

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 149 936

②1 N° d'enregistrement national : **23 06111**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 04 D 19/04 (2023.01)**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 15.06.23.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.12.24 Bulletin 24/51.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : PFEIFFER VACUUM SAS — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BARBOSA MOREIRA Alysson Bruno, CAVAREC Pierre-Emmanuel, CHAVANNE Cécile et VARENNES Nicolas.

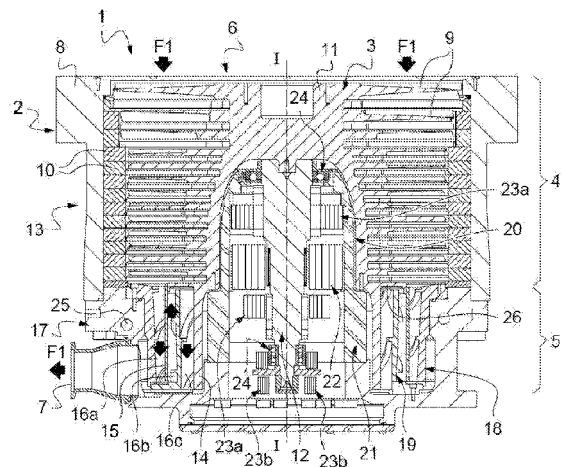
⑦3 Titulaire(s) : PFEIFFER VACUUM SAS.

⑦4 Mandataire(s) : INNOVINCIA.

⑤4 Pompe à vide turbomoléculaire.

⑤7 Pompe à vide (1) turbomoléculaire comportant un stator (2), un rotor (3) configuré pour tourner dans le stator (2), le rotor (3) comportant au moins un étage de pales (9), une jupe cylindrique interne (14) et au moins une jupe cylindrique externe (15), les jupes cylindriques interne et externe (14, 15) étant coaxiales et configurées pour tourner en regard de stators Holweck respectifs du stator (2), caractérisée en ce que la jupe cylindrique interne (14) est réalisée dans un matériau de conductivité thermique supérieure à celle du matériau formant la au moins une jupe cylindrique externe (15).

Figure 1



FR 3 149 936 - A1



Description

Titre de l'invention : Pompe à vide turbomoléculaire

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne une pompe à vide turbomoléculaire.

Arrière-plan technique

[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 à une rotation de plus de vingt mille tours par minute.

[0003] Certaines applications de pompage nécessitent le pompage de forts flux gazeux, et en particulier de gaz légers. Dans l'industrie du semi-conducteur, et notamment dans les procédés de lithographie EUV, des procédés de nettoyage des chambres de procédé requièrent le pompage de forts flux d'hydrogène. C'est également le cas de certains procédés de fabrication de batteries.

[0004] Le pompage de forts flux d'hydrogène peut être rendu possible notamment en utilisant des pompes à vide turbomoléculaire présentant d'importants taux de compression. On connaît par exemple des pompes à vide turbomoléculaire présentant trois étages Holweck dans lesquels les gaz à pomper circulent en série. Ces étages Holweck sont formés de stators Holweck interposés entre deux jupes cylindriques coaxiales du rotor, les gaz circulant tour à tour dans des directions axiales opposées entre les jupes et les stators Holweck.

[0005] Cependant, dans le cas de rotors réalisés en matériau aluminium, le diamètre de la jupe externe du rotor est limité afin de ne pas engendrer trop de contraintes mécaniques du fait des forces centrifuges exercées pour maîtriser les risques de fluage associés. Un autre inconvénient provient de la difficulté de réalisation du rotor aluminium monobloc du fait du faible interstice séparant les deux jupes. Également, ce rotor est relativement lourd, ce qui peut engendrer une consommation énergétique importante et un temps de mise en route plus long.

[0006] On connaît également des rotors dont les jupes cylindriques sont réalisées en matériau composite. Il est cependant difficile de maintenir une température basse du rotor (autour de 50°C au maximum par exemple) au niveau de l'étage turbomoléculaire car la chaleur générée par la compression et friction des gaz est difficilement évacuable d'une part, par conduction du fait de la faible conductibilité thermique des jupes et d'autre part, par rayonnement à ces températures. De plus, le contrôle des paliers magnétiques est difficile à réaliser pour des rotors ayant des jupes en matériau composite du fait de leur faible poids entraînant un ratio entre le moment d'inertie polaire et diamétral (I_p / I_d) élevé.

[0007] On cherche donc à réaliser un rotor de pompe à vide turbomoléculaire à fort taux de compression, présentant une bonne tenue mécanique et dont la température d'échauffement du rotor peut être maîtrisée pour ne pas excéder quelques dizaines de degrés. On cherche également à améliorer le contrôle des paliers magnétiques notamment pour abaisser le niveau vibratoire de la pompe à vide.

Résumé de l'invention

[0008] Un but de la présente invention est donc de proposer une pompe à vide turbomoléculaire résolvant au moins partiellement les inconvénients de l'état de la technique.

[0009] A cet effet, l'invention a pour objet une pompe à vide turbomoléculaire comportant un stator, un rotor configuré pour tourner dans le stator, le rotor comportant au moins un étage de pales, une jupe cylindrique interne et au moins une jupe cylindrique externe, les jupes cylindriques interne et externe étant coaxiales et configurées pour tourner en regard de stators Holweck respectifs du stator, caractérisée en ce que la jupe cylindrique interne est réalisée dans un matériau de conductivité thermique supérieure à celle du matériau formant la au moins une jupe cylindrique externe.

[0010] Le matériau de meilleur conductivité thermique de la jupe cylindrique interne permet de favoriser les échanges thermiques de conduction, de convection et de radiation avec le stator. Le rotor peut ainsi être mieux refroidi. La succession des étages Holweck en série permet ainsi d'atteindre de forts taux de compression, notamment pour permettre le pompage de forts flux d'hydrogène tout en permettant de conserver une température basse du rotor.

[0011] La pompe à vide peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques qui sont décrites ci-après, prises seules ou en combinaison.

[0012] La conductivité thermique de la jupe cylindrique interne est par exemple au moins dix fois supérieure, telle qu'au moins cinquante fois supérieure, à la conductivité thermique du matériau formant la au moins une jupe cylindrique externe.

[0013] La jupe cylindrique interne peut être métallique, telle que réalisée en aluminium.

[0014] La au moins une jupe cylindrique externe peut être réalisée en matériau composite. Le composite comporte par exemple une matrice thermodurcissable ou thermo-plastique renforcée de fibres de verre ou de carbone.

[0015] L'épaisseur de la jupe cylindrique interne peut être supérieure à l'épaisseur de la jupe cylindrique externe, tel qu'au moins deux fois supérieure. Une épaisseur plus grande de la jupe cylindrique interne permet de favoriser les échanges thermiques avec le stator et donc permet d'abaisser la température d'équilibre. L'épaisseur de la jupe cylindrique interne peut être comprise entre 5mm et 10mm. L'épaisseur de la jupe cylindrique externe peut être comprise entre 2mm et 5mm.

[0016] La masse volumique du matériau de plus haute conductibilité thermique, tel que

l'aluminium, peut être plus élevée que la masse volumique du matériau de plus faible conductibilité thermique, telle que le composite. Avec une masse volumique plus élevée et/ou une épaisseur plus importante, la jupe cylindrique interne contribue davantage à l'augmentation de l'inertie diamétrale I_d qu'à celle de l'inertie polaire I_p de sorte que le ratio entre le moment d'inertie polaire et diamétral (I_p / I_d) du rotor diminue. La jupe cylindrique externe a le même effet sur le ratio (moins lourd à l'extérieur) mais minimisé par la densité du matériau, donc l'utilisation d'un matériau de densité et/ou d'épaisseur moindre pour la jupe cylindrique externe permet de minimiser l'augmentation du ratio. Les moments d'inertie polaire et diamétral du rotor peuvent donc être optimisés, le rotor devient plus stable ce qui permet de réduire le niveau vibratoire de la pompe à vide.

[0017] Par ailleurs, la jupe cylindrique externe en matériau composite peut présenter un grand diamètre sans risque de fluage et sans trop forte augmentation du poids. De plus, le rotor est moins coûteux qu'un rotor entièrement réalisé en matériau aluminium.

[0018] Selon un exemple de réalisation, le stator comporte un dôme s'étendant sous la jupe cylindrique interne, la pompe à vide comportant un dispositif de refroidissement configuré pour refroidir le stator, et notamment le dôme du stator.

[0019] Selon un exemple de réalisation, le stator comporte une douille externe et une douille interne coaxiale, agencée à l'intérieur de la douille externe, les stators Holweck étant formés de premières rainures hélicoïdales ménagées dans la douille externe en regard d'une face externe de la jupe cylindrique externe, de deuxièmes rainures hélicoïdales ménagées dans la douille interne sur une face externe située en regard d'une face interne de la jupe cylindrique externe et de troisièmes rainures hélicoïdales ménagées dans la douille interne en regard de la face externe de la jupe cylindrique interne.

[0020] Selon un exemple de réalisation, le rotor présente en outre :

- un moyeu, l'au moins un étage de pales s'étendant radialement du moyeu, et
- une entretoise radiale s'étendant du sommet de la jupe cylindrique interne, la jupe cylindrique interne, le au moins un étage de pales, le moyeu et l'entretoise annulaire étant réalisé d'une seule pièce.

[0021] La jupe cylindrique externe peut être collée sur la périphérie de l'entretoise radiale.

[0022] Le rotor peut être guidé latéralement et axialement par des paliers magnétiques.

Brève description des figures

[0023] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description de l'invention, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

[0024] [Fig.1] La [Fig.1] montre une vue schématique en coupe axiale d'un exemple de pompe à vide turbomoléculaire.

[0025] [Fig.2] La [Fig.2] montre une vue en coupe du rotor de la pompe à vide turbomo-

léculaire de la [Fig.1].

[0026] Sur ces figures, les éléments identiques portent les mêmes numéros de référence.

Description détaillée

[0027] 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, sans s'écarter de la portée de l'invention, telle que définie par les revendications.

[0028] On entend par « en amont », un élément qui est placé avant un autre par rapport au sens de circulation du gaz à pomper. A contrario, on entend par « en aval », un élément placé après un autre par rapport au sens de circulation du gaz à pomper.

[0029] On définit la direction axiale de la pompe à vide 1 comme la direction parallèle à l'axe de rotation I-I de la pompe à vide 1.

[0030] On considère qu'un élément est situé plus à l'extérieur qu'un autre élément s'il est plus éloigné de l'axe de rotation que l'autre élément. On considère qu'un élément est situé plus à l'intérieur qu'un autre élément s'il est plus proche de l'axe de rotation que l'autre élément.

[0031] La [Fig.1] illustre un exemple de réalisation d'une pompe à vide 1 turbomoléculaire.

[0032] 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 vingt mille tours par minute, de manière à entraîner des gaz à pomper dans un chemin d'écoulement des gaz interposé entre le stator 2 et le rotor 3.

[0033] La pompe à vide 1 est par exemple destinée à mettre sous vide une chambre de procédés dans laquelle d'importants flux d'hydrogène peuvent être pompés, comme une chambre de procédés de lithographie EUV dans l'industrie semi-conducteurs ou une chambre de procédés de fabrication de batteries.

[0034] La pompe à vide 1 turbomoléculaire est dite hybride : elle comporte un étage turbomoléculaire 4 et un étage moléculaire 5 (« molecular drag stage » en anglais) situé en aval de l'étage turbomoléculaire 4 dans la direction de circulation des gaz pompés (représentée par les flèches F1 sur la [Fig.1]). Les gaz pompés entrent par l'orifice d'aspiration 6, traversent d'abord l'étage turbomoléculaire 4, puis l'étage moléculaire 5, pour être ensuite évacués vers un orifice de refoulement 7 de la pompe à vide 1 turbomoléculaire. En fonctionnement, l'orifice de refoulement 7 est raccordé à un pompage primaire.

[0035] Dans l'étage turbomoléculaire 4, le rotor 3 comporte au moins un étage de pales 9 et

le stator 2 comporte au moins un étage d'ailettes 10. Les étages de pales 9 et d'ailettes 10 se succèdent axialement le long de l'axe de rotation I-I du rotor 3 dans l'étage turbomoléculaire 4. Le rotor 3 comporte par exemple plus de quatre étages de pales 9, comme entre quatre et quinze étages de pales 9 (treize dans l'exemple illustré sur les figures 1 et 2).

- [0036] Chaque étage de pales 9 du rotor 3 comporte des pales inclinées qui partent en direction sensiblement radiale d'un moyeu 11 du rotor 3 fixé à un arbre d'entraînement 12 de la pompe à vide 1, par exemple par vissage. Les pales sont réparties régulièrement en périphérie du moyeu 11.
- [0037] Chaque étage d'ailettes 10 du stator 2 comporte une couronne de laquelle partent, en direction sensiblement radiale, des ailettes inclinées, réparties régulièrement sur le pourtour intérieur de la couronne. Les ailettes d'un étage d'ailettes 10 du stator 2 viennent s'engager entre les pales de deux étages de pales 9 du rotor 3 successifs. Les pales 9 du rotor 3 et les ailettes 10 du stator 2 sont inclinées pour guider les molécules de gaz pompés vers l'étage moléculaire 5.
- [0038] Le stator 2 comporte une partie statorique turbomoléculaire 13 recevant les au moins deux étages d'ailettes 10. Cette partie statorique turbomoléculaire 13 est ouverte à une extrémité sur l'orifice d'aspiration 6 de la pompe à vide 1. Elle peut comporter une bride annulaire d'entrée 8 entourant l'orifice d'aspiration 6 pour raccorder la pompe à vide 1 à une enceinte dont on souhaite abaisser la pression.
- [0039] Dans l'étage moléculaire 5, et comme mieux visible sur la [Fig.2], le rotor 3 comporte en outre une jupe cylindrique interne 14 et au moins une jupe cylindrique externe 15, dites jupes Holweck, les jupes cylindriques interne et externe 14, 15 étant coaxiales, agencées en aval des au moins deux étages de pales 9 et configurées pour tourner en regard de stators Holweck respectifs du stator 2.
- [0040] Chaque jupe 14, 15 est formée par un cylindre lisse, qui tourne en regard de stators Holweck respectifs formés de rainures hélicoïdales 16a, 16b, 16c ([Fig.1]). Les rainures hélicoïdales 16a, 16b, 16c de chaque stator Holweck sont agencées les unes au-dessus des autres. Les rainures hélicoïdales 16a, 16b, 16c permettent de comprimer et guider les gaz pompés vers un refoulement de la pompe à vide 1 ménagé dans le stator 2 et débouchant par l'orifice de refoulement 7.
- [0041] Selon un exemple de réalisation, le stator 2 comporte une douille externe 18 et une douille interne 19 coaxiale et agencée à l'intérieur de la douille externe 18. Les douilles 18, 19 sont reçues dans une partie statorique moléculaire 17 à laquelle elles sont fixées. La partie statorique moléculaire 17 est fixée à la partie statorique turbomoléculaire 13 et lui succède axialement le long de l'axe de rotation I-I du rotor 3.
- [0042] Les stators Holweck sont formés de premières rainures hélicoïdales 16a ménagées dans la douille externe 18 en regard d'une face externe de la jupe cylindrique externe

15, de deuxièmes rainures hélicoïdales 16b ménagées dans la douille interne 19 sur une face externe située en regard d'une face interne de la jupe cylindrique externe 15 et de troisièmes rainures hélicoïdales 16c ménagées dans la douille interne 19 en regard de la face externe de la jupe cylindrique interne 14.

- [0043] Un premier interstice axial est formé entre l'extrémité annulaire de la jupe cylindrique externe 15 et le stator 2 au niveau des douilles 18, 19 et un deuxième interstice axial est formé entre l'extrémité annulaire de la douille interne 19 et le rotor 3, entre les deux jupes 14, 15.
- [0044] En fonctionnement, les gaz circulent dans des directions parallèles dans la succession d'étages Holweck situés entre les parois lisses des jupes 14, 15 et les rainures hélicoïdales 16a, 16b, 16c des douilles 18, 19, ces étages Holweck étant raccordés en série d'une part, à l'extrémité annulaire de la jupe cylindrique externe 15 et d'autre part, à l'extrémité annulaire de la douille interne 19.
- [0045] Le rotor 3 comporte en outre un bol interne 20 ([Fig.2]), coaxial à l'axe de rotation I-I et agencé en vis-à-vis d'un dôme 21 du stator 2, dont une embase est fixée à la partie statorique moléculaire 17, le dôme 21 s'étendant sous la jupe cylindrique interne 14 et saillant sous le rotor 3 ([Fig.1]). En fonctionnement, le rotor 3 tourne dans le stator 2 sans contact entre le bol interne 20 et le dôme 21.
- [0046] Le rotor 3 est entraîné en rotation dans le stator 2 par un moteur 22 de la pompe à vide 1. Le moteur 22 est par exemple agencé dans le dôme 21 du stator 2, lui-même agencé sous le bol interne 20 du rotor 3, l'arbre d'entraînement 12 traversant le dôme 21 du stator 2.
- [0047] Le rotor 3 est guidé latéralement et axialement par des paliers magnétiques 23a, 23b et des paliers mécaniques 24 de secours, supportant l'arbre d'entraînement 12 du rotor 3, situés dans le stator 2. Il y a par exemple des premiers paliers magnétiques 23a radiaux supportant et guidant l'arbre d'entraînement 12 dans le dôme 21 du stator 2, des seconds paliers magnétiques 23a radiaux au sommet du dôme 21 à une première extrémité de l'arbre d'entraînement 12 ainsi que des paliers magnétiques 23b axiaux situés à une deuxième extrémité de l'arbre d'entraînement 12. Les paliers magnétiques 23a, 23b actifs permettent de maintenir un rotor 3 en lévitation dans le champ magnétique créé.
- [0048] D'autres composants électriques ou électroniques peuvent être reçus dans le dôme 21 du stator 2, comme des capteurs de position.
- [0049] La pompe à vide 1 peut comporter un dispositif de refroidissement 25 du stator 2, par exemple réalisé par un circuit hydraulique, parcouru par un liquide de refroidissement, tel que de l'eau, par exemple à température ambiante. Le dispositif de refroidissement 25 est configuré pour refroidir le stator 2, et notamment le dôme 21, en étant agencé par exemple dans le dôme 21 ou dans un élément en contact thermique avec le dôme

21 tel que la partie statorique moléculaire 17 ([Fig.1]), afin de pouvoir refroidir continuellement les éléments qu'il contient comme notamment les paliers 23a, 23b, 24, le moteur 22 et autres composants électriques ou électroniques pour permettre leurs fonctionnements.

- [0050] La jupe cylindrique interne 14 est réalisée dans un matériau de conductivité thermique supérieure à celle du matériau formant la au moins une jupe cylindrique externe 15. La conductivité thermique de la jupe cylindrique interne 14 est par exemple au moins dix fois supérieure, voire au moins cinquante fois supérieure, à la conductivité thermique du matériau formant la au moins une jupe cylindrique externe 15.
- [0051] Si le rotor 3 comporte une jupe cylindrique interne 14 et plusieurs jupes cylindriques externes 15 coaxiales, les jupes cylindriques externe 15 peuvent toutes être réalisées dans un matériau de conductivité thermique inférieure à celle du matériau formant la jupe cylindrique interne 14.
- [0052] La jupe cylindrique interne 14 est par exemple métallique, telle que réalisée en aluminium. Il est également possible de revêtir la jupe cylindrique interne 14, notamment la face interne, d'un revêtement conducteur thermique, tel qu'un revêtement DLC (pour « Diamond Like Carbon » en anglais).
- [0053] La jupe cylindrique externe 15 est par exemple réalisée en matériau composite (à matrice organique). Le composite comporte par exemple une matrice thermodurcissable, telle qu'une résine, telle qu'une résine époxyde (également appelée polyépoxyde ou polymère époxyde) ou une matrice thermoplastique, renforcée de fibres de verre ou de carbone. Il est également possible de revêtir la jupe cylindrique externe 15, notamment la face interne, d'un revêtement conducteur thermique, tel qu'un revêtement DLC (pour « Diamond Like Carbon » en anglais).
- [0054] Le rotor 3 comporte par exemple une jupe cylindrique interne 14 en aluminium et une jupe cylindrique externe 15 en matériau composite à résine époxyde et fibres de carbone. La conductivité thermique de l'aluminium ($2,3 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) est nettement supérieure à celle d'un matériau composite à résine époxyde et fibres de carbone ($2,0 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$).
- [0055] Selon un exemple de réalisation, le moyeu 11, l'au moins un étage de pales 9 s'étendant radialement du moyeu 11, la jupe cylindrique interne 14 et une entretoise radiale 26 s'étendant radialement du sommet de la jupe cylindrique interne 14, entre la jupe cylindrique interne 14 et le au moins un étage de pales 9, sont réalisés d'une seule pièce, par exemple en matériau métallique, tel qu'en aluminium. La jupe cylindrique externe 15 peut être fixée sur la périphérie de l'entretoise radiale 26 par exemple par collage.
- [0056] Le matériau de meilleure conductivité thermique de la jupe cylindrique interne 14

permet de favoriser les échanges thermiques de conduction, de convection et de radiation avec le dôme 21 refroidi situé sous la jupe cylindrique interne 14. La jupe cylindrique interne 14 mais aussi les étages de pales 9 du rotor 3 peuvent ainsi être mieux refroidis.

- [0057] L'épaisseur de la jupe cylindrique interne 14 peut être comprise entre 5mm et 10mm, telle que 7mm. L'épaisseur de la jupe cylindrique externe 15 peut être comprise entre 2mm et 5mm, telle que 4mm. On prévoit par exemple que l'épaisseur de la jupe cylindrique interne 14 soit supérieure à l'épaisseur de la jupe cylindrique externe 15, tel qu'au moins deux fois supérieure. Une épaisseur plus grande de la jupe cylindrique interne 14 permet de favoriser les échanges thermiques avec le stator 2 et donc permet d'abaisser la température d'équilibre. L'épaisseur de la jupe cylindrique interne 14 peut augmenter et l'épaisseur de la jupe cylindrique 15 peut diminuer avec la réduction du diamètre des jupes 14, 15 du fait de la réduction des contraintes mécaniques.
- [0058] Par leur géométrie, les pompes à vide 1 turbomoléculaires présentent des ratios entre le moment d'inertie polaire et diamétral (I_p / I_d) du rotor 3 inférieurs à un et on cherche à abaisser le plus possible ce ratio pour mieux contrôler les paliers magnétiques actifs (PMA) et l'abaissement du niveau vibratoire de la pompe à vide 1.
- [0059] La masse volumique du matériau de plus haute conductibilité thermique, tel que l'aluminium, peut être plus élevée que la masse volumique du matériau de plus faible conductibilité thermique, telle que le composite.
- [0060] Avec une masse volumique plus élevée et/ou une épaisseur plus importante, la jupe cylindrique interne 14 contribue davantage à l'augmentation de l'inertie diamétrale I_d (car on augmente la masse loin du centre de gravité) qu'à celle de l'inertie polaire I_p (car petit diamètre) de sorte que le ratio entre le moment d'inertie polaire et diamétral (I_p / I_d) du rotor 3 diminue. La jupe cylindrique externe 15 a le même effet sur le ratio (moins lourd à l'extérieur) mais minimisé par la densité du matériau, donc l'utilisation d'un matériau de densité et/ou d'épaisseur moindre pour la jupe cylindrique externe 15 permet de minimiser l'augmentation du ratio.
- [0061] Par ailleurs, la jupe cylindrique externe 15 en matériau composite peut présenter un grand diamètre sans risque de fluage et sans trop forte augmentation du poids. De plus, le rotor 3 est moins couteux qu'un rotor entièrement réalisé en matériau aluminium.
- [0062] La succession des étages Holweck en série permet ainsi d'atteindre de forts taux de compression, notamment pour permettre le pompage de forts flux d'hydrogène tout en permettant de conserver une température basse du rotor 3. De plus, les moments d'inertie polaire et diamétrale du rotor 3 sont optimisés, le rotor 3 devient plus stable ce qui permet de réduire le niveau vibratoire de la pompe à vide 1.

Revendications

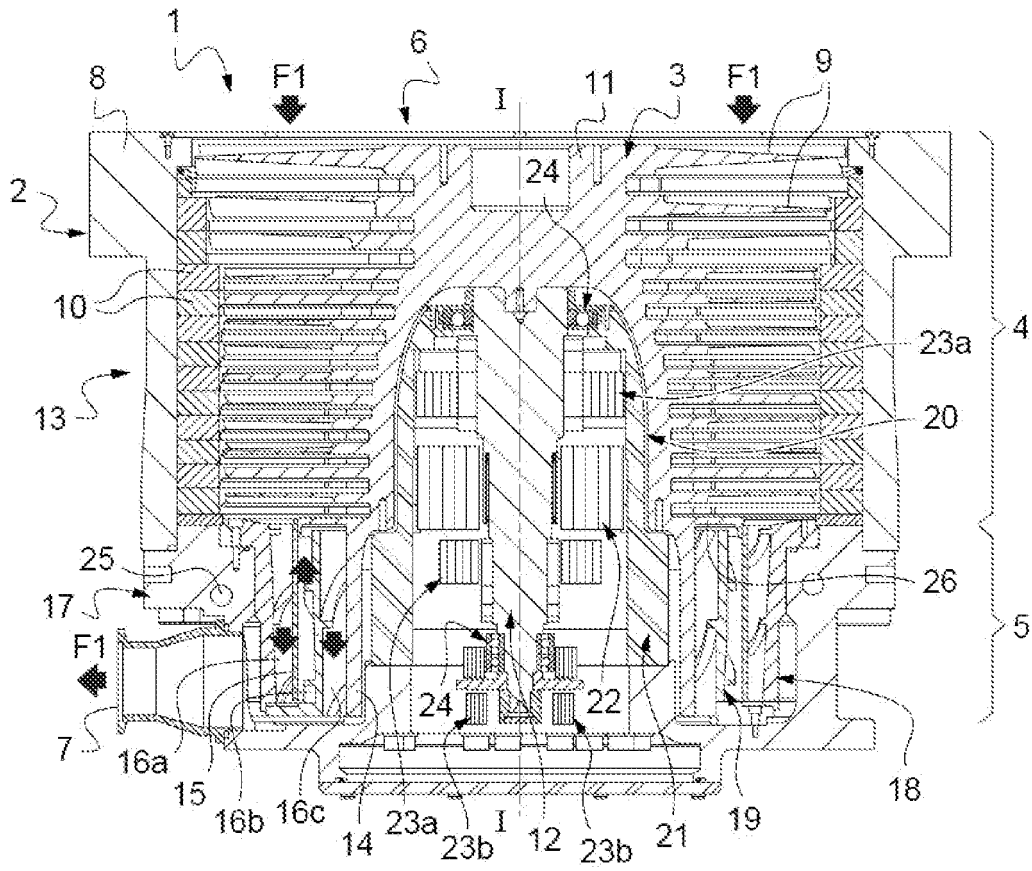
- [Revendication 1] Pompe à vide (1) turbomoléculaire comportant un stator (2), un rotor (3) configuré pour tourner dans le stator (2), le rotor (3) comportant au moins un étage de pales (9), une jupe cylindrique interne (14) et au moins une jupe cylindrique externe (15), les jupes cylindriques interne et externe (14, 15) étant coaxiales et configurées pour tourner en regard de stators Holweck respectifs du stator (2), caractérisée en ce que la jupe cylindrique interne (14) est réalisée dans un matériau de conductivité thermique supérieure à celle du matériau formant la au moins une jupe cylindrique externe (15).
- [Revendication 2] Pompe à vide (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce que la conductivité thermique de la jupe cylindrique interne (14) est au moins dix fois supérieure, telle qu'au moins cinquante fois supérieure, à la conductivité thermique du matériau formant la au moins une jupe cylindrique externe (15).
- [Revendication 3] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la jupe cylindrique interne (14) est métallique.
- [Revendication 4] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la jupe cylindrique interne (14) est réalisée en aluminium.
- [Revendication 5] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la au moins une jupe cylindrique externe (15) est réalisée en matériau composite.
- [Revendication 6] Pompe à vide (1) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le composite comporte une matrice thermdurcissable ou thermoplastique renforcée de fibres de verre ou de carbone.
- [Revendication 7] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'épaisseur de la jupe cylindrique interne (14) est supérieure à l'épaisseur de la jupe cylindrique externe (15), tel qu'au moins deux fois supérieure.
- [Revendication 8] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'épaisseur de la jupe cylindrique interne (14) est comprise entre 5mm et 10mm.
- [Revendication 9] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'épaisseur de la jupe cylindrique externe (15) est comprise entre 2mm et 5mm.
- [Revendication 10] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, ca-

ractérisée en ce que le stator (2) comporte un dôme (21) s'étendant sous la jupe cylindrique interne (14), la pompe à vide (1) comportant un dispositif de refroidissement (25) configuré pour refroidir le stator (2), et notamment le dôme (21) du stator (2).

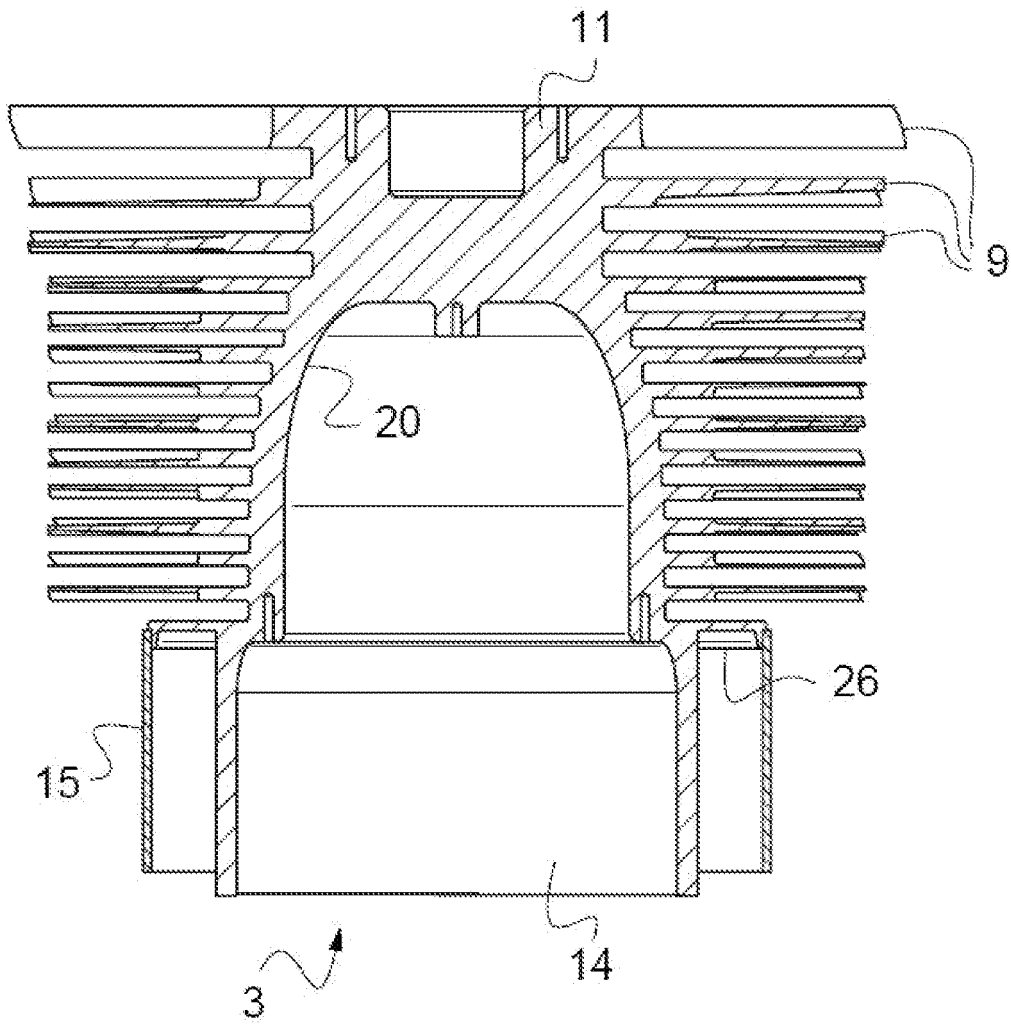
- [Revendication 11] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le stator (2) comporte une douille externe (18) et une douille interne (19) coaxiale, agencée à l'intérieur de la douille externe (18), les stators Holweck étant formés de premières rainures hélicoïdales (16a) ménagées dans la douille externe (18) en regard d'une face externe de la jupe cylindrique externe (15), de deuxièmes rainures hélicoïdales (16b) ménagées dans la douille interne (19) sur une face externe située en regard d'une face interne de la jupe cylindrique externe (15) et de troisièmes rainures hélicoïdales (16c) ménagées dans la douille interne (19) en regard de la face externe de la jupe cylindrique interne (14).
- [Revendication 12] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le rotor (3) présente en outre :
- un moyeu (11), l'au moins un étage de pales (9) s'étendant radialement du moyeu (11), et
 - une entretoise radiale (26) s'étendant du sommet de la jupe cylindrique interne (14),
- la jupe cylindrique interne (14), le au moins un étage de pales (9), le moyeu (11) et l'entretoise annulaire (26) étant réalisé d'une seule pièce.
- [Revendication 13] Pompe à vide (1) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la jupe cylindrique externe (15) est collée sur la périphérie de l'entretoise radiale (26).
- [Revendication 14] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le rotor (3) est guidé latéralement et axialement par des paliers magnétiques (23a, 23b).

[Fig. 1]

Fig.1



[Fig. 2]

Fig.2

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 919509
FR 2306111

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	JP H10 122179 A (OSAKA SHINKU KIKI SEISAKUSHO) 12 mai 1998 (1998-05-12)	1-6, 8, 9,	F04D 19/04
Y	* alinéa [0017] - alinéa [0020] *	11-14	
A	* alinéa [0030] *	10	
	* figures 1, 2 *	7	

Y	EP 3 536 965 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 11 septembre 2019 (2019-09-11)	10	
	* alinéa [0042] *		
	* figure 3 *		

A	US 2022/412369 A1 (MIWATA TOORU [JP] ET AL) 29 décembre 2022 (2022-12-29)	1-14	
	* alinéa [0034] *		
	* figures 1, 2 *		

A	JP 4 785400 B2 (OSAKA VACUUM LTD) 5 octobre 2011 (2011-10-05)	1-14	
	* alinéa [0030] - alinéa [0031] *		
	* figure 1 *		

A	JP 2002 285989 A (BOC TECHNOLOGIES LTD) 3 octobre 2002 (2002-10-03)	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
	* alinéa [0008] *		F04D
	* alinéa [0022] *		
	* figure 1 *		

Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
6 décembre 2023		Oliveira, Damien	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2306111 FA 919509**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **06-12-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP H10122179 A	12-05-1998	JP 3792318 B2 JP H10122179 A	05-07-2006 12-05-1998
EP 3536965 A1	11-09-2019	EP 3536965 A1 JP 7208817 B2 JP 2019163764 A	11-09-2019 19-01-2023 26-09-2019
US 2022412369 A1	29-12-2022	CN 114364880 A EP 4043734 A1 JP 2021055673 A KR 20220066250 A US 2022412369 A1 WO 2021065584 A1	15-04-2022 17-08-2022 08-04-2021 24-05-2022 29-12-2022 08-04-2021
JP 4785400 B2	05-10-2011	JP 4785400 B2 JP 2006291794 A	05-10-2011 26-10-2006
JP 2002285989 A	03-10-2002	AUCUN	