

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
09 novembre 2023 (09.11.2023)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2023/213458 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F04D 19/04 (2006.01) F04D 29/64 (2006.01)
F04D 29/54 (2006.01)

(72) Inventeur : VARENNES, Nicolas ; C/O PFEIFFER VACUUM SAS - Service Propriété Industrielle, 98 Avenue de Brogny, BP2069, 74009 Annecy Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2023/054002

(74) Mandataire : CROONENBROEK, Thomas et al. ; 11 Avenue des Tilleuls, 74200 Thonon les Bains (FR).

(22) Date de dépôt international :
17 février 2023 (17.02.2023)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

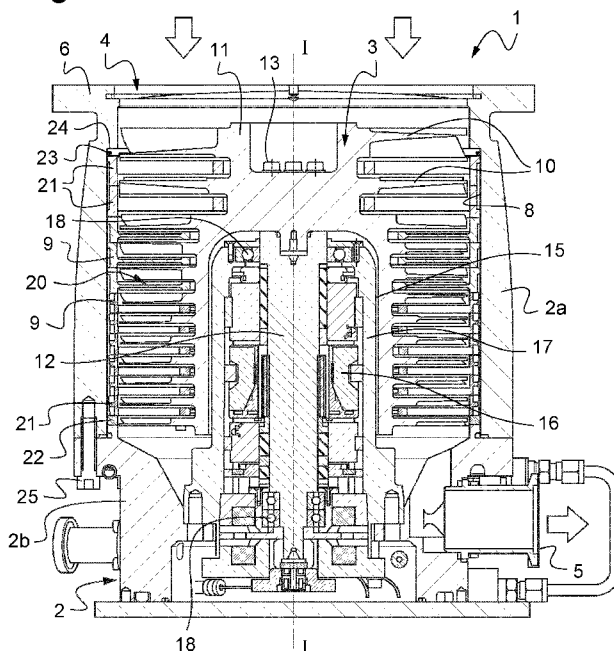
(30) Données relatives à la priorité :
FR2204277 05 mai 2022 (05.05.2022) FR

(71) Déposant : PFEIFFER VACUUM [FR/FR] ; 98 Avenue de Brogny, 74000 Annecy (FR).

(54) Title: TURBOMOLECULAR VACUUM PUMP AND ASSEMBLY METHOD THEREOF

(54) Titre : POMPE À VIDE TURBOMOLÉCULAIRE ET PROCÉDÉ D'ASSEMBLAGE

Fig.1



(57) Abstract: The invention relates to a turbomolecular vacuum pump (1) in which each annular stator stage (9) is respectively formed of two radially opposite stator half-sectors (9a, 9b) each comprising a finned sector (20) and a spacer sector (21) located on the periphery of a respective finned sector (20). The vacuum pump (1) further comprises an annular elastic device (23) made of metal inserted between, on the one hand, a second annular border (24) of the installation (8) located on the side of the suction opening (4) and, on the other hand, the spacer sectors (21) of the stacks of stator half-sectors (9a, 9b), the stacks of stator half-sectors (9a, 9b) being held in the installation (8) through the compression of the annular elastic device (23) by axially clamping the casing (2a) to a high-pressure bush (2b) of the stator (2).

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(57) **Abrége :** Pompe à vide (1) turbomoléculaire dans laquelle chaque étage stator annulaire (9) est respectivement formé de deux demi-secteurs de stators (9a, 9b) opposés radialement comprenant chacun un secteur à ailettes (20) et un secteur entretoise (21) situé en périphérie d'un secteur à ailettes (20) respectif. La pompe à vide (1) comporte en outre un dispositif élastique annulaire (23) métallique interposé entre d'une part, une deuxième bordure annulaire (24) du logement (8) située du côté de l'orifice d'aspiration (4) et d'autre part, les secteurs entretoises (21) des empilements de demi-secteurs de stator (9a, 9b), les empilements de demi-secteurs de stator (9a, 9b) étant maintenus dans le logement (8) par compression du dispositif élastique annulaire (23) par serrage axial du carter (2a) à une douille haute pression (2b) du stator (2).

Description

Titre : Pompe à vide turbomoléculaire et procédé d'assemblage

[0001] La présente invention concerne une pompe à vide turbomoléculaire. La présente invention concerne également un procédé d'assemblage d'une pompe à vide turbomoléculaire.

[0002] La génération d'un vide poussé dans une enceinte nécessite l'utilisation de pompes à vide turbomoléculaires composées d'un stator dans lequel un rotor est entraîné en rotation rapide, par exemple une rotation à plus de trente mille tours par minute.

[0003] Les pompes turbomoléculaires comprennent généralement un stator périphérique multiétagé à ailettes engagées entre des ailettes d'un rotor central multiétagé.

[0004] Un rotor multiétagé de pompe turbomoléculaire comprend une série axiale d'étages rotors constitués chacun d'une couronne centrale de laquelle partent, en direction sensiblement radiale, des ailettes de rotor réparties régulièrement en périphérie de la couronne centrale. L'ensemble est monté rotatif selon un axe de rotation, et est entraîné par des moyens moteurs.

[0005] Le stator multiétagé est composé d'une série axiale de stators annulaires formant chacun un étage stator, chaque étage stator étant formé d'une jante annulaire de laquelle partent, en direction sensiblement radiale, des ailettes inclinées.

[0006] Les ailettes inclinées d'un étage stator viennent s'engager entre les ailettes inclinées de deux étages rotors successifs.

[0007] Une première structure connue de stator est réalisée par l'assemblage progressif d'une pluralité de secteurs de stator à ailettes autour du rotor monobloc. Les secteurs de stator à ailettes sont agencés deux à deux par assemblage radial entre deux étages rotors à ailettes successifs, une entretoise annulaire étant engagée axialement entre deux étages de secteurs de stator à ailettes successifs, l'entretoise étant prise en sandwich sur la périphérie des secteurs de stator amont et aval.

[0008] On comprend que le montage d'une telle structure est fastidieux, et qu'il nécessite de prévoir des composants dont les dimensions sont déterminées de façon suffisamment précise pour que le cumul des tolérances éventuelles de dimension des composants soit inférieur à la tolérance dimensionnelle axiale du rotor, afin d'éviter le contact entre les ailettes du rotor et les ailettes du stator en

cours de fonctionnement de la pompe. Il en résulte un coût de réalisation relativement élevé que l'on pourrait trouver avantage à réduire.

[0009] Une seconde structure connue de stator est formée de l'assemblage radial de deux demi-stators, chaque demi-stator étant constitué d'une demi-coque en forme de demi-cylindre de laquelle partent radialement vers l'intérieur des ailettes de stator, agencées en une série d'étages stators s'imbriquant avec les ailettes des étages rotors.

[0010] Les deux demi-stators monoblocs permettent que les pièces constitutives d'une telle structure de pompe turbomoléculaire puissent être réalisées avec des tolérances moins strictes car il n'y a pas un empilement de plusieurs pièces mises les unes à la suite des autres. Toutefois, la réalisation des demi-stators par usinage est relativement complexe et onéreuse, de sorte que l'intérêt de cette structure de pompe est limité.

[0011] Un des buts de la présente invention est de proposer une pompe à vide turbomoléculaire résolvant au moins partiellement un inconvénient de l'état de la technique, notamment en ayant un coût de réalisation réduit.

[0012] A cet effet, l'invention a pour objet une pompe à vide turbomoléculaire comportant un stator et un rotor configuré pour tourner dans le stator, le stator comportant :

- un carter dans lequel est ménagé un logement ouvert sur un orifice d'aspiration de la pompe à vide,
- une douille haute pression dans laquelle est ménagé un orifice de refoulement de la pompe à vide, et
- au moins deux étages stators annulaires reçus dans le logement du carter et respectivement agencés entre deux étages rotors à ailettes successifs du rotor, caractérisée en ce que chaque étage stator annulaire est respectivement formé de deux demi-secteurs de stators opposés radialement comprenant chacun un secteur à ailettes et un secteur entretoise situé en périphérie d'un secteur à ailettes respectif, les secteurs entretoises venant en appui sur les secteurs entretoises d'un autre étage stator annulaire ou sur une première bordure annulaire du logement située du côté de l'orifice de refoulement,
- et en ce que la pompe à vide comporte en outre un dispositif élastique annulaire métallique interposé entre d'une part, une deuxième bordure annulaire du logement située du côté de l'orifice d'aspiration et d'autre part, les secteurs entretoises des empilements de demi-secteurs de stator, les empilements de demi-secteurs de

stator étant maintenus dans le logement par compression du dispositif élastique annulaire par serrage axial du carter à la douille haute pression du stator.

[0013] A la différence de la première structure de l'art antérieur utilisant des entretoises annulaires, les deux empilements de la présente invention n'ont pas exactement la même hauteur du fait de la dispersion de fabrication due aux tolérances d'usinage (jusqu'à 1mm d'écart entre les deux empilements) de sorte qu'au montage, il n'est pas possible de venir en appui plan avec le carter sur les empilements pour leurs maintiens dans le stator. Cet écart est cependant rattrapé par le dispositif élastique annulaire qui permet au carter de venir en appui sur les deux empilements, alors mêmes que ceux-ci sont décalés en hauteur.

[0014] Cette structure permet de diminuer le coût de production de la pompe turbomoléculaire car on peut réduire les exigences de précision de réalisation des pièces constitutives. De plus, le nombre de pièces à assembler lors du montage d'une pompe turbomoléculaire est réduit par rapport à la première structure de l'art antérieur utilisant des secteurs à ailettes et entretoises annulaires distinctes, à intercaler entre deux étages stator annulaires.

[0015] Par ailleurs dans une telle structure, les demi-secteurs de stators sont des éléments individuels qui peuvent être aisément fabriqués par rapport à la deuxième structure de l'art antérieur à demi-stators monoblocs. Il est en effet possible de réaliser des demi-secteurs de stators par emboutissage ou par fonderie, ce qui permet de réduire de façon importante le coût de production par rapport aux procédés de fabrication de stators taillés dans la masse.

[0016] En disposant le dispositif élastique annulaire du côté de l'orifice d'aspiration de la pompe à vide, on obtient de plus un meilleur contact thermique entre le dernier étage stator annulaire (côté haute pression), la première bordure annulaire et la douille haute pression.

[0017] En effet, lorsque le stator de la pompe vide est configurée pour être chauffé, généralement au niveau de la douille haute pression, la chaleur peut être transmise aux étages stators annulaires par conduction thermique dans le stator, sans interruption du dispositif élastique annulaire. La pompe à vide turbomoléculaire peut pour cela comporter un dispositif de chauffage, par exemple configuré pour chauffer le stator à une température comprise entre 120°C et 200°C, telle que 150°C.

[0018] Lorsque la pompe vide n'est pas configurée pour être chauffée, la chaleur emmagasinée au niveau des secteurs à ailettes peut mieux s'évacuer par conduction thermique dans la douille haute pression et il est ainsi possible de passer plus de flux de gaz à pomper dans la pompe à vide.

[0019] Par ailleurs, l'utilisation d'un dispositif élastique annulaire métallique permet d'éviter d'utiliser des matériaux élastomères qui présentent l'inconvénient de dégazer et donc d'augmenter la pression de vide limite.

[0020] La pompe à vide peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques qui sont décrites ci-après, prises seules ou en combinaison.

[0021] Chaque secteur entretoise est par exemple formé d'une demi-couronne de laquelle partent des ailettes réparties régulièrement sur le pourtour intérieur de la demi-couronne pour former le secteur à ailettes, les secteurs à ailettes comportant une demi-couronne interne respective joignant les extrémités opposées des ailettes, le secteur entretoise, le secteur à ailettes et une demi-couronne interne d'un demi-secteur de stator respectif étant réalisés d'une seule pièce.

[0022] Les demi-secteurs de stators sont de préférence angulairement alignés axialement dans chaque empilement.

[0023] Le dispositif élastique annulaire est par exemple réalisé en acier inoxydable.

[0024] Le dispositif élastique annulaire est par exemple formé par un fil métallique ondulé.

[0025] Les surfaces radiales des secteurs entretoises en appui sur les secteurs entretoises d'un autre étage stator annulaire ou sur la première bordure annulaire du logement peuvent être planes.

[0026] Les surfaces radiales des secteurs entretoises des deux premiers demi-secteurs de stator du côté du dispositif élastique annulaire peuvent être planes.

[0027] Le diamètre du dispositif élastique annulaire peut être dimensionné pour être centré sur le diamètre du logement du carter.

[0028] Selon un autre exemple, les secteurs entretoises des deux premiers demi-secteurs de stator peuvent présenter un épaulement annulaire côté intérieur, le diamètre du dispositif élastique annulaire étant dimensionné pour être centré sur l'épaulement annulaire.

[0029] La première bordure annulaire est par exemple formée par une entretoise.

[0030] Le rotor peut comporter une jupe en aval des étages rotors à ailettes, configurée pour tourner en regard de rainures hélicoïdales du stator.

[0031] La présente invention a aussi pour objet un procédé d'assemblage d'une pompe à vide turbomoléculaire telle que décrite précédemment, dans lequel :

- on insère un dispositif élastique annulaire dans le logement contre une deuxième bordure annulaire située du côté de l'orifice d'aspiration de la pompe à vide,

- on insère des empilements de demi-secteurs de stators angulairement alignés dans le logement de manière que le dispositif élastique annulaire soit interposé

entre la deuxième bordure annulaire et les secteurs entretoises des empilements, et - on serre axialement le carter à la douille haute pression du stator pour maintenir les empilements de demi-secteurs de stator dans le logement en comprimant le dispositif élastique annulaire.

5 **[0032]** Présentation des dessins

[0033] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation particulier de l'invention, mais nullement limitatif, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

10 **[0034]** [Fig. 1] La figure 1 montre une vue en coupe axiale d'une pompe à vide turbomoléculaire selon un premier exemple de réalisation.

[0035] [Fig. 2] La figure 2 montre des éléments de la pompe à vide de la figure 1 à l'état désassemblé.

[0036] [Fig. 3] La figure 3 montre une vue agrandie d'un demi-secteur de stator de la pompe à vide.

15 **[0037]** [Fig. 4] La figure 4 est une vue en coupe schématique partielle d'un détail d'une variante de réalisation de la pompe à vide.

[0038] [Fig. 5] La figure 5 montre une vue en coupe axiale d'une pompe à vide turbomoléculaire selon un autre exemple de réalisation.

20 **[0039]** Sur ces figures, les éléments identiques portent les mêmes numéros de référence.

[0040] Les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation, ceci ne signifie pas nécessairement que chaque référence concerne le même mode de réalisation, ou que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être combinées ou interchangées pour fournir d'autres réalisations.

25 **[0041]** On entend par « en amont », un élément qui est placé avant un autre par rapport au sens de circulation des gaz pompés. A contrario, on entend par « en aval », un élément placé après un autre par rapport au sens de circulation des gaz pompés.

30 **[0042]** On définit par axiale la direction parallèle à l'axe de rotation I-I du rotor de la pompe à vide et par radial, les directions perpendiculaires à la direction axiale.

[0043] La figure 1 illustre un premier exemple de réalisation d'une pompe à vide 1 turbomoléculaire.

[0044] La pompe à vide 1 turbomoléculaire comporte un stator 2 dans lequel un rotor 3 est configuré pour tourner à grande vitesse en rotation axiale, par exemple une rotation à plus de trente mille tours par minute.

5 [0045] Les gaz pompés entrent par un orifice d'aspiration 4 et sont évacués par un orifice de refoulement 5 de la pompe à vide 1 turbomoléculaire. En fonctionnement, l'orifice de refoulement 5 est raccordé à un pompage primaire.

[0046] Le stator 2 comporte un carter 2a dans lequel est ménagé un logement 8 et comporte au moins deux étages stators annulaires 9 reçus dans le logement 8. Le stator 2 comporte également une douille haute pression 2b dans laquelle est
10 ménagé l'orifice de refoulement 5 de la pompe à vide 1.

[0047] Le logement 8, au moins formé dans le carter 2a, est ouvert à une extrémité sur l'orifice d'aspiration 4 de la pompe à vide 1. Il présente une enveloppe périphérique cylindrique. Le carter 2a peut comporter une bride annulaire d'entrée 6 entourant l'orifice d'aspiration 4 pour raccorder la pompe à vide 1 à une enceinte
15 dont on souhaite abaisser la pression, par exemple au moyen de vis 7 (figure 2).

[0048] Les étages stators annulaires 9 reçus dans le logement 8 du carter 2a sont respectivement agencés entre deux étages rotors à ailettes 10 successifs du rotor 3. Les étages stators annulaires 9 et les étages rotors à ailettes 10 se succèdent axialement le long de l'axe de rotation I-I du rotor 3 dans l'étage turbomoléculaire 4.
20 [0049] Le rotor 3 comporte par exemple plus de quatre étages rotors à ailettes 10, comme par exemple entre quatre et douze étages rotors à ailettes 10 (douze dans l'exemple illustré sur la figure 1).

[0050] Chaque étage rotor à ailettes 10 du rotor 3 comporte des pales inclinées qui partent en direction sensiblement radiale d'un moyeu 11 du rotor 3. Le rotor 3 est
25 fixé à un arbre d'entraînement 12 de la pompe à vide 1, par exemple au moyen de vis 13. Les pales sont réparties régulièrement en périphérie du moyeu 11.

[0051] Le rotor 3 comporte en outre un bol interne 15, coaxial à l'axe de rotation I-I, agencé en vis-à-vis d'une cloche 17 du stator 2, saillant sous le rotor 3. En fonctionnement, le rotor 3 tourne dans le stator 2 sans contact entre le bol interne
30 15 et la cloche 17.

[0052] Le rotor 3 est par exemple réalisé d'une seule pièce (monobloc). Il est entraîné en rotation dans le stator 2 par un moteur 16 interne de la pompe à vide 1. Le moteur 16 est par exemple agencé dans la cloche 17 du stator 2, elle-même agencée sous le bol interne 15 du rotor 3, l'arbre d'entraînement 12 traversant la
35 cloche 17 du stator 2.

[0053] Le rotor 3 est guidé latéralement et axialement par des paliers 18 magnétiques ou mécaniques supportant l'arbre d'entraînement 12 du rotor 3, situés dans le stator 2. Il y a par exemple des premiers paliers 18 supportant et guidant une première extrémité de l'arbre d'entraînement 12 dans une embase de la cloche 17 du stator 2 et des seconds paliers 18 supportant et guidant une deuxième extrémité de l'arbre d'entraînement 12 agencés au sommet de la cloche 17.

[0054] D'autres composants électriques ou électroniques peuvent être reçus dans la cloche 17 du stator 2, comme par exemple des capteurs de position.

[0055] Comme on peut mieux le voir sur les figures 2 et 3, chaque étage stator annulaire 9 est respectivement formé de deux demi-secteurs de stator 9a, 9b, opposés radialement (sur une même rangée axiale).

[0056] On désigne par premier étage stator annulaire 9 (ou étage stator annulaire basse pression), l'étage stator annulaire 9 situé du côté de l'orifice d'aspiration 4 (c'est-à-dire le premier étage stator annulaire 9 traversé par les gaz pompés) et le dernier étage annulaire 9 (ou étage stator annulaire haute pression), l'étage annulaire 9 situé du côté de l'orifice de refoulement 5 (c'est-à-dire le dernier étage stator annulaire traversé par les gaz pompés).

[0057] Chaque demi-secteur de stator 9a, 9b comporte un secteur à ailettes 20 et un secteur entretoise 21 (ou demi-jante externe) situé en périphérie d'un secteur à ailettes 20 respectif (figure 3).

[0058] Plus précisément, chaque secteur entretoise 21 est formé d'une demi-couronne de laquelle partent, en direction sensiblement radiale, des ailettes réparties régulièrement sur le pourtour intérieur de la demi-couronne pour former le secteur à ailettes 20. Les secteurs à ailettes 20 peuvent également comporter une demi-couronne interne (ou demi-jante interne) respective joignant les extrémités opposées des ailettes.

[0059] Le secteur entretoise 21, le secteur à ailettes 20 et la demi-couronne interne d'un demi-secteur de stator 9a, 9b respectif sont réalisés d'une seule pièce.

[0060] Les secteurs à ailettes 20 des étages stators annulaires 9 viennent s'engager entre les pales de deux étages rotor à ailettes 10 successifs. Les pales du rotor 3 et les ailettes 20 du stator 2 sont inclinées pour guider les molécules de gaz pompés vers l'orifice de refoulement 5.

[0061] Les secteurs entretoises 21 viennent en appui sur les secteurs entretoises 21 d'un autre étage stator annulaire 9 ou sur une première bordure annulaire 22 du logement 8 située du côté de l'orifice de refoulement 5 (figures 1 et 2).

[0062] Cette première bordure annulaire 22 est par exemple formée par une entretoise (figure 2). L'entretoise permet de régler le jeu axial entre le stator 2 et le rotor 3 afin d'éviter le contact entre les ailettes du rotor 3 et les ailettes du stator 2 en cours de fonctionnement de la pompe à vide 1. L'entretoise est par exemple

réalisée dans un matériau bon conducteur thermique, tel qu'en aluminium.

[0063] Les demi-secteurs de stators 9a, 9b sont empilés les uns sur les autres en formant deux piles bien distinctes (figure 2). Les demi-secteurs de stators 9a, 9b sont angulairement alignés axialement dans chaque empilement, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas angulairement décalés d'un étage à l'autre et ceci pour ne pas risquer un montage en porte-à-faux d'un semi-secteur de stator sur un autre du fait des écarts de tolérances.

[0064] La pompe à vide 1 comporte en outre un dispositif élastique annulaire 23 métallique (ou rondelle élastique de charge ou rondelle élastique de précharge) interposé entre d'une part, une deuxième bordure annulaire 24 du logement 8 du carter 2a située du côté de l'orifice d'aspiration 4 et d'autre part, les secteurs entretoises 21 des empilements de demi-secteurs de stator 9a, 9b. La deuxième bordure annulaire 24 du logement 8 du carter 2a est par exemple formée par un épaulement (réduction de diamètre) entre le logement 8 et l'orifice d'aspiration 4.

[0065] Les empilements de demi-secteurs de stator 9a, 9b sont maintenus dans le logement 8 par compression du dispositif élastique annulaire 23, du fait du serrage axial du carter 2a à la douille haute pression 2b du stator 2.

[0066] Le serrage axiale du carter 2a à la douille haute pression 2b est par exemple réalisé au moyen d'une pluralité de vis 25 régulièrement réparties sur le pourtour de l'interface radiale située entre le carter 2a et la douille haute pression 2b (figure 1).

Les vis 25 sont insérées axialement dans l'interface radiale, par exemple en traversant une bride annulaire de la douille haute pression 2b.

[0067] A l'assemblage, on insère un dispositif élastique annulaire 23 dans le logement 8 contre une deuxième bordure annulaire 24 située du côté de l'orifice d'aspiration 4 de la pompe à vide 1.

[0068] Puis, on insère les deux empilements de demi-secteurs de stators 9a, 9b angulairement alignés dans le logement 8 de manière que le dispositif élastique annulaire 23 soit interposé entre la deuxième bordure annulaire 24 et les secteurs entretoises 21 des empilements.

[0069] Puis, on serre axialement le carter 2a à la douille haute pression 2b du stator 2 pour maintenir les empilements de demi-secteurs de stator 9a, 9b dans le logement 8 en comprimant le dispositif élastique annulaire 23.

[0070] Le montage des empilements de demi-secteurs de stator 9a, 9b dans le carter 2a permet de centrer les empilements. Le serrage du carter 2a avec la douille haute pression 2b permet de bloquer axialement les empilements dans le logement 8 via le dispositif élastique annulaire 23.

5 **[0071]** Les deux empilements de demi-secteurs de stators 9a, 9b des étages stators annulaires 9 sont indépendants l'un de l'autre. A la différence de la première structure de l'art antérieur utilisant des entretoises annulaires, les deux empilements de la présente invention n'ont pas exactement la même hauteur du fait de la dispersion de fabrication due aux tolérances d'usinage (jusqu'à 1mm d'écart entre
10 les deux empilements) de sorte qu'au montage, il n'est pas possible de venir en appui plan avec le carter 2a sur les empilements pour leurs maintiens dans le stator 2. Cet écart est cependant rattrapé par le dispositif élastique annulaire 23 qui permet au carter 2a de venir en appui sur les deux empilements, alors mêmes que ceux-ci sont décalés en hauteur.

15 **[0072]** Cette structure permet de diminuer le coût de production de la pompe 1 turbomoléculaire car on peut réduire les exigences de précision de réalisation des pièces constitutives. De plus, le nombre de pièces à assembler lors du montage d'une pompe 1 turbomoléculaire est réduit par rapport à la première structure de l'art antérieur utilisant des secteurs à ailettes et entretoises annulaires distinctes, à
20 intercaler entre deux étages stator annulaires.

[0073] Par ailleurs dans une telle structure, les demi-secteurs de stators 9a, 9b sont des éléments individuels qui peuvent être aisément fabriqués par rapport à la deuxième structure de l'art antérieur à demi-stators monoblocs. Il est en effet possible de réaliser des demi-secteurs de stators 9a, 9b par emboutissage ou par
25 fonderie, ce qui permet de réduire de façon importante le coût de production par rapport aux procédés de fabrication de stators taillés dans la masse.

[0074] En disposant le dispositif élastique annulaire 23 du côté de l'orifice d'aspiration 4 de la pompe à vide 1, on obtient de plus un meilleur contact thermique entre le dernier étage stator annulaire 9 (côté haute pression), la première bordure
30 annulaire 22 ici formée par une entretoise et la douille haute pression 2b.

[0075] En effet, lorsque le stator 2 de la pompe vide 1 est configuré pour être chauffé, généralement au niveau de la douille haute pression 2b où les risques de condensation des gaz pompés sont les plus élevés du fait des plus hautes pressions, la chaleur de la douille haute pression 2b chauffée peut être transmise
35 aux étages stators annulaires 9 par conduction thermique dans le stator 2, sans interruption du dispositif élastique annulaire 23 qui est agencé de l'autre côté, ce qui

permet d'améliorer le chauffage du stator 2 de la pompe à vide 1 et ainsi de limiter les dépôts d'espèces condensables. La pompe à vide 1 turbomoléculaire peut pour cela comporter un dispositif de chauffage, par exemple configuré pour chauffer le stator 2 à une température comprise entre 120°C et 200°C, telle que 150°C.

5 **[0076]** Lorsque la pompe vide 1 n'est pas configurée pour être chauffée, la chaleur emmagasinée au niveau des secteurs à ailettes 20 peut mieux s'évacuer par conduction thermique dans la douille haute pression 2b et il est ainsi possible de passer plus de flux de gaz à pomper dans la pompe à vide 1.

10 **[0077]** Le dispositif élastique annulaire 23 est par exemple réalisé en acier inoxydable, par exemple martensitique. L'utilisation d'un dispositif élastique annulaire métallique permet d'éviter d'utiliser des matériaux élastomères qui présentent l'inconvénient de dégazer et donc d'augmenter la pression de vide limite. De plus, le dispositif élastique annulaire 23 métallique permet d'assurer une
15 avec les autres au niveau des secteurs entretoises 21 et en contact avec la deuxième bordure annulaire 24 du carter 2a via le dispositif élastique annulaire 23 métallique.

[0078] Le dispositif élastique annulaire 23 est par exemple formé par un fil métallique ondulé. Le fil métallique ondulé comporte par exemple au moins deux
20 ondulations, au moins une par empilement de demi-secteurs de stator 9a, 9b, ici huit ondulations (figure 2).

[0079] L'épaisseur du fil métallique correspond par exemple à l'épaisseur des secteurs entretoises 21. La section du dispositif élastique annulaire 23 est par exemple ronde, oblongue, carrée ou rectangulaire. A titre illustratif, le dispositif
25 élastique annulaire 23 peut exercer une plage d'effort de charge comprise entre 1000N et 30000N.

[0080] Les surfaces radiales des secteurs entretoises 21, en appui sur les secteurs entretoises 21 d'un autre étage stator annulaire 9 ou sur la première bordure annulaire 22 du logement 8 sont de préférence planes.

30 **[0081]** Les surfaces radiales des secteurs entretoises 21 des deux premiers demi-secteurs de stator 9a, 9b du côté du dispositif élastique annulaire 23 et la deuxième bordure annulaire 24 du logement 8 peuvent également être planes.

[0082] Cela permet de faciliter la compression du dispositif élastique annulaire 23 ainsi que les contacts des demi-secteurs de stators 9a, 9b entre eux dans les
35 empilements.

[0083] Le diamètre du dispositif élastique annulaire 23 est par exemple dimensionné pour être centré sur le diamètre du logement 8 du carter 2a, ce qui permet de limiter les coûts. Pour cela, l'anneau présente un diamètre légèrement supérieur à celui du logement 8 pour être retenu radialement par la paroi périphérique du logement 8 (figure 1).

[0084] La figure 4 illustre une variante de réalisation pour laquelle les secteurs entretoises 21 des deux premiers demi-secteurs de stator 9a, 9b présentent un épaulement annulaire 26 côté intérieur. Le diamètre du dispositif élastique annulaire 23 est dimensionné pour être centré sur l'épaulement annulaire 26. Pour cela, l'anneau présente un diamètre légèrement inférieur à celui de l'épaulement annulaire 26 pour être retenu radialement par l'épaulement annulaire 26 des deux premiers demi-secteurs de stator 9a, 9b.

[0085] La figure 5 illustre un autre exemple de réalisation de la pompe à vide 1 turbomoléculaire.

[0086] Dans cet exemple, la pompe 1 turbomoléculaire est dite hybride : elle comporte un étage turbomoléculaire 30 comme dans le premier exemple, ainsi qu'un étage moléculaire 31 situé en aval de l'étage turbomoléculaire 30 dans la direction de circulation des gaz pompés (représentée par les flèches sur la figure 5). Les gaz pompés entrent par l'orifice d'aspiration 4, traversent d'abord l'étage turbomoléculaire 30, puis l'étage moléculaire 31, pour être ensuite évacués vers l'orifice de refoulement 5.

[0087] Dans l'étage moléculaire 31, le rotor 3 comporte une jupe 32, dite jupe Holweck, en aval des étages rotors à ailettes 10, formée par un cylindre lisse, qui tourne en regard de rainures hélicoïdales 33 du stator 2, par exemple ménagées dans la douille haute pression 2b. Les rainures hélicoïdales 33 du stator 2 permettent de comprimer et guider les gaz pompés vers l'orifice de refoulement 7.

[0088] Les autres caractéristiques de ce deuxième mode de réalisation sont similaires au premier mode de réalisation décrit.

REVENDEICATIONS

[Revendication 1] Pompe à vide (1) turbomoléculaire comportant un stator (2) et un rotor (3) configuré pour tourner dans le stator (2), le stator (2) comportant :

- un carter (2a) dans lequel est ménagé un logement (8) ouvert sur un orifice

5 d'aspiration (4) de la pompe à vide (1),

- une douille haute pression (2b) dans laquelle est ménagé un orifice de refoulement (5) de la pompe à vide (1), et

- au moins deux étages stators annulaires (9) reçus dans le logement (8) du carter (2a) et respectivement agencés entre deux étages rotors à ailettes (10) successifs du rotor (3),

caractérisée en ce que chaque étage stator annulaire (9) est respectivement formé de deux demi-secteurs de stators (9a, 9b) opposés radialement comprenant chacun un secteur à ailettes (20) et un secteur entretoise (21) situé en périphérie d'un secteur à ailettes (20) respectif, les secteurs entretoises (21) venant en appui sur
15 les secteurs entretoises (21) d'un autre étage stator annulaire (9) ou sur une première bordure annulaire (22) du logement (8) située du côté de l'orifice de refoulement (5),

et en ce que chaque secteur entretoise (21) est formé d'une demi-couronne de laquelle partent des ailettes réparties régulièrement sur le pourtour intérieur de la

20 demi-couronne pour former le secteur à ailettes (20), les secteurs à ailettes (20) comportant une demi-couronne interne respective joignant les extrémités opposées des ailettes, le secteur entretoise (21), le secteur à ailettes (20) et une demi-couronne interne d'un demi-secteur de stator (9a, 9b) respectif étant réalisés d'une seule pièce, la pompe à vide (1) comportant en outre un dispositif élastique
25 annulaire (23) métallique interposé entre d'une part, une deuxième bordure annulaire (24) du logement (8) située du côté de l'orifice d'aspiration (4) et d'autre part, les secteurs entretoises (21) des empilements de demi-secteurs de stator (9a, 9b), les empilements de demi-secteurs de stator (9a, 9b) étant maintenus dans le logement (8) par compression du dispositif élastique annulaire (23) par serrage axial
30 du carter (2a) à la douille haute pression (2b) du stator (2).

[Revendication 2] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon la revendication 1, caractérisée en ce que les demi-secteurs de stators (9a, 9b) sont angulairement alignés axialement dans chaque empilement.

[Revendication 3] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des
35 revendications précédentes, caractérisée en ce que le dispositif élastique annulaire (23) est formé par un fil métallique ondulé.

[Revendication 4] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le dispositif élastique annulaire (23) est réalisé en acier inoxydable.

[Revendication 5] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les demi-secteurs de stator (9a, 9b) sont réalisés par emboutissage.

[Revendication 6] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que les demi-secteurs de stator (9a, 9b) sont réalisés par fonderie.

[Revendication 7] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les surfaces radiales des secteurs entretoises (21) en appui sur les secteurs entretoises (21) d'un autre étage stator annulaire (9) ou sur la première bordure annulaire (22) du logement (8) sont planes.

[Revendication 8] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les surfaces radiales des secteurs entretoises (21) des deux premiers demi-secteurs de stator (9a, 9b) du côté du dispositif élastique annulaire (23) sont planes, le diamètre du dispositif élastique annulaire (23) étant dimensionné pour être centré sur le diamètre du logement (8) du carter (2a).

[Revendication 9] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que les secteurs entretoises (21) des deux premiers demi-secteurs de stator (9a, 9b) présentent un épaulement annulaire (26) côté intérieur, le diamètre du dispositif élastique annulaire (23) étant dimensionné pour être centré sur l'épaulement annulaire (26).

[Revendication 10] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la première bordure annulaire (22) est formée par une entretoise.

[Revendication 11] Pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le rotor (3) comporte une jupe (32) en aval des étages rotors à ailettes (10), configurée pour tourner en regard de rainures hélicoïdales (33) du stator (2).

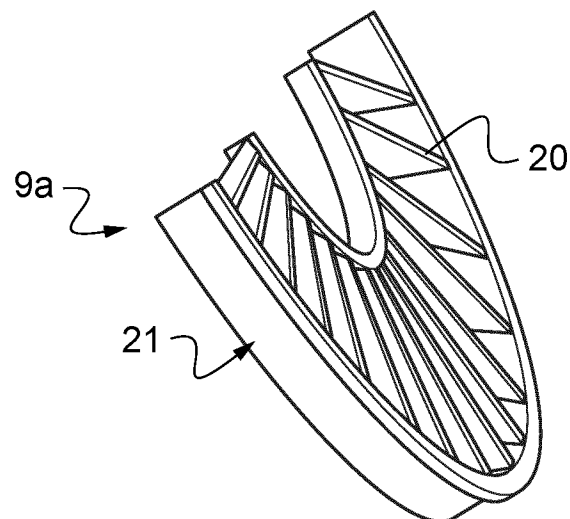
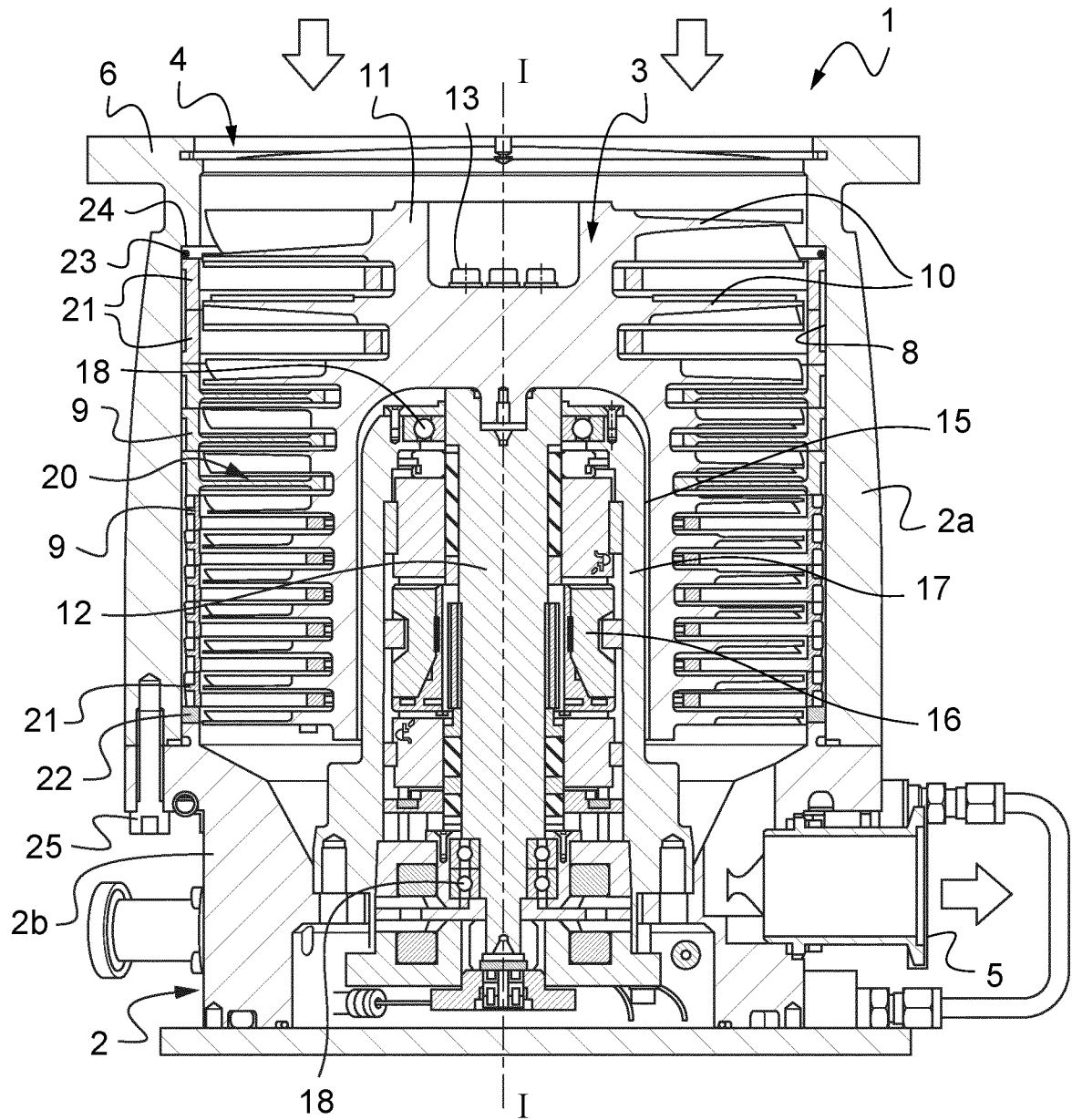
[Revendication 12] Procédé d'assemblage d'une pompe à vide (1) turbomoléculaire selon l'une des revendications précédentes, dans lequel :
- on insère un dispositif élastique annulaire (23) dans le logement (8) contre une deuxième bordure annulaire (24) située du côté de l'orifice d'aspiration (4) de la

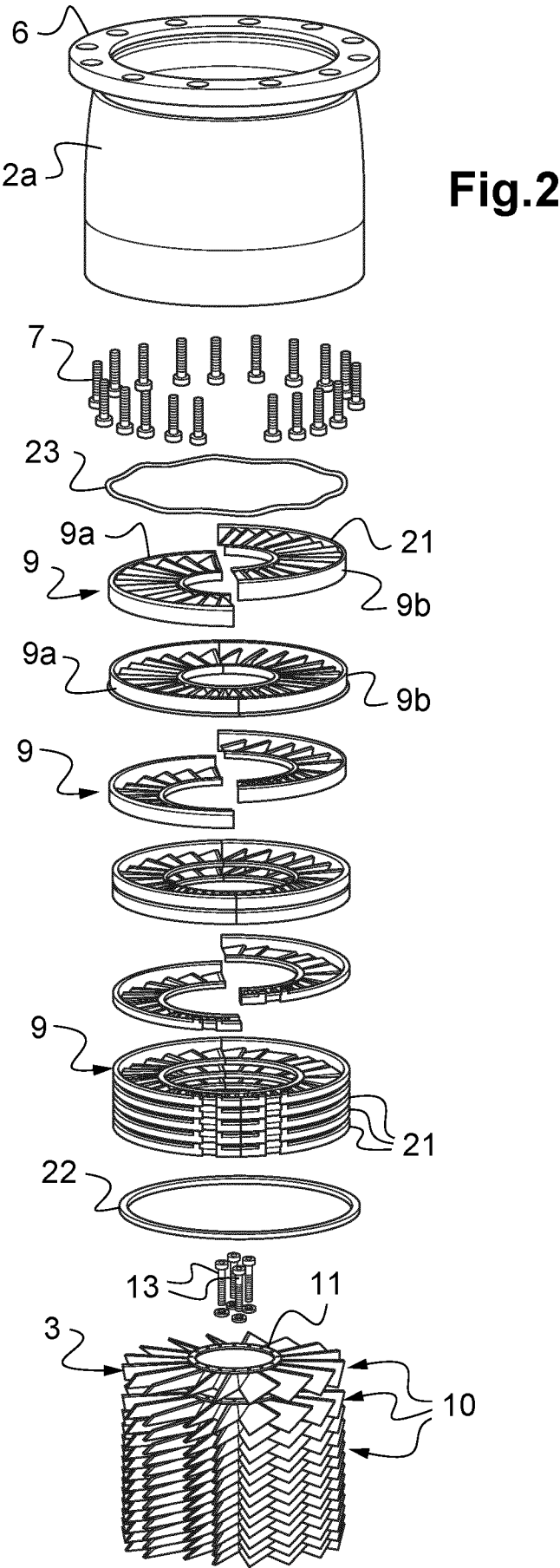
pompe à vide (1),

- on insère des empilements de demi-secteurs de stators (9a, 9b) angulairement alignés dans le logement (8) de manière que le dispositif élastique annulaire (23) soit interposé entre la deuxième bordure annulaire (24) et les secteurs entretoises

5 (21) des empilements, et

- on serre axialement le carter (2a) à la douille haute pression (2b) du stator (2) pour maintenir les empilements de demi-secteurs de stator (9a, 9b) dans le logement (8) en comprimant le dispositif élastique annulaire (23).

Fig.1**Fig.3**



3/3

Fig.4

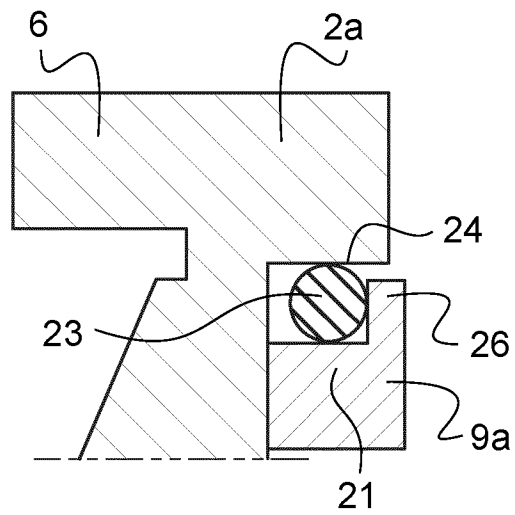
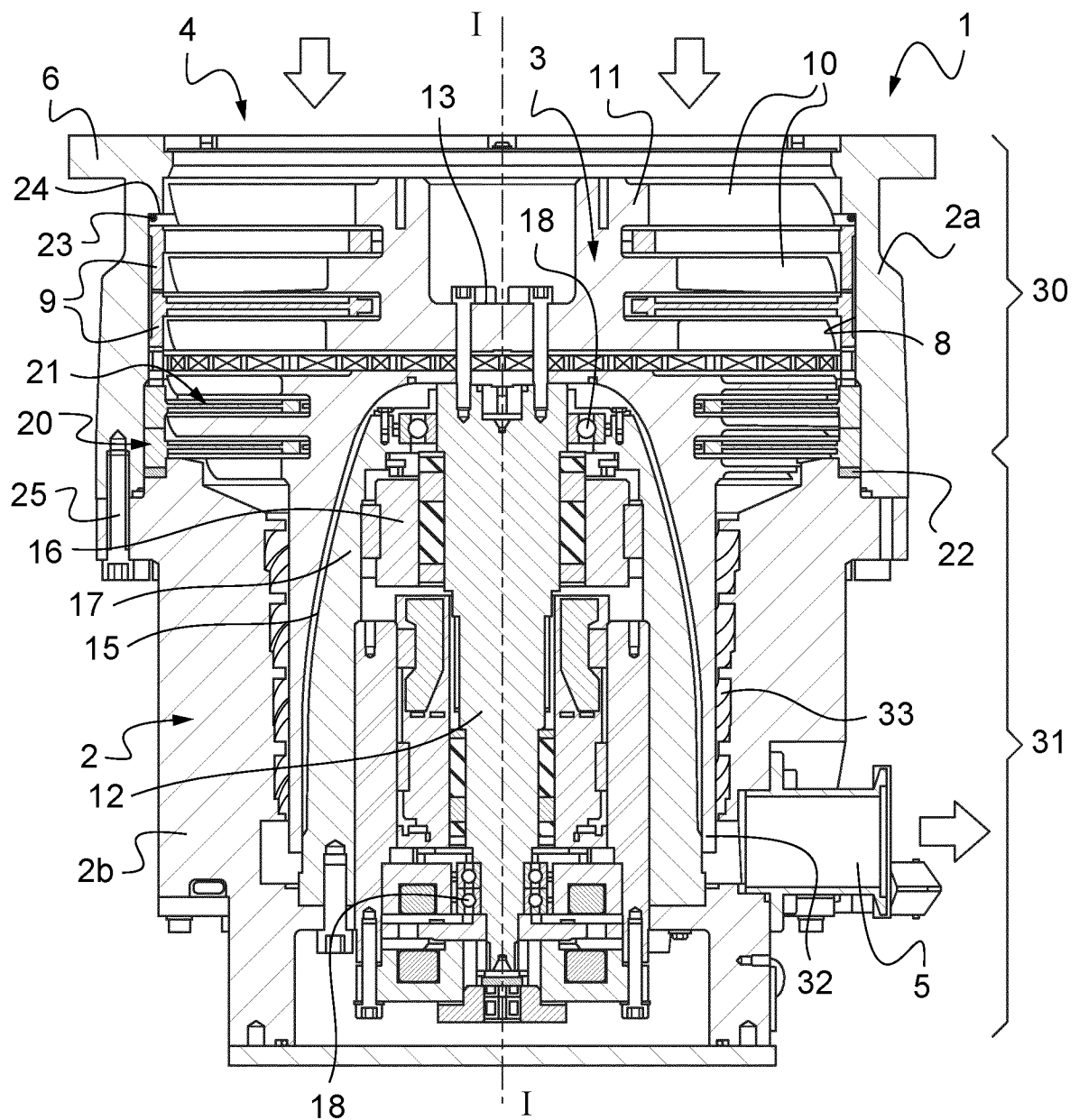


Fig.5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/054002**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****F04D 19/04**(2006.01)i; **F04D 29/54**(2006.01)i; **F04D 29/64**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP H0465992 U (JAPAN ATOMIC ENERGY RESEARCH INSTITUTE) 09 June 1992 (1992-06-09) figure 1	1-12
Y	DE 19937393 A1 (LEYBOLD VAKUUM GMBH [DE]) 08 February 2001 (2001-02-08) paragraph [0004] - paragraph [0009] paragraph [0013] figures 1-4	1-12
Y	DE 102008058149 A1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 27 May 2010 (2010-05-27) paragraph [0018] paragraph [0030] figure 1	1-12
Y	US 2001019694 A1 (BLECKER ARMIN [DE] ET AL) 06 September 2001 (2001-09-06) paragraph [0017] figures 1, 2	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 May 2023

Date of mailing of the international search report

16 May 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Oliveira, Damien

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/054002

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2607706 B1 (LEYBOLD GMBH [DE]) 17 October 2018 (2018-10-17) paragraph [0002] paragraph [0012] paragraph [0017] figure 1	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/054002

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	H0465992	U	09 June 1992	NONE			
DE	19937393	A1	08 February 2001	CA	2379547	A1	15 February 2001
				DE	19937393	A1	08 February 2001
				EP	1200742	A1	02 May 2002
				JP	2003506631	A	18 February 2003
				WO	0111242	A1	15 February 2001
DE	102008058149	A1	27 May 2010	NONE			
US	2001019694	A1	06 September 2001	DE	10010371	A1	06 September 2001
				EP	1130269	A2	05 September 2001
				JP	2001271786	A	05 October 2001
				US	2001019694	A1	06 September 2001
EP	2607706	B1	17 October 2018	DE	202011109517	U1	25 March 2013
				EP	2607706	A2	26 June 2013

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2023/054002

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F04D19/04 F04D29/54 F04D29/64 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F04D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	JP H04 65992 U (JAPAN ATOMIC ENERGY RESEARCH INSTITUTE) 9 juin 1992 (1992-06-09) figure 1 -----	1-12
Y	DE 199 37 393 A1 (LEYBOLD VAKUUM GMBH [DE]) 8 février 2001 (2001-02-08) alinéa [0004] - alinéa [0009] alinéa [0013] figures 1-4 -----	1-12
Y	DE 10 2008 058149 A1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 27 mai 2010 (2010-05-27) alinéa [0018] alinéa [0030] figure 1 ----- --/--	1-12
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 9 mai 2023		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 16/05/2023
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Oliveira, Damien

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2001/019694 A1 (BLECKER ARMIN [DE] ET AL) 6 septembre 2001 (2001-09-06) alinéa [0017] figures 1, 2	1-12

A	EP 2 607 706 B1 (LEYBOLD GMBH [DE]) 17 octobre 2018 (2018-10-17) alinéa [0002] alinéa [0012] alinéa [0017] figure 1	1-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2023/054002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP H0465992	U	09-06-1992	AUCUN	
DE 19937393	A1	08-02-2001	CA 2379547 A1	15-02-2001
			DE 19937393 A1	08-02-2001
			EP 1200742 A1	02-05-2002
			JP 2003506631 A	18-02-2003
			WO 0111242 A1	15-02-2001
DE 102008058149	A1	27-05-2010	AUCUN	
US 2001019694	A1	06-09-2001	DE 10010371 A1	06-09-2001
			EP 1130269 A2	05-09-2001
			JP 2001271786 A	05-10-2001
			US 2001019694 A1	06-09-2001
EP 2607706	B1	17-10-2018	DE 202011109517 U1	25-03-2013
			EP 2607706 A2	26-06-2013