



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 510 697 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
03.05.2006 Bulletin 2006/18

(51) Int Cl.:
F04D 19/04^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **04292018.1**

(22) Date de dépôt: **09.08.2004**

(54) **Pompe à vide**

Vakuumpumpe

Vacuum pump

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **29.08.2003 FR 0310282**

(43) Date de publication de la demande:
02.03.2005 Bulletin 2005/09

(73) Titulaire: **ALCATEL
75008 Paris (FR)**

(72) Inventeur: **Rival, Jean-Luc
74370 Villaz (FR)**

(74) Mandataire: **Lamoureux, Bernard et al
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Département Propriété Industrielle
54, rue La Boétie
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A- 0 959 253 EP-A- 1 201 929
EP-A- 1 318 309**

EP 1 510 697 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne les pompes à vide permettant de générer et de maintenir un vide approprié dans une enceinte à vide ou une ligne de vide.

[0002] On connaît des pompes à vide de différents types qui sont généralement chacun adapté à des conditions particulières de débit et de pression de gaz pompé.

[0003] Ainsi, on a conçu des pompes primaires, qui doivent refouler à la pression atmosphérique, qui ont une pluralité d'étages de compression, et dont les derniers étages produisent une forte compression sous un débit volumique relativement faible. Un exemple de telle pompe primaire est une pompe cinématique formée d'un rotor en forme de disque à nervures concentriques équipées de lames individuelles radiales engagées dans des gorges annulaires concentriques communicantes correspondantes du stator.

[0004] Les pompes primaires ainsi constituées ne permettent pas d'atteindre des vides suffisamment poussés pour de nombreuses applications de vide. On les associe alors en série avec au moins une pompe secondaire, par exemple une pompe de type moléculaire ou de type turbomoléculaire, dont le refoulement est connecté aérauliquement à l'aspiration de la pompe primaire.

[0005] Une pompe moléculaire ou turbomoléculaire doit pouvoir se placer à proximité immédiate de l'enceinte à vide qu'elle doit évacuer, afin de bénéficier de la vitesse de pompage maximale dans l'enceinte à vide.

[0006] Or, habituellement, la dimension et le poids de l'étage de pompage primaire monoaxe est incompatible avec une intégration proche de l'enceinte à vide, et par conséquent la pompe primaire doit être éloignée de la chambre à vide, et les performances de pompage sont ainsi dégradées.

[0007] On a déjà imaginé de coupler mécaniquement la pompe primaire et la pompe secondaire, afin de les entraîner par un même moteur sur un même arbre-moteur. Ainsi, on a déjà décrit, dans le document US 5,848,873 A ou dans le document US 6,135,709 A ou dans le document EP 1318309 A, une pompe composite dans laquelle un étage de pompage cinématique à palettes radiales engagées dans des gorges annulaires du stator est monté sur un même rotor avec un étage de pompage moléculaire et éventuellement un étage de pompage turbomoléculaire, les étages de pompage étant connectés aérauliquement en série, les rotors étant montés les uns à la suite des autres sur un même arbre-moteur dont une extrémité est couplée à un moteur d'entraînement. L'étage de pompage cinématique présente l'avantage d'assurer la fonction de pompe primaire, refoulant à la pression atmosphérique, tout en ayant une vitesse de rotation élevée compatible avec les vitesses de rotation habituelles des étages moléculaires ou turbomoléculaires.

[0008] Le moteur d'une telle pompe composite doit pouvoir fournir une puissance suffisante pour l'entraînement de la pompe primaire. La position du moteur en

bout d'arbre-moteur conduit à un encombrement qui empêche l'intégration de la pompe composite à proximité immédiate de l'enceinte à vide que la pompe doit évacuer.

[0009] Les solutions proposées dans les documents US 5,848,873 et 6,135,709 A ne sont donc pas suffisantes pour les applications de vide dans lesquelles on veut intégrer le système de pompage directement à proximité de l'enceinte à vide.

[0010] Le problème proposé par la présente invention est de concevoir une nouvelle structure de pompe composite qui soit suffisamment compacte pour être intégrée à proximité immédiate des enceintes à vide ou chambre de procédés, et qui soit capable de pomper depuis la pression atmosphérique (1 000 mbar) jusqu'à des vides poussés habituellement nécessaires dans certaines industries (10^{-8} mbar).

[0011] L'idée qui est à la base de l'invention est pour cela à la fois de réduire l'encombrement du moteur lui-même qui entraîne la pompe, et de placer le moteur à l'intérieur même de la pompe pour réduire encore l'encombrement total de l'ensemble moteur-pompe.

[0012] Selon un autre aspect de l'invention, on prévoit une structure de pompe à étage primaire qui présente des propriétés de pompage améliorées et réglables, de façon à réaliser un pompage satisfaisant à l'aide d'une pompe de plus petit volume.

[0013] Pour atteindre ces buts ainsi que d'autres, une pompe à vide selon l'invention comporte, dans un même corps de pompe, au moins un étage de pompage moléculaire connecté aérauliquement en série avec au moins un étage de pompage primaire à vitesse compatible, l'étage de pompage moléculaire ayant un rotor moléculaire coopérant avec un stator moléculaire prévu dans le corps de pompe, l'étage de pompage primaire ayant un rotor primaire coopérant avec un stator primaire prévu dans le corps de pompe, les rotors moléculaire et primaire étant entraînés en rotation par un même arbre-moteur couplé à un moteur ; selon l'invention :

- le rotor moléculaire comporte une cavité axiale borgne ouverte vers l'aval du corps de pompe,
- le moteur est logé au moins partiellement dans ladite cavité axiale borgne du rotor moléculaire,
- l'arbre-moteur est couplé par son extrémité amont au rotor moléculaire,
- l'arbre-moteur est couplé par sa portion aval au rotor primaire.

[0014] L'étage de pompage primaire à vitesse compatible est une structure de pompage mécanique à entraînement visqueux à stator et rotor qui permet de refouler à la pression atmosphérique et qui fonctionne correctement aux vitesses de rotation habituelles des étages moléculaires ou turbomoléculaires, c'est-à-dire des vitesses de l'ordre de 20 000 tours/minute.

[0015] Dans une réalisation pratique, l'arbre-moteur est porté à rotation par un palier amont et un palier aval,

le palier amont étant situé entre le moteur et la zone d'accouplement au rotor moléculaire, le palier aval étant situé entre le moteur et la zone d'accouplement au rotor primaire.

[0016] Selon un premier mode de réalisation, une pompe à vide composite selon l'invention est telle que :

- le rotor primaire est un rotor cinématique multiétagé à entraînement visqueux comprenant un disque dont une face transversale comporte une série de nervures annulaires concentriques ayant chacune des lames individuelles radiales,
- le stator primaire est un stator cinématique comprenant une face transversale correspondante ayant une série de gorges annulaires concentriques dans lesquelles s'engagent les lames individuelles radiales du rotor cinématique,
- les gorges annulaires concentriques du stator cinématique ont une section transversale plus grande que les lames individuelles radiales correspondantes du rotor cinématique, à l'exception d'une courte zone de gorge à section réduite dans laquelle les lames individuelles radiales s'engagent à faible jeu,
- les gorges annulaires concentriques successives sont reliées l'une à l'autre par un canal de communication prévu à l'extrémité aval de la zone de gorge à section réduite.

[0017] Les zones de gorges à section réduite ont pour rôle de réaliser une barrière aux fuites entre deux gorges annulaires distinctes, qui sont à des pressions différentes.

[0018] Selon un second mode de réalisation, une pompe à vide selon l'invention est telle que le rotor primaire est un rotor cinématique multiétagé à entraînement visqueux comprenant un ou plusieurs disques dont une face transversale comporte des nervures centrifuges obliques qui coopèrent avec une face transversale correspondante d'un stator cinématique multiétagé.

[0019] Un perfectionnement consiste à prévoir que l'étage de pompage primaire est en outre tel que le rotor primaire comporte une face transversale amont à nervures centrifuges obliques qui coopèrent avec une face transversale correspondante du corps de pompe pour constituer un étage de pompage cinématique supplémentaire. Ainsi, sans augmenter l'encombrement de la pompe, on ajoute un étage de pompage qui permet d'améliorer les performances de pompage.

[0020] En alternative, selon une autre variante, l'étage de pompage primaire est en outre tel que :

- les nervures centrifuges obliques de rotor coopèrent avec la face transversale correspondante du corps de pompe pour constituer un joint dynamique aval qui produit une aspiration protégeant le palier aval,
- un dernier étage moléculaire est inversé pour réaliser un joint dynamique amont qui produit une aspiration protégeant le palier amont,

- une purge de gaz neutre est adaptée pour amener un courant de gaz neutre dans le logement contenant le moteur, et pour produire ainsi un courant de gaz neutre à travers les paliers.

[0021] De préférence, dans les modes de réalisation ci-dessus, la pompe à vide composite selon l'invention comprend une pluralité d'étages de pompage moléculaires constitués d'éléments de rotor en forme de cylindres concentriques reliés à l'arbre-moteur selon leurs extrémités amont, et d'éléments de stator en forme de cylindres concentriques à nervures hélicoïdales reliés au corps de pompe selon leurs extrémités aval et engagés entre les cylindres concentriques de rotor successifs.

[0022] Egalement, pour augmenter les performances de pompage, on peut prévoir que la pompe selon l'invention comprend en outre au moins un étage de pompage turbomoléculaire connecté aérauliquement en amont du ou des étages de pompage moléculaires, l'étage de pompage turbomoléculaire comportant un rotor turbomoléculaire ayant au moins un étage d'ailettes radiales et un stator turbomoléculaire ayant au moins une gorge annulaire dans laquelle sont engagées les ailettes radiales du rotor turbomoléculaire.

[0023] De préférence, on prévoit une pluralité d'étages turbomoléculaires constitués d'un rotor ayant une pluralité d'étages d'ailettes radiales répartis le long de l'arbre-moteur, et une pluralité de gorges annulaires correspondantes réparties sur le stator.

[0024] Dans les modes de réalisation définis ci-dessus, la position intérieure du moteur conduit de préférence à prévoir des moyens permettant d'augmenter le rendement global du moteur, afin de réduire les pertes et donc l'échauffement du moteur en fonctionnement. Le but est de fournir l'énergie mécanique nécessaire à l'entraînement de la pompe, avec un moteur plus petit. Pour cela, on peut notamment prévoir des moyens de refroidissement encastrés dans le stator du moteur, par exemple des canalisations dans lesquelles on fait passer un fluide de refroidissement.

[0025] De préférence, on prévoit en outre que :

- le moteur est adapté pour une vitesse de rotation élevée supérieure à 20 000 tours par minute en régime nominal,
- les gorges annulaires concentriques et les lames individuelles radiales correspondantes de l'étage primaire de type cinématique ont une taille plus réduite au voisinage du refoulement de l'étage de pompage cinématique.

[0026] Selon l'invention, on peut avantageusement prévoir un stator primaire de type cinématique multiétagé monté déplaçable dans la direction axiale par rapport au corps de pompe, et sollicité par des moyens de déplacement permettant de modifier sa position axiale relative par rapport au rotor primaire, de sorte que les performances de pompage sont réglables. On notera que cette dis-

position peut être utilisée dans une pompe à étage cinématique indépendamment de la présence ou de l'absence des autres caractéristiques définies ci-dessus, et qu'elle constitue ainsi une invention indépendante.

[0027] Par ailleurs, l'arbre-moteur peut avantageusement être guidé en rotation par des paliers magnétiques qui permettent une augmentation de la durée de vie et une réduction des vibrations.

[0028] D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation particuliers, faite en relation avec les figures jointes, parmi lesquelles:

- la figure 1 est une vue schématique en coupe longitudinale d'une structure de pompe à vide composite selon un premier mode de réalisation de la présente invention ;
- la figure 2 illustre la face transversale principale aval du rotor cinématique de la pompe de la figure 1 ;
- la figure 3 illustre soit la face transversale amont du rotor cinématique de la pompe de la figure 1 selon un mode de réalisation avantageux, soit la face transversale principale aval d'un rotor cinématique selon un second mode de réalisation ;
- la figure 4 illustre la face transversale amont active du stator cinématique de la pompe de la figure 1 ;
- la figure 5 est une vue en coupe longitudinale de la pompe de la figure 1, avec le stator cinématique déplacé ; et
- la figure 6 est une vue en coupe longitudinale d'une pompe à vide composite selon un autre mode de réalisation de la présente invention.

[0029] Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 1, une pompe à vide composite selon l'invention comporte, dans un même corps de pompe 100 ayant un orifice d'aspiration 1 et un orifice de refoulement 2, au moins un étage de pompage moléculaire 5 connecté aérauliquement, par un conduit de transfert 6, en série avec au moins un étage de pompage primaire 9 de type cinématique multiétagé à entraînement visqueux.

[0030] Dans la réalisation illustrée, la pompe comprend en outre au moins un étage de pompage turbomoléculaire 4, connecté aérauliquement en amont du ou des étages de pompage moléculaire 5.

[0031] L'étage de pompage moléculaire 5 comprend un rotor moléculaire 5a qui coopère avec un stator moléculaire 5b prévu dans le corps de pompe 100.

[0032] L'étage de pompage primaire 9 comprend un rotor primaire 9a de type cinématique coopérant avec un stator primaire 9b de type cinématique prévu dans le corps de pompe 100.

[0033] Le rotor moléculaire 5a et le rotor primaire 9a sont entraînés en rotation par un même arbre-moteur 8 couplé à un moteur 7 électrique.

[0034] Le moteur 7 comprend un rotor de moteur 7a, calé sur le tronçon central de l'arbre-moteur 8, et tournant dans un stator de moteur 7b lui-même fixé dans un lo-

gement 100b du corps de pompe 100.

[0035] L'arbre-moteur 8 est porté à rotation par un palier amont 15 et un palier aval 16, de part et d'autre du rotor de moteur 7a. Dans la réalisation illustrée sur la figure 1, les paliers 15 et 16 sont des paliers mécaniques à roulement à billes. En alternative, on peut avantageusement prévoir que les paliers 15 et/ou 16 sont des paliers magnétiques, de façon connue en soi.

[0036] Le rotor moléculaire 5a comporte une cavité axiale borgne 5c, ouverte vers l'aval du corps de pompe 100 c'est-à-dire ouverte vers l'orifice de refoulement 2, et fermée vers l'amont, c'est-à-dire en direction de l'orifice d'aspiration 1, par une paroi transversale 5d.

[0037] Selon l'invention, le moteur 7 est logé au moins partiellement dans ladite cavité axiale borgne 5c du rotor moléculaire 5a. De préférence, comme représenté sur la figure 1, le moteur 7 est logé entièrement dans la cavité axiale borgne 5c du rotor moléculaire 5a. Pour cela, l'arbre-moteur 8 est couplé par son extrémité amont 8a au rotor moléculaire 5a, et l'arbre-moteur 8 est couplé par sa portion aval 8b au rotor primaire 9a.

[0038] Dans l'exemple illustré, l'extrémité amont 8a de l'arbre-moteur 8 traverse un trou axial prévu dans la paroi transversale 5d du rotor moléculaire 5a, et lui est fixée par un écrou 8c. De façon similaire, la portion aval 8b de l'arbre-moteur 8 traverse un trou ménagé dans le rotor primaire 9a, et lui est fixée par un écrou 13.

[0039] Le palier amont 15 comprend, dans le mode de réalisation illustré, une rondelle élastique 15a de précharge du roulement à billes constituant ledit palier amont 15.

[0040] Le palier amont 15 est situé entre le moteur 7 et l'extrémité amont 8a de l'arbre-moteur 8 ou zone d'accouplement au rotor moléculaire 5a.

[0041] Le palier aval 16 est situé entre le moteur 7 et la portion aval 8b de l'arbre-moteur 8 ou zone d'accouplement au rotor primaire 9a.

[0042] Dans le mode de réalisation de la figure 1, le rotor primaire 9a est un rotor cinématique comprenant un disque dont une face transversale, par exemple la face transversale aval dans le mode de réalisation illustré, comprend une série de nervures annulaires concentriques ayant chacune des lames individuelles radiales. A cet égard, on pourra se référer à la figure 2, qui illustre en perspective un mode de réalisation d'une telle face transversale 9c d'un rotor cinématique 9a en forme de disque : on distingue les nervures annulaires concentriques successives 9d, 9e, 9f, 9g et 9h, qui s'étagent depuis la périphérie vers le centre du disque. Chaque nervure annulaire concentrique 9d-9h comporte des lames individuelles radiales telles que la lame 10, dépassant axialement depuis la crête de la nervure annulaire concentrique correspondante 9d et orientées chacune sensiblement selon une direction radiale par rapport au disque formant le rotor cinématique 9a.

[0043] Le stator cinématique 9b comporte une paroi transversale, solidaire du corps de pompe 100 et qui comprend une face transversale correspondante, la face transversale amont dans le mode de réalisation illustré,

qui comporte une série de gorges annulaires concentriques. A cet égard, on pourra se référer à la figure 4, qui illustre en perspective un mode de réalisation d'un tel stator cinématique 9b, avec des gorges annulaires concentriques 9j, 9k, 9l, 9m et 9n, qui correspondent respectivement aux nervures annulaires concentriques respectives 9d-9h du rotor cinématique 9a. Les lames individuelles radiales telles que la lame 10 du rotor cinématique 9a s'engagent dans les gorges annulaires concentriques 9j-9n, et pour cela les gorges annulaires concentriques 9j-9n du stator cinématique 9b ont une section transversale plus grande que les lames individuelles radiales 10 correspondantes du rotor cinématique 9a, à l'exception d'une courte zone de gorge à section réduite dans laquelle les lames individuelles radiales 10 s'engagent à faible jeu. On distingue ainsi, par exemple, pour la gorge 9k de la figure 4, une zone de gorge à section réduite 9o dans laquelle la gorge 9k n'est pas évasée vers son fond, contrairement aux autres portions de la même gorge 9k.

[0044] Les gorges annulaires concentriques successives 9j-9n sont reliées l'une à l'autre par un canal de communication prévu à l'extrémité aval de la zone de gorge correspondante. On distingue ainsi par exemple le canal 9p qui relie les gorges annulaires concentriques 9j et 9k.

[0045] Dans le mode de réalisation de la figure 1, on a en outre représenté un étage de pompage additionnel 11, à l'interface entre le rotor primaire 9a et la portion amont du corps de pompe 100. Dans ce cas, la seconde face transversale ou face transversale amont du disque de rotor cinématique 9a peut être telle que représentée en perspective sur la figure 3 pour constituer un rotor 11 a, comportant des nervures centrifuges obliques 11c, 11d, 11e et 11f, pour coopérer avec une face transversale correspondante 11b (figure 1) du corps de pompe 100 qui constitue un stator.

[0046] En se référant à nouveau à la figure 1, on voit que, dans le mode de réalisation illustré, on a prévu une pluralité d'étages de pompage moléculaires 5, constitués d'éléments de rotor en forme de cylindres concentriques reliés à l'arbre-moteur 8 selon leurs extrémités amont, c'est-à-dire selon la paroi transversale 5d, et d'éléments de stator en forme de cylindres concentriques à nervures hélicoïdales reliés au corps de pompe 100 selon leurs extrémités aval et engagés entre les cylindres concentriques de rotor successifs. Sur la figure, on distingue trois cylindres de stator et deux cylindres de rotor imbriqués les uns dans les autres.

[0047] Egalement, sur la figure, on distingue l'étage de pompage turbomoléculaire 4 comportant un rotor turbomoléculaire 4a ayant au moins un étage d'ailettes radiales, deux étages d'ailettes radiales sur la figure, et un stator turbomoléculaire 4b ayant des couronnes annulaires, deux couronnes sur la figure 1, qui s'engagent entre les ailettes radiales du rotor turbomoléculaire 4a. Les couronnes peuvent être des pièces rapportées, empiilées axialement avec des entretoises appropriées, de

façon connue en soi. En alternative, de façon également connue en soi, le stator peut être constitué de l'assemblage périphérique de plusieurs coquilles rapportées radialement autour du rotor.

[0048] De manière à réduire le volume de l'ensemble, on cherche à réaliser un moteur 7 de petite taille, permettant son insertion à l'intérieur de la cavité 5c du rotor moléculaire 5a. Pour cela, il faut notamment améliorer le refroidissement du moteur 7, et l'on peut prévoir à cet effet des moyens de refroidissement 17 encastrés dans le stator de moteur 7b, par exemple des canalisations de conduction d'un fluide de refroidissement.

[0049] En alternative ou en complément, le moteur 7 doit être adapté pour permettre une vitesse de rotation élevée, supérieure à 20 000 tours par minute en régime nominal. La densité de puissance électrique est, de cette façon, plus élevée, ce qui permet de réduire la taille du moteur.

[0050] En alternative ou en complément, les gorges annulaires concentriques 9j-9n et les lames individuelles radiales correspondantes 10 ont une taille plus réduite au voisinage du refoulement de l'étage cinématique. En pratique, sur les figures 2 et 4, la dimension transversale des gorges et des lames est de plus en plus petite lorsque l'on passe de la gorge annulaire périphérique 9j à la gorge annulaire centrale 9n, et il en est de même des nervures concentriques 9d-9h et des lames individuelles radiales 10. De la sorte, les aubages sont réduits dans la zone de haute pression, c'est-à-dire au voisinage de l'axe de rotation, ce qui réduit les frottements visqueux et permet de réduire la puissance que doit développer le moteur.

[0051] En alternative ou en complément, on prévoit des moyens pour réduire les fuites entre les étages de pompage cinématiques, en prévoyant un très faible jeu entre les lames individuelles radiales 10 et les zones de gorges à section réduite 9o. Cela peut être obtenu en prévoyant une grande précision d'usinage des pièces correspondantes, mais également en prévoyant des moyens de réglage de la position axiale du stator cinématique 9b par rapport au rotor cinématique 9a, comme cela sera décrit ci-après.

[0052] Dans le mode de réalisation illustré sur les figures 1 et 5, le stator cinématique 9b peut être déplacé axialement entre une position de rapprochement maximal illustrée sur la figure 1 et une position d'éloignement maximal illustrée sur la figure 5. Pour cela, le rotor cinématique 9a peut coulisser axialement dans le corps de pompe 100, avec interposition d'un joint d'étanchéité annulaire 100a, en étant guidé par des moyens de guidage 21 et sollicité par des moyens de déplacement tels qu'un vérin non représenté.

[0053] En position de rapprochement maximal illustrée sur la figure 1, les lames individuelles radiales 10 pénètrent au plus profond dans les gorges correspondantes 9j-9n, ce qui permet de réduire à la plus petite taille possible le jeu entre les lames individuelles radiales 10 et les zones de gorges à section réduite 9o, comme illustré sur la figure 1 dans la partie droite du rotor cinématique

9a. En position de recul maximal telle qu'illustrée sur la figure 5, on augmente le jeu entre les lames individuelles radiales 10 et le stator cinématique 9b, augmentant les fuites internes et réduisant ainsi les performances de pompage.

[0054] Il est ainsi possible de modifier à volonté les performances de pompage de la pompe cinématique, indépendamment de sa vitesse, et de façon rapide et efficace en positionnant à volonté le stator cinématique 9b en toute position entre ses positions de rapprochement maximal et de recul maximal. Simultanément, les moyens de réglage de position axiale permettent de réduire au maximum les fuites internes lorsque l'on est en position de rapprochement maximal de la figure 1, permettant la constitution d'une pompe cinématique à performance améliorée.

[0055] On comprendra que l'utilisation des moyens de réglage de position du stator cinématique 9b par rapport au rotor cinématique 9a est indépendante de la présence ou de l'absence des autres parties de structure de la pompe de la figure 1, et notamment de la présence d'étages moléculaires et/ou d'étages turbomoléculaires. Ce moyen constitue ainsi une invention indépendante qui peut être utilisée seule, pour certaines applications des pompes cinématiques.

[0056] On considère maintenant le mode de réalisation tel qu'illustré sur la figure 6. Dans ce cas, la pompe composite reprend les moyens essentiels du mode de réalisation de la figure 1, avec les étages de pompage moléculaires 5, éventuellement les étages de pompage turbomoléculaires 4, avec l'étage de pompage cinématique 9, et avec le moteur 7 engagé dans la cavité postérieure 5c et monté sur le tronçon central de l'arbre-moteur 8 dont l'extrémité amont 8a est couplée au rotor moléculaire 5a et dont la zone aval 8b est couplée au rotor cinématique 9a.

[0057] Dans ce second mode de réalisation, on privilégie les moyens pour protéger les paliers 15 et 16 contre l'action néfaste des gaz corrosifs, poudres et poussières que la pompe est souvent amenée à extraire des chambres à vide. Pour cela, on prévoit une purge 19 par laquelle on peut introduire un gaz neutre de purge dans le logement 100b contenant le moteur 7, et on prévoit des moyens pour aspirer le gaz neutre à travers les zones occupées par les paliers 15 et 16.

[0058] Ainsi, on prévoit un conduit d'aspiration 20 qui va directement depuis le refoulement de l'étage de pompage moléculaire 5 vers l'étage de pompage cinématique 9, en périphérie du disque formant le rotor cinématique 9a, et on inverse le sens des rainures hélicoïdales dans le dernier étage de pompage moléculaire 5e pour que celui-ci constitue un joint dynamique amont qui aspire les gaz provenant du palier amont 15 pour les refouler vers l'étage de pompage cinématique 9. Simultanément, on peut prévoir que la seconde face transversale amont 11a du disque de rotor cinématique 9a, comme illustré sur la figure 3, comporte des nervures centrifuges obliques 11c-11f pour coopérer avec une face correspon-

dante 11 b du corps de pompe 100 et constituer un joint dynamique aval qui aspire les gaz depuis le palier aval 16 vers l'étage de pompage primaire 9.

[0059] Le moteur 7 est alimenté par des conducteurs électriques reliés à un connecteur d'alimentation électrique 18.

[0060] Selon l'invention, on peut remplacer le rotor primaire cinématique à face transversale aval munie de lames individuelles radiales engagées dans des gorges annulaires concentriques d'un stator cinématique, par toute autre structure de pompage primaire multiétagé cinématique à entraînement visqueux qui fonctionne de façon satisfaisante à la vitesse de rotation des pompes moléculaires ou turbomoléculaires.

[0061] Un exemple d'une autre structure possible d'un tel étage primaire approprié est illustré par la figure 3. On considère alors que la face 11a constitue la face principale du rotor 9a, et que les nervures centrifuges obliques 11c-11f, coopérant avec une face transversale correspondante du stator ou corps de pompe, constituent un étage cinématique à entraînement visqueux. On peut alors concevoir un empilement de plusieurs disques similaires dont une face transversale comporte les nervures centrifuges obliques qui coopèrent avec une face transversale correspondante d'un stator cinématique multiétagé.

[0062] Ce mode de réalisation est également compatible avec la présence d'un étage de pompage cinématique supplémentaire constitué par la face transversale amont du rotor avec d'autres nervures centrifuges obliques.

[0063] Le mode de réalisation est également compatible avec une disposition particulière de joints dynamiques et purges de gaz neutre dans la zone des paliers.

[0064] Dans tous les cas, on peut prévoir une pluralité d'étages de pompage moléculaire et/ou turbomoléculaire.

Revendications

1. Pompe à vide comportant, dans un même corps de pompe (100), au moins un étage de pompage moléculaire (5) connecté aérauliquement en série avec au moins un étage de pompage primaire (9) à vitesse compatible, l'étage de pompage moléculaire (5) ayant un rotor moléculaire (5a) coopérant avec un stator moléculaire (5b) prévu dans le corps de pompe (100), l'étage de pompage primaire (9) ayant un rotor primaire (9a) coopérant avec un stator primaire (9b) prévu dans le corps de pompe (100), les rotors moléculaire (5a) et primaire (9a) étant entraînés en rotation par un même arbre-moteur (8) couplé à un moteur (7),

caractérisée en ce que :

- le rotor moléculaire (5a) comporte une cavité axiale borgne (5c) ouverte vers l'aval du corps

- de pompe (100),
 - le moteur (7) est logé au moins partiellement dans ladite cavité axiale borgne (5c) du rotor moléculaire (5a),
 - l'arbre-moteur (8) est couplé par son extrémité amont (8a) au rotor moléculaire (5a),
 - l'arbre-moteur (8) est couplé par sa portion aval (8b) au rotor primaire (9a).
2. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'arbre-moteur (8) est porté à rotation par un palier amont (15) et un palier aval (16), le palier amont (15) étant situé entre le moteur (7) et la zone d'accouplement (8a) au rotor moléculaire (5a), le palier aval (16) étant situé entre le moteur (7) et la zone d'accouplement (8b) au rotor primaire (9a).
3. Pompe à vide selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** :
- le rotor primaire (9a) est un rotor cinématique multiétagé à entraînement visqueux comprenant un disque dont une face transversale (9c) comporte une série de nervures annulaires concentriques (9d-9h) ayant chacune des lames individuelles radiales (10),
 - le stator primaire (9b) est un stator cinématique comprenant une face transversale correspondante ayant une série de gorges annulaires concentriques (9j-9n) dans lesquelles s'engagent les lames individuelles radiales (10) du rotor cinématique (9a),
 - les gorges annulaires concentriques (9j-9n) du stator cinématique (9b) ont une section transversale plus grande que les lames individuelles radiales (10) correspondantes du rotor cinématique (9a), à l'exception d'une courte zone de gorge à section réduite (9o) dans laquelle les lames individuelles radiales (10) s'engagent à faible jeu,
 - les gorges annulaires concentriques (9j-9n) successives étant reliées l'une à l'autre par un canal de communication (9p) prévu à l'extrémité aval de la zone de gorge à section réduite (9o).
4. Pompe à vide selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le rotor primaire (9a) est un rotor cinématique multiétagé à entraînement visqueux comprenant un ou plusieurs disques dont une face transversale comporte des nervures centrifuges obliques qui coopèrent avec une face transversale correspondante d'un stator cinématique multiétagé.
5. Pompe à vide selon l'une des revendications 3 ou 4, **caractérisée en ce que** l'étage de pompage primaire (9) est en outre tel que le rotor primaire (9a) comporte une face transversale (11a) amont à nervures centrifuges obliques (11c-11f) qui coopèrent avec une face transversale correspondante (11b) du corps de pompe (100) pour constituer un étage de pompage cinématique supplémentaire (11).
6. Pompe à vide selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** l'étage de pompage primaire (9) est en outre tel que :
- les nervures centrifuges obliques (11c-11f) de rotor coopèrent avec la face transversale correspondante (11b) du corps de pompe (100) pour constituer un joint dynamique aval qui produit une aspiration protégeant le palier aval (16),
 - un dernier étage moléculaire (5d) est inversé pour réaliser un joint dynamique amont qui produit une aspiration protégeant le palier amont (15),
 - une purge de gaz neutre (19) est adaptée pour amener un courant de gaz neutre dans le logement (100b) contenant le moteur (7), et pour produire ainsi un courant de gaz neutre à travers les paliers (15, 16).
7. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce qu'elle** comprend une pluralité d'étages de pompage moléculaires (5) constitués d'éléments de rotor en forme de cylindres concentriques reliés à l'arbre-moteur (8) selon leurs extrémités amont, et d'éléments de stator en forme de cylindres concentriques à nervures hélicoïdales reliés au corps de pompe (100) selon leurs extrémités aval et engagés entre les cylindres concentriques de rotor successifs.
8. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce qu'elle** comprend en outre au moins un étage de pompage turbomoléculaire (4) connecté aérauliquement en amont du ou des étages de pompage moléculaires (5), l'étage de pompage turbomoléculaire (4) comportant un rotor turbomoléculaire (4a) ayant au moins un étage d'ailettes radiales et un stator turbomoléculaire (4b) ayant au moins une gorge annulaire dans laquelle sont engagées les ailettes radiales du rotor turbomoléculaire (4a).
9. Pompe à vide selon la revendication 8, **caractérisée en ce qu'elle** comprend une pluralité d'étages turbomoléculaires constitués d'un rotor ayant une pluralité d'étages d'ailettes radiales répartis le long de l'arbre-moteur (8), et une pluralité de gorges annulaires correspondantes réparties sur le stator (4b).
10. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** le moteur (7) comprend des moyens de refroidissement (17) encastrés dans le stator de moteur (7b).

11. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce que** :

- le moteur (7) est adapté pour une vitesse de rotation élevée supérieure à 20 000 tours par minute en régime nominal, 5
- les gorges annulaires concentriques (9j-9n) et les lames individuelles radiales correspondantes (10) ont une taille plus réduite au voisinage du refoulement de l'étage de pompage cinématique (9). 10

12. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisée en ce que** le stator primaire (9b) est monté déplaçable dans la direction axiale par rapport au corps de pompe (100) et est sollicité par des moyens de déplacement permettant de modifier sa position axiale relative par rapport au rotor primaire (9a), de sorte que les performances de pompage sont réglables. 15 20

13. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisée en ce que** l'arbre-moteur (8) est guidé en rotation par des paliers magnétiques (15, 16). 25

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, die in ein und demselben Pumpengehäuse (100) mindestens eine Molekularpumpstufe (5) beinhaltet, welche pneumatisch mit mindestens einer Vorvakuumpumpstufe (9) mit kompatibler Geschwindigkeit in Reihe geschaltet ist, wobei die Molekularpumpstufe (5) einen Molekularrotor (5a) hat, der mit einem Molekularstator (5b) zusammenwirkt, der im Pumpengehäuse (100) vorgesehen ist, wobei die Vorvakuumpumpstufe (9) einen Vorvakuumrotor (9a) hat, der mit einem Vorvakuumstator (9b) zusammenwirkt, der im Pumpengehäuse (100) vorgesehen ist, wobei der Molekularrotor (5a) und der Vorvakuumrotor (9a) durch ein und dieselbe an einen Motor (7) gekoppelte Antriebswelle (8) in Drehbewegung angetrieben werden, **dadurch gekennzeichnet, dass:** 30 35 40 45 50 55
- der Molekularrotor (5a) einen axialen Blindhohlraum (5c) beinhaltet, der zur nachgeschalteten Seite des Pumpengehäuses (100) offen ist,
 - der Motor (7) zumindest teilweise in diesem axialen Blindhohlraum (5c) des Molekularrotors (5a) sitzt,
 - die Antriebswelle (8) mit ihrem vorgeschalteten Ende (8a) an den Molekularrotor (5a) gekoppelt ist,
 - die Antriebswelle (8) mit ihrem nachgeschalteten Teil (8b) an den Vorvakuumrotor (9a) ge-

koppelt ist.

2. Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebswelle (8) durch ein vorgeschaltetes Lager (15) und ein nachgeschaltetes Lager (16) in Drehbewegung gebracht wird, wobei das vorgeschaltete Lager (15) zwischen dem Motor (7) und dem Ankupplungsbereich (8a) an den Molekularrotor (5a) liegt, und das nachgeschaltete Lager (16) zwischen dem Motor (7) und dem Ankupplungsbereich (8b) an den Vorvakuumrotor (9a) liegt.

3. Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

- der Vorvakuumrotor (9a) ein kinematischer Mehrstufenrotor mit viskosem Antrieb ist, der eine Scheibe beinhaltet, deren eine transversale Fläche (9c) eine Reihe konzentrischer ringförmiger Rippen (9d-9h) beinhaltet, die jeweils einzelne radiale Lamellen (10) besitzen,
- der Vorvakuumstator (9b) ein kinematischer Stator ist, der eine entsprechende transversale Fläche beinhaltet, die eine Reihe konzentrischer ringförmiger Rillen (9j-9n) besitzt, in welche die einzelnen radialen Lamellen (10) des kinematischen Rotors (9a) eingreifen,
- die konzentrischen ringförmigen Rillen (9j-9n) des kinematischen Stators (9b) einen größeren Querschnitt haben als die entsprechenden einzelnen radialen Lamellen (10) des kinematischen Rotors (9a), mit Ausnahme eines kurzen Rillenbereichs mit geringerem Querschnitt (9o), in den die einzelnen radialen Lamellen (10) mit geringem Spiel eingreifen,
- die aufeinander folgenden konzentrischen ringförmigen Rillen (9j-9n) über einen Verbindungskanal (9p) miteinander verbunden sind, der am nachgeschalteten Ende des Rillenbereichs mit dem geringeren Querschnitt (9o) vorgesehen ist.

4. Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorvakuumrotor (9a) ein kinematischer Mehrstufenrotor mit viskosem Antrieb ist, der eine oder mehrere Scheiben beinhaltet, deren eine transversale Fläche schräge zentrifugale Rippen beinhaltet, die mit einer entsprechenden transversalen Fläche eines kinematischen Mehrstufensators zusammenwirken.

5. Vakuumpumpe gemäß Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorvakuumpumpstufe (9) außerdem dergestalt ist, dass der Vorvakuumrotor (9a) eine vorgeschaltete transversale Fläche (11a) mit schrägen zentrifugalen Rippen (11c-11f) beinhaltet, die mit einer entsprechenden transversalen Fläche (11b) des Pumpengehäuses (100) zu-

sammenwirken, um eine zusätzliche kinematische Pumpstufe (11) zu bilden.

6. Vakuumpumpe gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorvakuumstufung (9) außerdem dergestalt ist, dass:

- die schrägen zentrifugalen Rotorrippen (11c-11f) mit der entsprechenden transversalen Fläche (11b) des Pumpengehäuses (100) zusammenwirken, um eine nachgeschaltete Bewegungsdichtung zu bilden, die eine Ansaugung erzeugt, welche das nachgeschaltete Lager (16) schützt,
- eine letzte molekulare Stufe (5d) umgekehrt wird, um eine vorgeschaltete Bewegungsdichtung zu bilden, die eine Ansaugung erzeugt, welche das vorgeschaltete Lager (15) schützt,
- ein Neutralgasablass (19) angepasst wird, um einen Neutralgasstrom in die Aufnahme (100b) zu bringen, welche den Motor (7) enthält, und um somit einen Neutralgasstrom durch die Lager (15, 16) zu erzeugen.

7. Vakuumpumpe gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Vielzahl von Molekularpumpstufen (5) enthält, die aus Rotorelementen in Form von konzentrischen Zylindern bestehen, die mit der Antriebswelle (8) entsprechend ihren vorgeschalteten Enden verbunden sind, und aus Statorelementen in Form konzentrischer Zylinder mit schraubenförmigen Rippen, die mit dem Pumpengehäuse (100) entsprechend ihren nachgeschalteten Enden verbunden sind und zwischen die aufeinander folgenden konzentrischen Rotorzylinder eingreifen.

8. Vakuumpumpe gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie außerdem mindestens eine Turbomolekularpumpstufe (4) enthält, die pneumatisch oberhalb der Molekularpumpstufe oder -stufen (5) verbunden ist, wobei die Turbomolekularpumpstufe (4) einen Turbomolekularrotor (4a) beinhaltet, der mindestens eine Stufe mit radialen Flügeln besitzt, und einen Turbomolekularstator (4b), der mindestens eine ringförmige Rille hat, in die die radialen Flügel des Turbomolekularrotors (4a) eingepasst sind.

9. Vakuumpumpe gemäß Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Vielzahl von Turbomolekularstufen beinhaltet, die aus einem Rotor mit einer Vielzahl von entlang der Antriebswelle (8) angeordneten Stufen mit radialen Flügeln und einer Vielzahl über den Stator (4b) verteilter entsprechenden ringförmiger Rillen besteht.

10. Vakuumpumpe gemäß einem der Ansprüche 1 bis

9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Motor (7) Kühlmittel (17) enthält, die in den Motorstator (7b) eingebaut sind,

11. Vakuumpumpe gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

- der Motor (7) für eine hohe Drehzahl über 20.000 Umdrehungen pro Minute im Nennbetrieb angepasst ist,
- die konzentrischen ringförmigen Rillen (9j-9n) und die entsprechenden einzelnen radialen Lamellen (10) in der Nähe der Förderung der kinematischen Pumpstufe (9) eine geringere Größe haben.

12. Vakuumpumpe gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorvakuumstator (9b) in der Axialrichtung bezogen auf das Pumpengehäuse (100) verschiebbar angebracht ist und durch Verschiebungsmittel angetrieben wird, die es ermöglichen, seine relative axiale Position bezogen auf den Vorvakuumrotor (9a) abzuändern, so dass die Pumpleistungen regulierbar sind.

13. Vakuumpumpe gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebswelle (8) durch Magnetlager (15, 16) in der Drehbewegung geführt wird.

Claims

1. A vacuum pump comprising, in a common pump body (100), at least one molecular drag pump stage (5) in series in air-flow connection with at least one primary pump stage (9) of compatible speed, the molecular drag pump stage (5) having a molecular drag rotor (5a) co-operating with a molecular drag stator (5b) provided in the pump body (100), the primary pump stage (9) having a primary rotor (9a) co-operating with a primary stator (9b) provided in the pump body (100), the molecular drag rotor (5a) and the primary rotor (9a) being rotated by a common drive shaft (8) coupled to a motor (7), the pump being **characterized in that:**

- the molecular drag rotor (5a) includes a blind axial cavity (5c) that is open towards the downstream end of the pump body (100);
- the motor (7) is housed at least in part in said blind axial cavity (5c) of the molecular drag rotor (5a);
- the drive shaft (8) is coupled via its upstream end (8a) to the molecular drag rotor (5a); and
- the drive shaft (8) is coupled via its downstream portion (8b) to the primary rotor (9a).

2. A vacuum pump according to claim 1, **characterized in that** the drive shaft (8) is carried to rotate by an upstream bearing (15) and a downstream bearing (16), the upstream bearing (15) being situated between the motor (7) and the zone (8a) for coupling to the molecular drag rotor (5a), the downstream bearing (16) being situated between the motor (7) and the zone (8b) for coupling to the primary rotor (9a).
3. A vacuum pump according to claim 1 or claim 2, **characterized in that:**
- the primary rotor (9a) is a multistage regenerative rotor using viscous drag, comprising a disk having a transverse face (9c) carrying a series of concentric annular ribs (9d-9h) each carrying individual radial blades (10);
 - the primary stator (9b) is a regenerative stator including a corresponding transverse face having a series of concentric annular grooves (9j-9n) in which the individual radial blades (10) of the regenerative rotor (9a) are engaged;
 - the concentric annular grooves (9j-9n) of the regenerative stator (9b) are of cross-section that is greater than the cross-section of the corresponding individual radial blades (10) of the regenerative rotor (9a), with the exception of a short groove zone (9o) of small section in which the individual radial blades (10) engaged with little clearance; and
 - the successive concentric annular grooves (9j-9n) are connected to one another via respective communication channel (9p) provided at the downstream end of the corresponding small section groove zone (9o).
4. A vacuum pump according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** the primary rotor (9a) is a multistage regenerative rotor using viscous drag comprising one or more disks, each having a transverse face carrying oblique centrifugal ribs which co-operate with a corresponding transverse face of a multistage regenerative stator.
5. A vacuum pump according to claim 3 or claim 4, **characterized in that** the primary pump stage (9) is also such that the primary rotor (9a) includes an upstream transverse face (11a) having oblique centrifugal ribs (11c-11f) which co-operate with a corresponding transverse face (11b) of the pump body (100) in order to constitute an additional regenerative pump stage (11).
6. A vacuum pump according to claim 5, **characterized in that** the primary pump stage (9) is further such that:
- the oblique centrifugal ribs (11c-11f) of the rotor co-operate with the corresponding transverse face (11b) of the pump body (100) to constitute a downstream dynamic seal which produces suction protecting the downstream bearing (16);
 - a last molecular drag stage (5d) is reversed to constitute an upstream dynamic seal which produces suction protecting the upstream bearing (15); and
 - an inert gas inlet (19) is adapted to deliver a flow of inert gas into the housing (100b) containing the motor (7), thereby producing a flow of inert gas through the bearings (15, 16).
7. A vacuum pump according to any one of claims 1 to 6, **characterized in that** it comprises a plurality of molecular drag pump stages (5) constituted by rotor elements in the form of concentric cylinders connected to the drive shaft (8) at their upstream ends, and a plurality of stator elements in the form of concentric cylinders having helical ribs and connected to the pump body (100) at their downstream end, and engaged between successive concentric rotor cylinders.
8. A vacuum pump according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** it further comprises at least one turbomolecular pump stage (4) in gas-flow connection upstream from the molecular drag pump stage(s) (5), the turbomolecular pump stage (4) comprising a turbomolecular rotor (4a) having at least one stage with radial fins and a turbomolecular stator (4b) having at least one annular groove in which the radial fins of the turbomolecular rotor (4a) are engaged.
9. A vacuum pump according to claim 8, **characterized in that** it comprises a plurality of turbomolecular stages constituted by a rotor having a plurality of stages of radial fins distributed along the drive shaft (8) and a plurality of corresponding annular grooves distributed along the stator (4b).
10. A vacuum pump according to any one of claims 1 to 9, **characterized in that** the motor (7) includes cooling means (17) engaged in the stator (7b) of the motor.
11. A vacuum pump according to any one of claims 1 to 10, **characterized in that:**
- the motor (7) is adapted for a high speed of rotation, greater than 20,000 rpm in nominal operating conditions; and
 - the concentric annular grooves (9j-9n) and the corresponding individual radial blades (10) are of a size that is smaller in the vicinity of the delivery from the regenerative pump stage (9).

12. A vacuum pump according to any one of claims 1 to 11, **characterized in that** the primary stage (9b) is mounted to be movable in the axial direction relative to the pump body (100) and is driven by displacement means enabling its axial position relative to the primary rotor (9a) to be modified, thereby enabling pumping performance to be adjusted. 5
13. A vacuum pump according to any one of claims 1 to 12, **characterized in that** the drive shaft (8) is guided in rotation by magnetic bearings (15, 16). 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

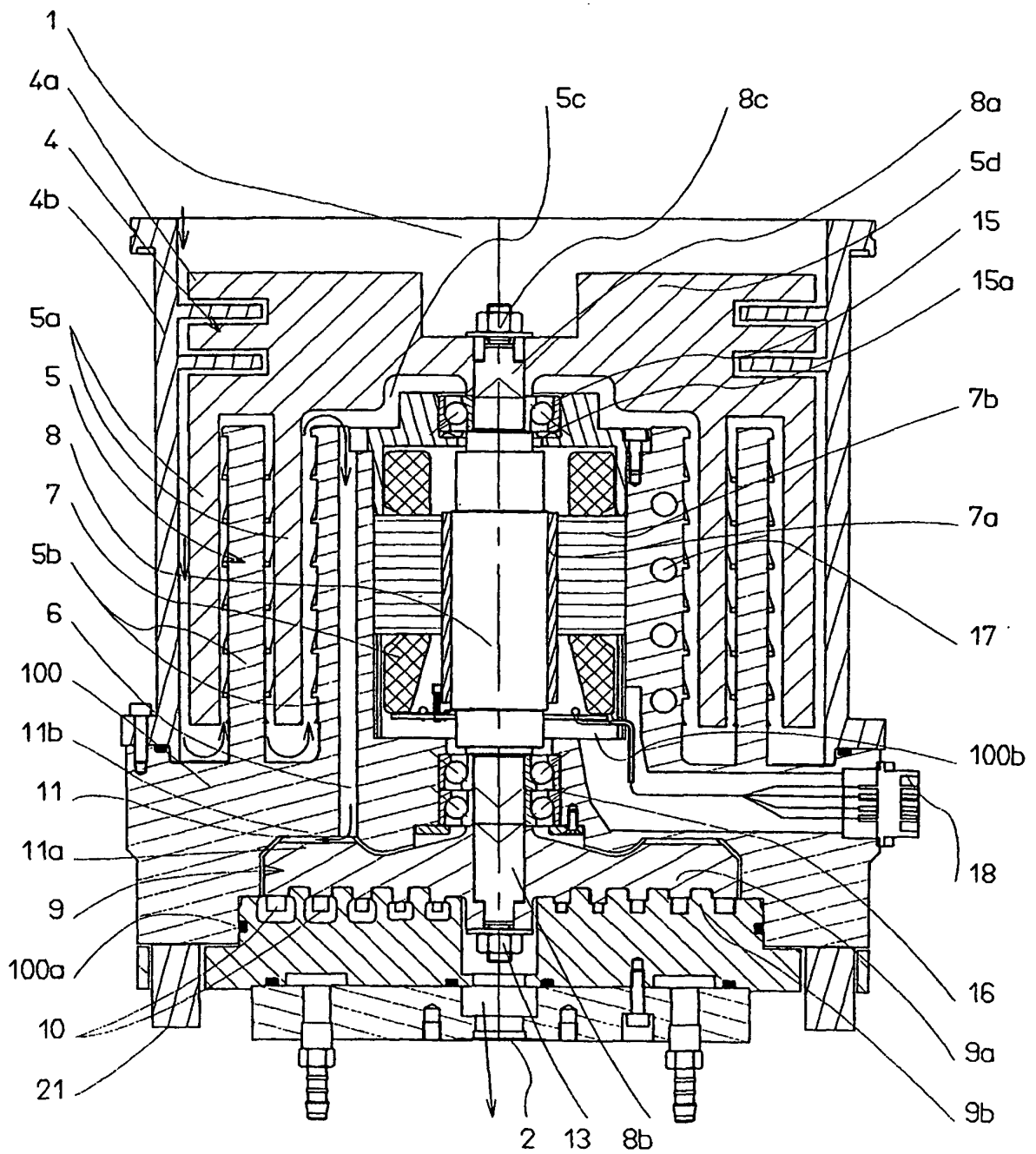


Fig. 1

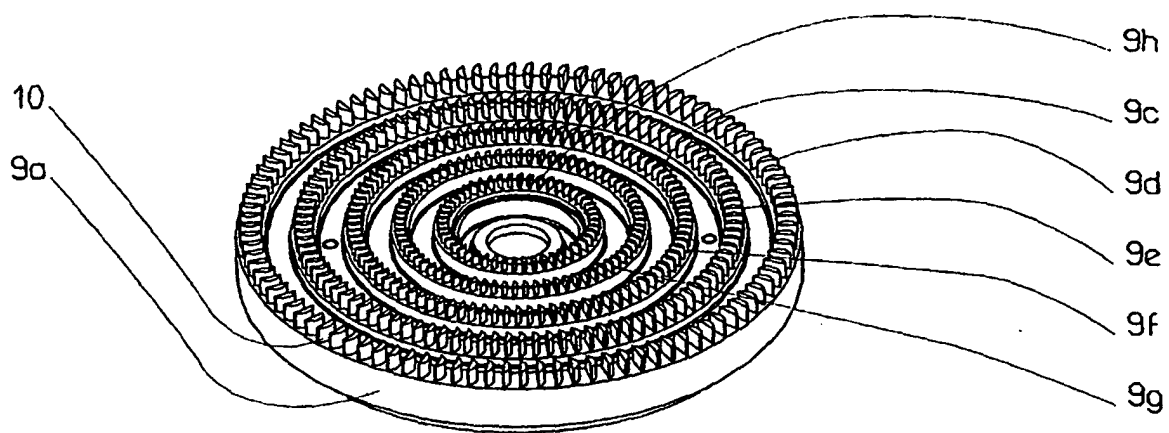


Fig. 2

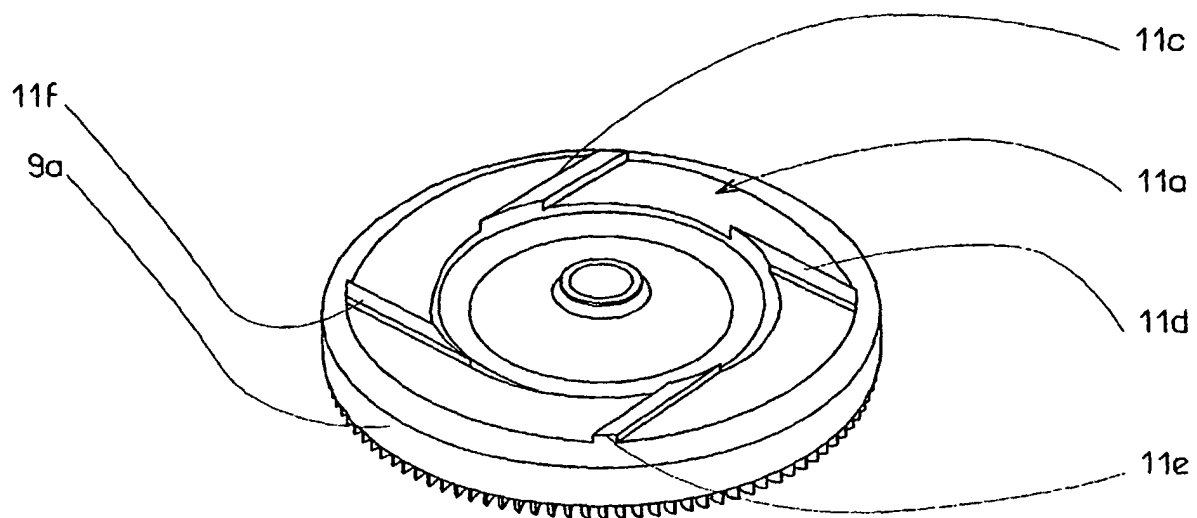


Fig. 3

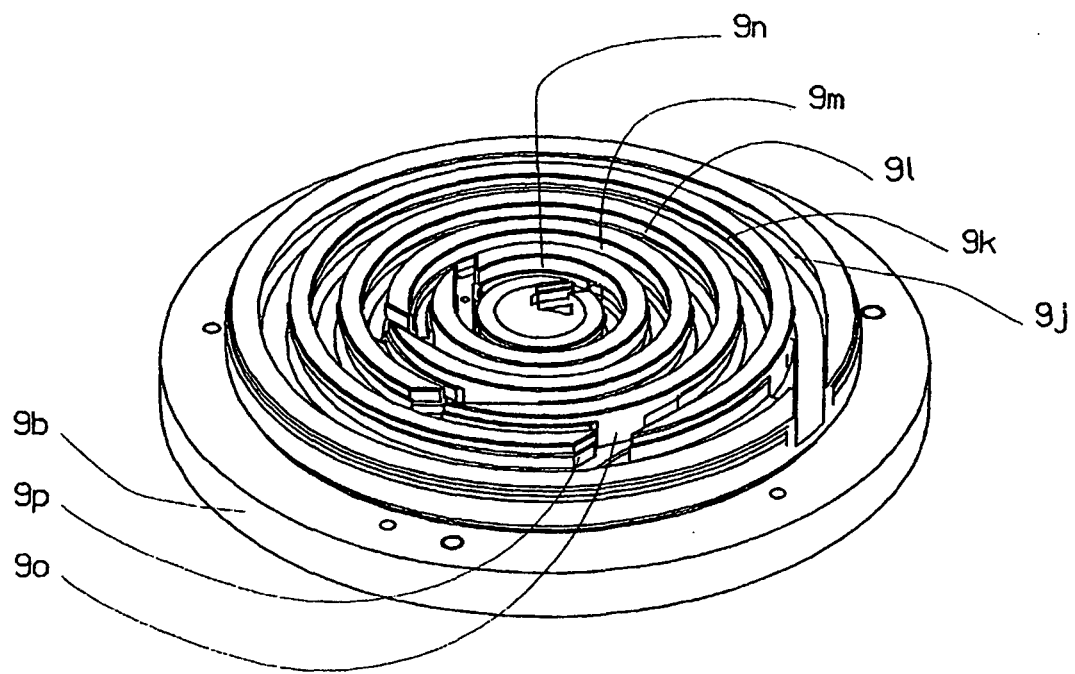


Fig. 4

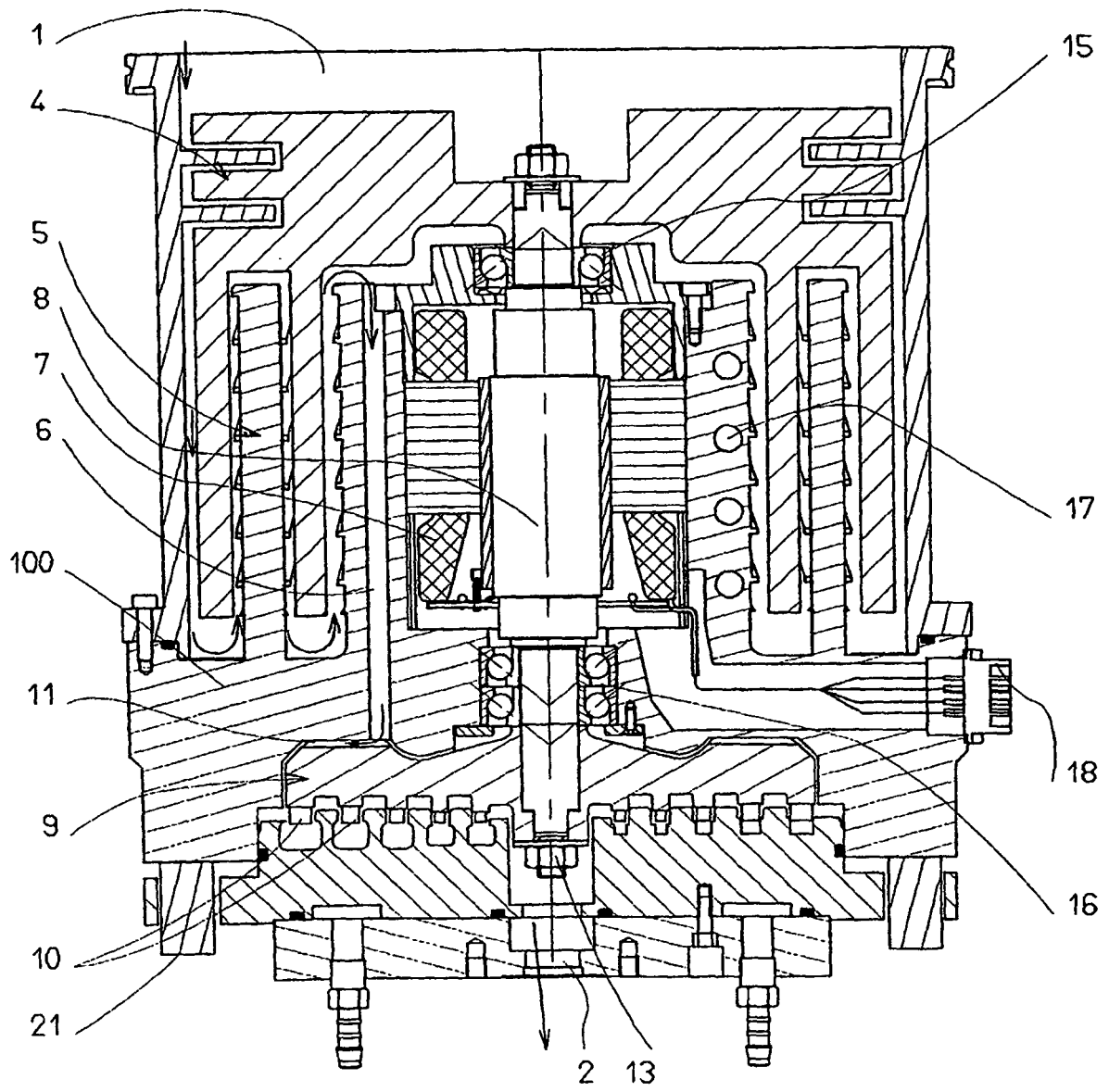


Fig. 5

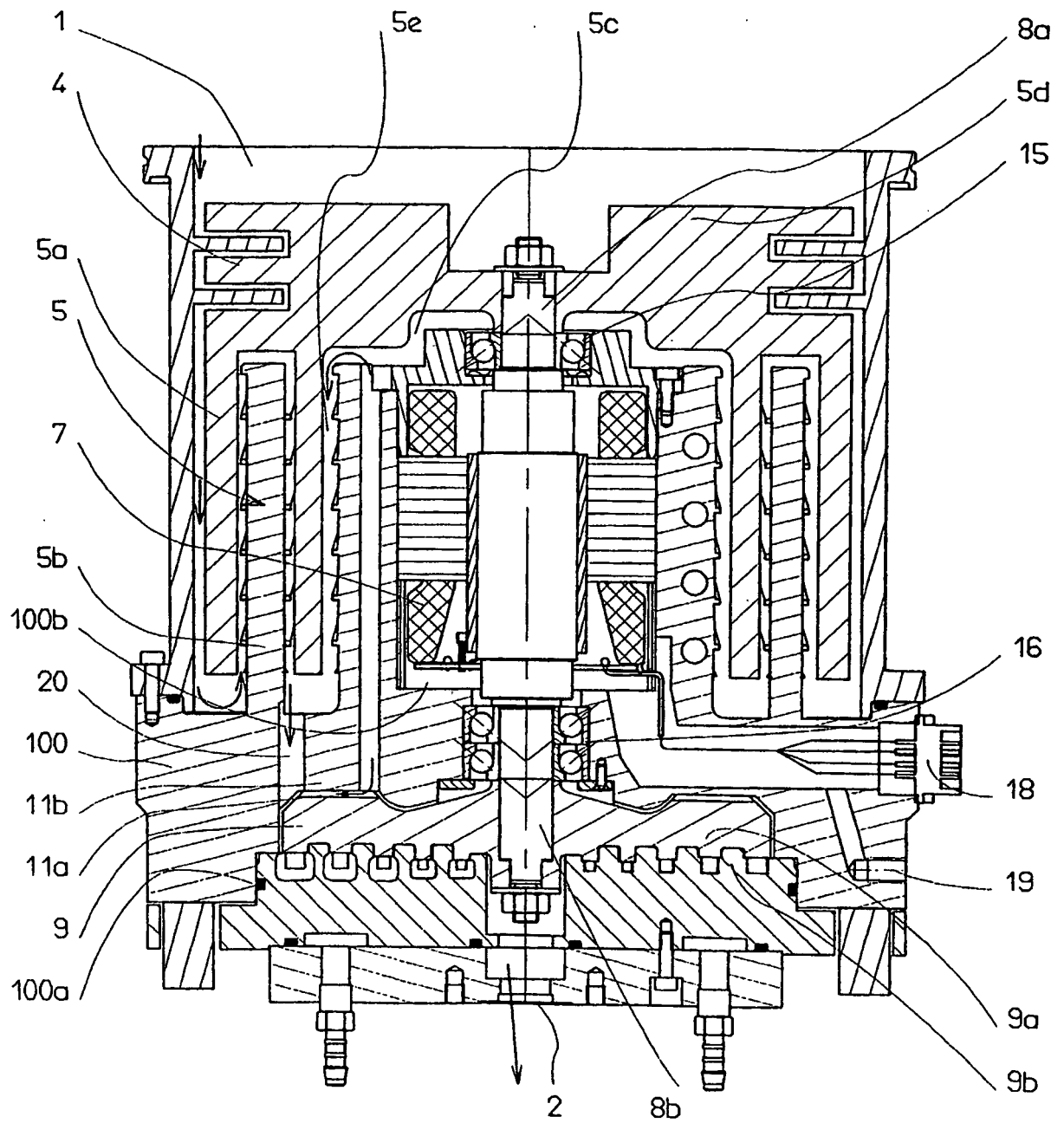


Fig. 6