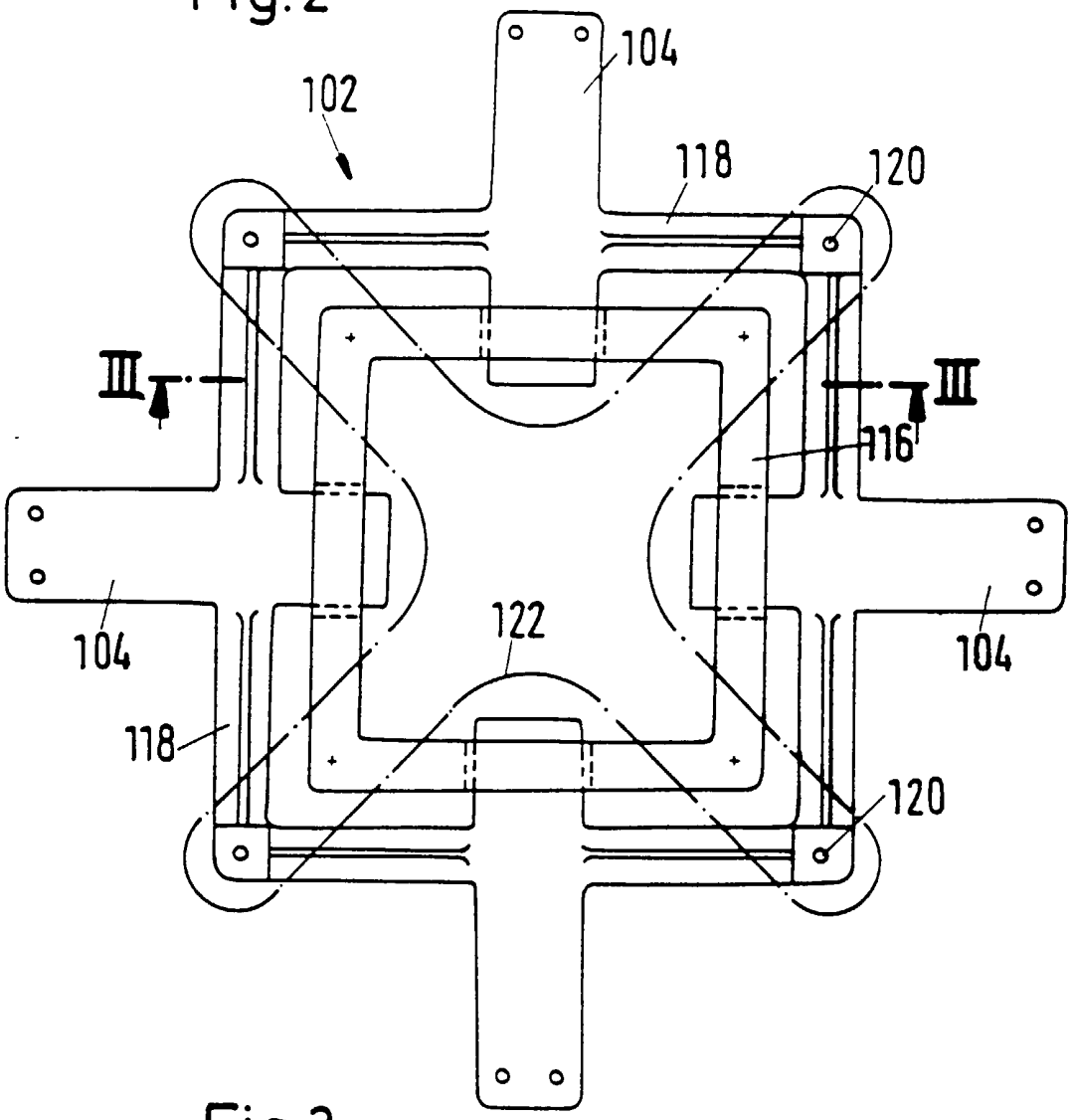

102
104
118
120
III
III
116
104
104
122
118
120

Fig. 3

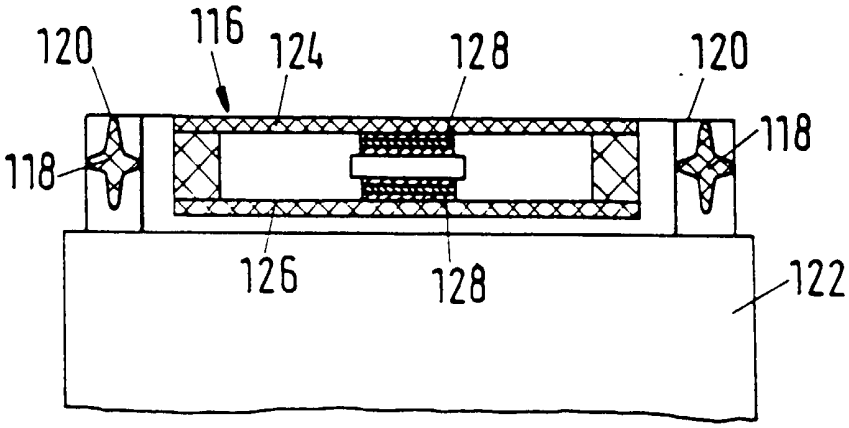
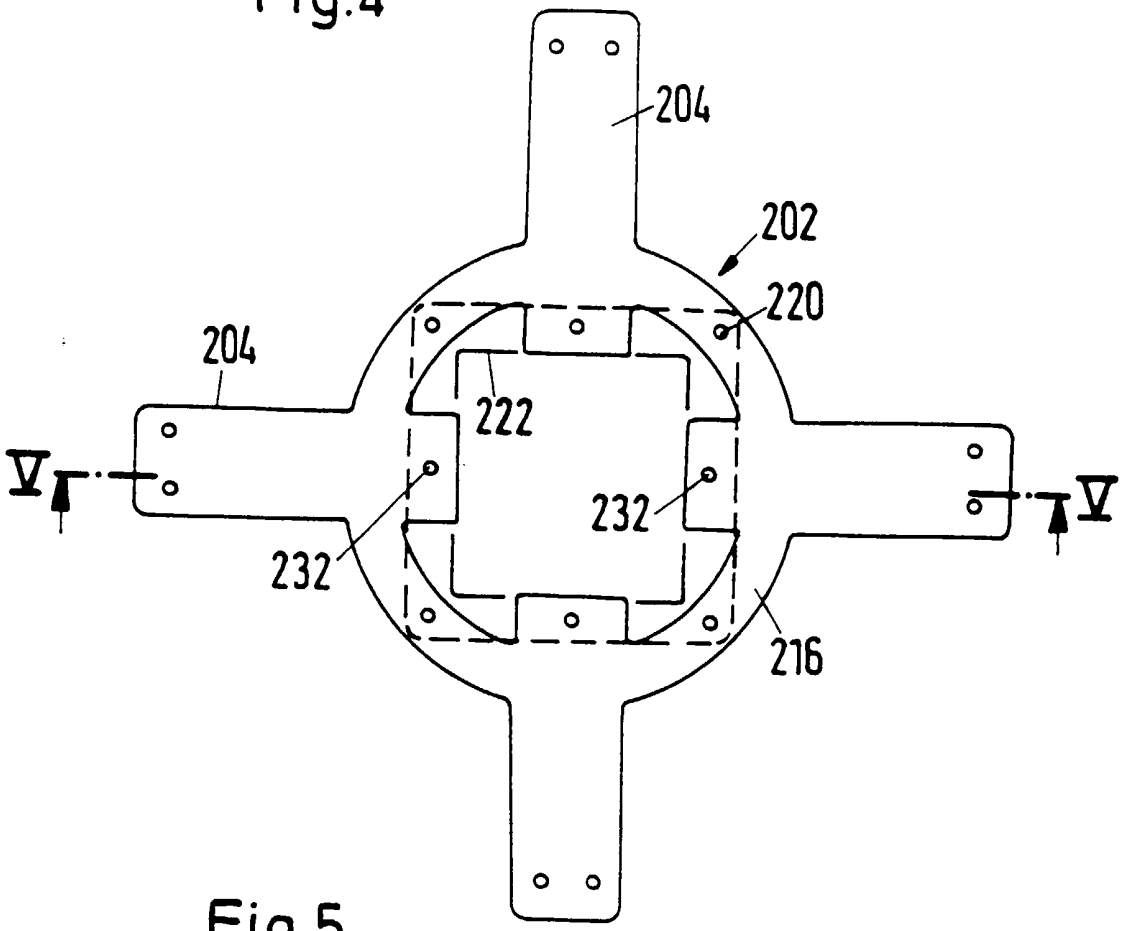

120
116
124
128
120
118
118
126
128
122

Fig.4



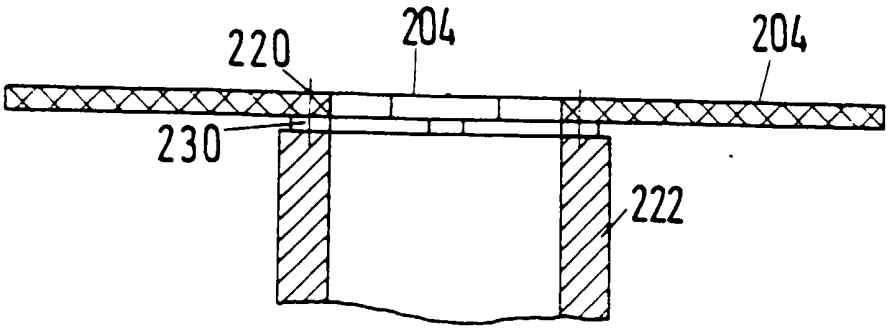


Fig.5