(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 628 870 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
01.04.2020 Bulletin 2020/14

(21) Numéro de dépôt: **19198698.3**

(22) Date de dépôt: **20.09.2019**

(51) Int Cl.:
F04C 25/02 *(2006.01)* ***F04C 28/24*** *(2006.01)*
F04D 19/04 *(2006.01)* ***F04C 23/00*** *(2006.01)*
F04C 29/00 *(2006.01)*

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: **27.09.2018 FR 1858887**

(71) Demandeur: **Pfeiffer Vacuum**
74000 Annecy (FR)

(72) Inventeurs:
- **BRANDOLIN, Serge**
  74150 BOUSSY (FR)
- **MANDALLAZ, Eric**
  74000 ANNECY (FR)

(74) Mandataire: **Croonenbroek, Thomas Jakob et al**
Innovincia
11, avenue des Tilleuls
74200 Thonon-les-Bains (FR)

(54) **POMPE À VIDE PRIMAIRE DE TYPE SÈCHE ET PROCÉDÉ DE CONTRÔLE DE L'INJECTION D'UN GAZ DE PURGE**

(57) L'invention concerne une pompe à vide (1) primaire de type sèche comportant :
- au moins deux étages de pompage (2a-2e) montés en série entre une aspiration (3) et un refoulement (4) de la pompe à vide (1),
- deux rotors (5) s'étendant dans les étages de pompage (2a-2e), les rotors (5) étant configurés pour tourner de façon synchronisée en sens inverse pour entrainer un gaz à pomper entre l'aspiration (3) et le refoulement (4),
- un dispositif d'injection (9) configuré pour distribuer un gaz de purge dans au moins un étage de pompage (2a-2e), comprenant :
◦ au moins un organe d'injection (12a-12e), et
◦ au moins une vanne d'injection (13 ; 16a-16e) pilotable en tout ou rien destinée à être interposée entre une source d'alimentation en gaz de purge et le au moins un organe d'injection (12a-12e),

caractérisée en ce que la pompe à vide (1) comporte en outre un dispositif de contrôle (10) configuré pour contrôler l'ouverture et la fermeture de la au moins une vanne d'injection (13 ; 16a-16e) pour injecter un gaz de purge par impulsions successives dans au moins un étage de pompage (2a-2e).

La présente invention concerne également un procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge dans une telle pompe à vide.

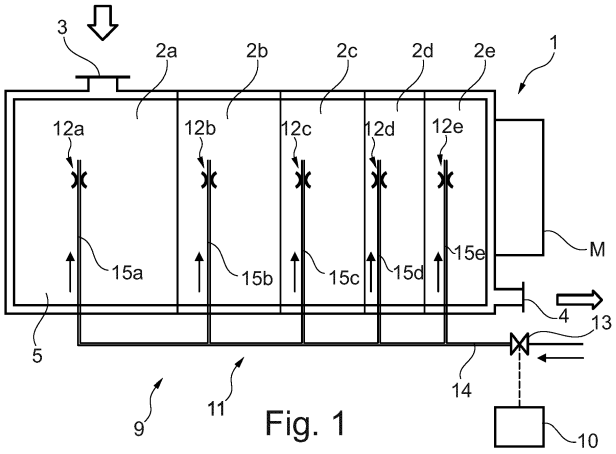


Fig. 1

EP 3 628 870 A1

Description

[0001] La présente invention concerne une pompe à vide primaire de type sèche telle que de type « Roots » ou « Claw » ou à vis. La présente invention concerne également un procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge dans une telle pompe à vide.

[0002] Les pompes à vide primaire de type sèche comportent plusieurs étages de pompage en série dans lesquels circule un gaz à pomper entre une aspiration et un refoulement. On distingue parmi les pompes à vide primaire connues, celles à lobes rotatifs également connues sous le nom « Roots » ou celles à bec, également connues sous le nom « Claw » ou encore celles à vis. Ces pompes à vide sont dites « sèches » car en fonctionnement, les rotors tournent à l'intérieur d'un stator sans aucun contact mécanique entre eux ou avec le stator, ce qui permet de ne pas utiliser d'huile dans les étages de pompage.

[0003] Certaines pompes à vide primaire sont employées dans des procédés utilisant des chimies génératrices de sous-produits solides par exemple sous forme de poudre, pâte ou morceaux. C'est le cas par exemple de certains procédés de fabrication de semi-conducteurs, d'écrans photovoltaïques, d'écrans plats ou de LED. Ces sous-produits solides peuvent être aspirés par la pompe à vide et altérer son fonctionnement, notamment en gênant la rotation des rotors voire en l'empêchant totalement dans le pire des cas.

[0004] Pour éviter cela, on connait déjà plusieurs solutions.

[0005] On protège par exemple les pompes à vide en installant des pièges à poudre à l'entrée des pompes. Ces pièges sont par exemple constitués de séparateurs de poudre qui retiennent les composés solides par gravité ou par force centrifuge.

[0006] Une autre méthode employée consiste à adapter la géométrie de la pompe à vide pour faciliter l'évacuation des sous-produits solides, par exemple en augmentant le diamètre des canaux de transfert ou en agençant les étages de pompage verticalement.

[0007] Egalement, injecter un gaz de purge dans la pompe à vide participe à l'évacuation des sous-produits solides en plus de diluer les gaz pompés. Pour cela, de l'azote ou de l'air est généralement injecté à travers des buses d'injection réparties le long de la pompe à vide, à chaque étage de pompage. Ce gaz de purge peut participer au transport pneumatique des poudres solides.

[0008] Cependant dans certains cas, ces solutions peuvent être insuffisantes car la nature des sous-produits solides peut permettre à ceux-ci d'adhérer fortement aux parois et il est alors plus difficile de les évacuer.

[0009] Un but de la présente invention est de résoudre au moins partiellement un inconvénient précité de l'état de la technique.

[0010] A cet effet, l'invention a pour objet une pompe à vide primaire de type sèche comportant :

- au moins deux étages de pompage montés en série entre une aspiration et un refoulement de la pompe à vide,
- deux rotors s'étendant dans les étages de pompage, les rotors étant configurés pour tourner de façon synchronisée en sens inverse pour entrainer un gaz à pomper entre l'aspiration et le refoulement,
- un dispositif d'injection configuré pour distribuer un gaz de purge dans au moins un étage de pompage, comprenant :
    - ◦ au moins un organe d'injection, et
    - ◦ au moins une vanne d'injection pilotable en tout ou rien destinée à être interposée entre une source d'alimentation en gaz de purge et le au moins un organe d'injection,

caractérisée en ce que la pompe à vide comporte en outre un dispositif de contrôle configuré pour contrôler l'ouverture et la fermeture de la au moins une vanne d'injection pour injecter un gaz de purge par impulsions successives dans au moins un étage de pompage.

[0011] La commande en ouverture/fermeture de la au moins une vanne d'injection permet de pulser l'injection du gaz de purge alternant des phases d'injection (ou impulsions) avec des phases sans injection ou à injection de moindre flux.

[0012] Ce mode d'injection en flux pulsé, c'est-à-dire par train d'impulsions, permet de créer des fronts d'onde au moment de l'injection permettant un décollement des sous-produits solides qui est plus efficace qu'une injection de gaz de purge en continu.

[0013] De plus, l'injection en flux pulsé du gaz de purge permet de pouvoir maintenir une valeur moyenne du flux de gaz de purge injecté du même ordre de grandeur que celle d'une injection classique de gaz de purge en continu.

[0014] La commande de la au moins une vanne d'injection en tout ou rien permet de produire des créneaux de commande permettant d'assurer une injection par impulsions successives avec des fronts montants présentant de fortes pentes qui sont plus efficaces pour le décollement des sous-produits solides. La pente du front montant du flux de gaz de purge sur une impulsion est par exemple supérieure à 100slm/s.

[0015] L'organe d'injection, tel qu'un orifice calibré (aussi appelé gicleur), une buse d'injection ou tel qu'un contrôleur de débit (ou « mass flow » en anglais), est configuré pour limiter le débit du gaz de purge dans l'étage de pompage, par exemple à une valeur inférieure à 200 slm (ou 338 $Pa.m^3/s$).

[0016] La au moins une vanne d'injection pilotable est par exemple une électrovanne telle qu'électromagnétique ou piézoélectrique. Cette vanne est pilotable en tout ou rien : elle est soit ouverte, soit fermée.

[0017] La fréquence et la durée des impulsions peu-

vent être ajustées selon la nature des sous-produits à évacuer. Il est ainsi possible d'espacer ou de multiplier le nombre d'impulsions selon l'effet recherché.

[0018] La fréquence (rythme des ouvertures/fermeture), la durée, le rapport cyclique (temps d'ouverture/temps de fermeture) et les amplitudes des impulsions de gaz de purge peuvent être des paramètres réglables par l'utilisateur au moyen d'une interface du dispositif de contrôle.

[0019] Le flux de gaz de purge injecté par impulsions est par exemple compris entre 10slm (ou 17Pa.m^3/s) et 120slm (ou 202Pa.m^3/s), tel que 100slm (ou 169Pa.m^3/s).

[0020] La fréquence des impulsions est par exemple comprise entre 0,1Hz et 5Hz, telle que 0,5Hz c'est-à-dire une ouverture toutes les deux secondes.

[0021] Le rapport cyclique peut être compris entre 1 et 80%. Il est par exemple de 50%.

[0022] Le temps d'ouverture/temps de fermeture de la vanne d'injection est par exemple compris entre 1 et 80%, tel que compris entre 40 et 80%.

[0023] La durée d'une impulsion d'injection de gaz de purge est par exemple de l'ordre d'une seconde et la durée de fermeture de la vanne d'injection est par exemple de l'ordre d'une seconde.

[0024] Selon un exemple de réalisation, le dispositif d'injection comprend :

- un distributeur configuré pour distribuer un gaz de purge dans les étages de pompage,
- un organe d'injection par étage de pompage interposé entre le distributeur et un étage de pompage respectif.

[0025] Selon un exemple de réalisation, la vanne d'injection est agencée sur une branche du distributeur commune aux étages de pompage.

[0026] Selon un exemple de réalisation, le dispositif d'injection comporte une vanne d'injection par étage de pompage agencée sur une dérivation respective du distributeur adaptée pour distribuer un gaz de purge dans un étage de pompage respectif.

[0027] Selon un exemple de réalisation, la pompe à vide en outre comporte un dispositif d'injection additionnel comportant :

- un distributeur pour distribuer un gaz de purge dans les étages de pompage,
- un organe d'injection par étage de pompage interposé entre le distributeur et un étage de pompage respectif,
- une vanne d'injection en continu pilotable et agencée sur une branche du distributeur commune aux étages de pompage, le dispositif de contrôle étant également configuré pour contrôler l'ouverture de la au moins une vanne d'injection en continu pour injecter un gaz de purge en continu dans les étages de pompage.

[0028] L'invention a aussi pour objet un procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge dans une pompe à vide primaire de type sèche telle que décrite précédemment, caractérisé en ce que l'on contrôle l'ouverture de la au moins une vanne d'injection pour injecter du gaz de purge par impulsions successives dans au moins un étage de pompage.

[0029] Selon un exemple de réalisation du procédé de contrôle, au moins deux durées d'impulsion de gaz de purge sont différentes dans deux étages de pompage.

[0030] Selon un exemple de réalisation du procédé de contrôle, un flux continu de gaz de purge est en outre injecté dans au moins un étage de pompage en commandant au moins une vanne d'injection continuellement en ouverture.

[0031] Selon un exemple de réalisation du procédé de contrôle, on contrôle en outre l'ouverture de la au moins une vanne d'injection en continu pour injecter un gaz de purge en continu au niveau de chaque étage de pompage.

[0032] Selon un exemple de réalisation du procédé de contrôle, on synchronise le pilotage des vannes d'injection pour décaler l'injection des impulsions de gaz de purge dans au moins deux étages de pompage.

[0033] Selon un exemple de réalisation du procédé de contrôle, le décalage des impulsions de gaz de purge est synchronisé pour ouvrir les vannes d'injection dans les étages de pompage de manière successive dans le sens d'écoulement des gaz allant de l'aspiration vers le refoulement de la pompe à vide.

[0034] Selon un autre exemple de réalisation du procédé de contrôle, le décalage des impulsions de gaz de purge est synchronisé pour ouvrir les vannes d'injection dans les étages de pompage de manière successive dans le sens d'écoulement des gaz allant du refoulement vers l'aspiration de la pompe à vide. On crée ainsi artificiellement un front d'onde gazeux se déplaçant dans le sens contraire d'écoulement des gaz pompés permettant d'évacuer les sous-produits graduellement, en commençant par le dernier, puis l'avant dernier et ainsi de suite ce qui peut permettre d'éviter leur accumulation entre les étages de pompage ou dans un silencieux généralement agencé après le refoulement.

[0035] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description de l'invention, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 montre une vue très schématique d'un premier exemple de réalisation d'une pompe à vide primaire de type sèche.

La figure 2 montre un graphique d'impulsions de gaz de purge injectées dans un étage de pompage de la pompe à vide de la figure 1 en fonction du temps.

La figure 3 montre une vue similaire à la figure 1 pour un deuxième exemple de réalisation.

La figure 4 montre une vue similaire à la figure 1 pour un troisième exemple de réalisation.

[0036] Sur ces figures, les éléments identiques portent les mêmes numéros de référence. Les dessins sont simplifiés pour faciliter leur compréhension.

[0037] 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.

[0038] On définit par pompe à vide primaire, une pompe à vide volumétrique, qui aspire, transfère puis refoule un gaz à pomper. En utilisation classique, une pompe à vide primaire est configurée pour pouvoir refouler un gaz à pomper à pression ambiante.

[0039] La figure 1 représente un premier exemple de réalisation d'une pompe à vide 1 primaire de type sèche.

[0040] La pompe à vide 1 comporte au moins deux étages de pompage 2a-2e montés en série entre une aspiration 3 et un refoulement 4 et dans lesquels un gaz à pomper peut circuler (le sens de circulation des gaz pompés est illustré par les flèches sur la figure 1).

[0041] Dans l'exemple illustratif, la pompe à vide 1 comporte cinq étages de pompage 2a, 2b, 2c, 2d, 2e. Chaque étage de pompage 2a-2e comprend une entrée et une sortie respectives. Les étages de pompage successifs 2a-2e sont raccordés en série les uns à la suite des autres par des canaux inter-étages respectifs raccordant la sortie de l'étage de pompage qui précède à l'entrée de l'étage qui suit.

[0042] La pompe à vide 1 comporte en outre deux rotors 5 s'étendant dans les étages de pompage 2a-2e.

[0043] Les rotors 5 présentent par exemple des lobes de profils identiques angulairement décalés, par exemple de type « Roots », par exemple de section en forme de « huit » ou de « haricot », ou de type « Claw » ou sont de type à vis ou d'un autre principe similaire de pompe à vide volumétrique.

[0044] Les rotors 5 sont configurés pour tourner de façon synchronisée en sens inverse pour entrainer un gaz à pomper entre l'aspiration 3 et le refoulement 4 de la pompe à vide 1. Lors de la rotation, le gaz aspiré depuis l'entrée est emprisonné dans le volume engendré par les rotors 5 et un stator de l'étage de pompage 2a-2e, puis est entraîné par les rotors 5 vers l'étage suivant.

[0045] Les rotors 5 sont entraînés en rotation par un moteur M de la pompe à vide 1.

[0046] La pompe à vide 1 comporte en outre un dispositif d'injection 9 configuré pour distribuer un gaz de purge, tel qu'un gaz neutre, tel que de l'air ou de l'azote, dans au moins un étage de pompage 2a-2e et un dispositif de contrôle 10 configuré pour contrôler le dispositif d'injection 9.

[0047] Le dispositif d'injection 9 comprend au moins un organe d'injection 12a-12e et au moins une vanne d'injection 13 pilotable.

[0048] L'organe d'injection 12a-12e, tel qu'un orifice calibré (aussi appelé gicleur), une buse d'injection ou tel qu'un contrôleur de débit (ou « mass flow » en anglais), est configuré pour limiter le débit du gaz de purge dans l'étage de pompage 2a-2e, par exemple à une valeur inférieure à 200 slm (ou 338 $Pa.m^3/s$).

[0049] La au moins une vanne d'injection 13 pilotable est par exemple une électrovanne telle qu'électromagnétique ou piézoélectrique. Cette vanne est pilotable en tout ou rien : elle est soit ouverte, soit fermée. Ces vannes présentent l'avantage d'être simples, peu encombrantes et peu onéreuses. La au moins une vanne d'injection 13 est interposée entre une source d'alimentation en gaz de purge et le au moins un organe d'injection 12a-12e.

[0050] Le dispositif de contrôle 10 comporte un ou plusieurs contrôleurs ou microcontrôleurs ou processeurs et une mémoire pour exécuter des suites d'instructions de programmes mettant en oeuvre un procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge dans la pompe à vide 1 dans lequel on contrôle la au moins une vanne d'injection 13 en ouverture et fermeture pour injecter un gaz de purge par impulsions P successives dans au moins un étage de pompage 2a-2e (Figure 2).

[0051] La commande en ouverture/fermeture de la au moins une vanne d'injection 13 permet de pulser l'injection du gaz de purge alternant des phases d'injection (ou impulsions) avec des phases sans injection ou à injection de moindre flux.

[0052] Ce mode d'injection en flux pulsé, c'est-à-dire par train d'impulsions, permet de créer des fronts d'onde au moment de l'injection permettant un décollement des sous-produits solides qui est plus efficace qu'une injection de gaz de purge en continu.

[0053] De plus, l'injection en flux pulsé du gaz de purge permet de pouvoir maintenir une valeur moyenne du flux de gaz de purge injecté du même ordre de grandeur que celle d'une injection classique de gaz de purge en continu.

[0054] La commande de la au moins une vanne d'injection 13 en tout ou rien permet de produire des créneaux de commande permettant d'assurer une injection par impulsions successives avec des fronts montants présentant de fortes pentes qui sont plus efficaces pour le décollement des sous-produits solides. La pente du front montant du flux de gaz de purge sur une impulsion est par exemple supérieure à 100slm/s.

[0055] Le dispositif de contrôle 10 est par exemple embarqué dans la pompe à vide 1.

[0056] La fréquence et la durée des impulsions peuvent être ajustées selon la nature des sous-produits à évacuer. Il est ainsi possible d'espacer ou de multiplier le nombre d'impulsions selon l'effet recherché.

[0057] La fréquence (rythme des ouvertures/fermeture), la durée, le rapport cyclique (temps d'ouverture/temps de fermeture) et les amplitudes des impulsions de gaz de purge peuvent être des paramètres réglables par l'utilisateur au moyen d'une interface du dispositif de contrôle 10.

[0058] Le flux de gaz de purge injecté par impulsions est par exemple compris entre 10slm (ou 17Pa.m^3/s) et 120slm (ou 202Pa.m^3/s), tel que 100slm (ou 169Pa.m^3/s).

[0059] La fréquence des impulsions est par exemple comprise entre 0,1Hz et 5Hz, telle que 0,5Hz c'est-à-dire une ouverture toutes les deux secondes.

[0060] Le rapport cyclique (le temps d'ouverture/temps de fermeture de la vanne d'injection) peut être compris entre 1 et 80%, tel que compris entre 40 et 80%. Il est par exemple de 50%.

[0061] La durée d'une impulsion d'injection de gaz de purge est par exemple de l'ordre d'une seconde et la durée de fermeture de la vanne d'injection est par exemple de l'ordre d'une seconde.

[0062] Selon un premier exemple de réalisation représenté sur la figure 1, le dispositif d'injection 9 comporte un distributeur 11 (appelé « manifold » en anglais) configuré pour distribuer un gaz de purge provenant de la source d'alimentation dans chacun des étages de pompage 2a-2e (le sens de circulation du gaz de purge est illustré par les flèches sur la figure 1).

[0063] Pour cela, le distributeur 11 comporte une branche 14 commune reliée à des dérivations 15a, 15b, 15c, 15d, 15e. Les dérivations 15a-15e sont adaptées pour distribuer un gaz de purge dans un étage de pompage 2a-2e respectif.

[0064] La vanne d'injection 13 est agencée sur une branche 14 du distributeur 11 commune aux étages de pompage 2a-2e.

[0065] Le dispositif d'injection 9 comporte en outre un organe d'injection 12a, 12b, 12c, 12d, 12e par étage de pompage 2a-2e. Ils sont interposés entre le distributeur 11 et un étage de pompage 2a-2e respectif.

[0066] En fonctionnement, on contrôle l'ouverture de la au moins une vanne d'injection 13 pour injecter du gaz de purge par impulsions successives dans tous les étages de pompage 2a-2e.

[0067] Ce mode de réalisation présente l'avantage de pouvoir être implémenté facilement sur des pompes à vide existantes en modifiant simplement le programme de pilotage de la au moins une vanne d'injection 13 du dispositif d'injection 9.

[0068] Etant donné que la vanne d'injection 13 pilotable est commune à tous les étages de pompage 2a-2e, le gaz de purge est injecté par impulsions successives dans les étages de pompage 2a-2e simultanément et sur des durées similaires. En outre, entre deux impulsions de gaz de purge, le flux de gaz de purge injecté est nul puisque la au moins une vanne d'injection 13 est pilotable en tout ou rien.

[0069] Dans le cas d'organes d'injection 12a-12e réalisés sous forme de contrôleurs de débit pilotables par le dispositif de contrôle 10, il est toutefois possible de prévoir des amplitudes d'impulsions particulières sur chaque étage de pompage 2a-2e.

[0070] Le distributeur 11 peut également comporter au moins une dérivation additionnelle configurée pour distribuer un gaz de purge dans un palier de la pompe à vide 1 situé à une extrémité des rotors 5, par exemple entre le moteur M et l'étage de pompage 2e situé du côté du refoulement 4 ici accolé au moteur M.

[0071] La figure 3 montre un deuxième exemple de réalisation.

[0072] Cet exemple diffère du précédent par le fait que le dispositif d'injection 9 comporte une vanne d'injection 16a-16e par étage de pompage 2a-2e agencée sur une dérivation 15a-15e respective du distributeur 11.

[0073] En fonctionnement, on contrôle l'ouverture des vannes d'injection 16a-16e pour injecter des impulsions de gaz de purge dans au moins un étage de pompage 2a-2e.

[0074] Il est possible dans cet exemple de piloter indépendamment chaque vanne d'injection 15a-15b. Ainsi, les impulsions de gaz de purge peuvent être injectées dans un, plusieurs ou tous les étages de pompage 2a-2e, simultanément ou non.

[0075] Il est également possible de prévoir d'injecter un flux continu de gaz de purge dans le ou les étages de pompage dans lesquels on n'injecte pas de gaz de purge par impulsions successives en commandant au moins une vanne d'injection 16a-16e continuellement en ouverture. Par exemple, on injecte une impulsion de gaz de purge dans l'étage de pompage 2a dit de basse pression situé du côté de l'aspiration 3 et on injecte un gaz de purge en continu dans les autres étages de pompage 2b-2e.

[0076] Par ailleurs, les impulsions de gaz de purge peuvent être injectées sur des durées différentes ou similaires dans les différents étages de pompage 2a-2e. On prévoit par exemple qu'au moins deux durées d'impulsions de gaz de purge soient différentes dans deux étages de pompage 2a-2e. Les fréquences des impulsions peuvent donc également être différentes pour chaque étage de pompage 2a-2e.

[0077] On peut en outre prévoir de synchroniser le pilotage des vannes d'injection 16a-16e pour décaler l'injection des impulsions de gaz de purge dans au moins deux étages de pompage 2a-2e. Dans ce cas, les vannes d'injection 16a-16e d'au moins deux étages de pompage 2a-2e ne sont pas ouvertes en même temps ou les durées d'ouverture simultanées sont relativement courtes comparées à la durée totale de l'impulsion.

[0078] Par exemple, le décalage des impulsions de gaz de purge est synchronisé pour ouvrir les vannes d'injection 16a-16e dans les étages de pompage 2a-2e de manière successive dans le sens d'écoulement des gaz allant de l'aspiration 3 vers le refoulement 4 de la pompe à vide 1. Ainsi, la vanne d'injection 16a de l'étage de pompage 2a dit de basse pression du côté aspiration 3 est d'abord ouverte, puis celle associée au deuxième étage de pompage 2b et ainsi de suite jusqu'à l'étage de pompage 2e dit de haute pression du côté du refoulement 4. On crée ainsi artificiellement un front d'onde gazeux se déplaçant dans le sens d'écoulement des gaz pompés améliorant l'efficacité d'évacuation des sous-produits so-

lides.

[0079] Selon un autre exemple, le décalage des impulsions de gaz de purge est synchronisé pour ouvrir les vannes d'injection 16a-16e dans les étages de pompage 2a-2e de manière successive dans le sens d'écoulement des gaz allant du refoulement 4 vers l'aspiration 3 de la pompe à vide 1.

[0080] Ainsi, par exemple la vanne de régulation 16e agencée sur la branche 15e raccordée au dernier étage de pompage 2e est d'abord ouverte, puis, après sa fermeture, la vanne de régulation 16d associée à l'avant dernier étage de pompage 2d est ouverte et ainsi de suite jusqu'au premier ou jusqu'au deuxième premier étage de pompage 2b si on injecte un gaz de purge en continu dans l'étage de pompage 2a dit de basse pression situé du côté de l'aspiration 3 par exemple.

[0081] On crée ainsi artificiellement un front d'onde gazeux se déplaçant dans le sens contraire d'écoulement des gaz pompés. Ce front d'onde permet ainsi d'évacuer d'éventuels sous-produits solides susceptibles de colmater la pompe à vide 1 d'abord dans le dernier étage de pompage 2e, puis dans l'avant dernier et ainsi de suite. Les sous-produits peuvent être évacués graduellement, en commençant par le dernier étage de pompage 2e, ce qui peut permettre d'éviter leur accumulation successive entre les étages de pompage ou dans un silencieux généralement agencé après le refoulement 4, pour éviter ainsi dans certains cas d'aggraver le risque de colmatage.

[0082] Plusieurs fronts d'onde peuvent être ainsi créés simultanément dans la pompe à vide 1. Par exemple, la vanne d'injection 16e de l'étage de pompage 2e dit de refoulement peut être ouverte simultanément avec la vanne d'injection 16a de l'étage de pompage 2a dit de basse pression. Un nouveau front d'onde démarre alors qu'un précédent front d'onde est en train de s'achever.

[0083] On comprend qu'en augmentant le nombre de vannes d'injection, on multiplie les choix possibles.

[0084] Dans le cas d'organes d'injection 12a-12e réalisés sous forme de contrôleurs de débit pilotables par le dispositif de contrôle 10, il est aussi possible de prévoir des amplitudes d'impulsions particulières sur chaque étage de pompage 2a-2e.

[0085] La Figure 4 montre un troisième exemple de réalisation.

[0086] Dans cet exemple, la pompe à vide 1 comporte un dispositif d'injection additionnel 17.

[0087] Le dispositif d'injection additionnel 17 comporte un distributeur 11 pour distribuer un gaz de purge dans les étages de pompage 2a-2e, un organe d'injection 12a-12e par étage de pompage 2a-2e interposé entre le distributeur 11 et un étage de pompage 2a-2e respectif et une vanne d'injection en continu 18 pilotable agencée sur une branche 14 du distributeur 11 commune aux étages de pompage 2a-2e.

[0088] La vanne d'injection en continu 18 pilotable est par exemple une électrovanne telle qu'électromagnétique ou piézoélectrique. Cette vanne est par exemple pilotable en tout ou rien.

[0089] Le dispositif de contrôle 10 est également configuré pour contrôler l'ouverture de la au moins une vanne d'injection en continu 18 pour injecter un gaz de purge en continu dans au moins un étage de pompage 2a-2e.

[0090] Etant donné qu'un flux de gaz de purge peut être constamment assuré dans tous les étages de pompage 2a-2e au moyen du dispositif d'injection additionnel 17, le dispositif d'injection 9 peut comporter seulement un ou quelques organes d'injection débouchant dans des étages de pompage 2a-2e accolés ou non et ne pas comporter d'organes d'injection et de vannes d'injection dans tous les étages de pompage 2a-2e.

[0091] Il est aussi possible, comme dans le deuxième mode de réalisation, que le dispositif d'injection 9 comporte un distributeur 11 configuré pour distribuer un gaz de purge dans les étages de pompage 2a-2e, un organe d'injection 12a-12e par étage de pompage 2a-2e interposé entre le distributeur 11 et un étage de pompage 2a-2e respectif et une vanne d'injection 16a-16e par étage de pompage 2a-2e agencée sur une dérivation 15a-15e respective du distributeur 11.

[0092] En fonctionnement, on contrôle l'ouverture de la au moins une vanne d'injection 16a-16e pour injecter des impulsions de gaz de purge dans au moins un étage de pompage 2a-2e et on contrôle l'ouverture de la au moins une vanne d'injection en continu 18 pour injecter un gaz de purge en continu au niveau de chaque étage de pompage 2a-2e.

[0093] Le flux du gaz de purge injecté par impulsions successives est par exemple compris entre 10slm et 120slm, tel que 100slm et le flux du gaz de purge injecté en continu est par exemple compris entre 10slm et 120slm, tel que 50slm (ou 84Pa.m^3/s). La fréquence des impulsions est par exemple 0.5Hz. Le rapport cyclique est par exemple de 50%.

[0094] Par conséquent, en plus des possibilités décrites pour le deuxième mode de réalisation, il est possible ici d'assurer en plus un flux de purge non nul entre deux impulsions de gaz de purge dans un même étage de pompage 2a-2e. Une purge peut ainsi être maintenue continuellement dans tous les étages de la pompe à vide 1 simultanément à des saccades de fronts d'onde de purge.

Revendications

1. Pompe à vide (1) primaire de type sèche comportant :

- au moins deux étages de pompage (2a-2e) montés en série entre une aspiration (3) et un refoulement (4) de la pompe à vide (1),
- deux rotors (5) s'étendant dans les étages de pompage (2a-2e), les rotors (5) étant configurés pour tourner de façon synchronisée en sens inverse pour entrainer un gaz à pomper entre l'as-

piration (3) et le refoulement (4),
- un dispositif d'injection (9) configuré pour distribuer un gaz de purge dans au moins un étage de pompage (2a-2e), comprenant :

◦ au moins un organe d'injection (12a-12e), et
◦ au moins une vanne d'injection (13 ; 16a-16e) pilotable en tout ou rien destinée à être interposée entre une source d'alimentation en gaz de purge et le au moins un organe d'injection (12a-12e),

caractérisée en ce que la pompe à vide (1) comporte en outre un dispositif de contrôle (10) configuré pour contrôler l'ouverture et la fermeture de la au moins une vanne d'injection (13 ; 16a-16e) pour injecter un gaz de purge par impulsions successives dans au moins un étage de pompage (2a-2e).

2. Pompe à vide (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le dispositif d'injection (9) comprend :

- un distributeur (11) configuré pour distribuer un gaz de purge dans les étages de pompage (2a-2e),
- un organe d'injection (12a-12e) par étage de pompage (2a-2e) interposé entre le distributeur (11) et un étage de pompage (2a-2e) respectif.

3. Pompe à vide (1) selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** la vanne d'injection (13) est agencée sur une branche (14) du distributeur (11) commune aux étages de pompage (2a-2e).

4. Pompe à vide (1) selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** le dispositif d'injection (9) comporte une vanne d'injection (16a-16e) par étage de pompage (2a-2e) agencée sur une dérivation (15a-15e) respective du distributeur (11) adaptée pour distribuer un gaz de purge dans un étage de pompage (2a-2e) respectif.

5. Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**elle comporte en outre un dispositif d'injection additionnel (17) comportant :

- un distributeur (11) pour distribuer un gaz de purge dans les étages de pompage (2a-2e),
- un organe d'injection (12a-12e) par étage de pompage (2a-2e) interposé entre le distributeur (11) et un étage de pompage (2a-2e) respectif,
- une vanne d'injection en continu (18) pilotable et agencée sur une branche (14) du distributeur (11) commune aux étages de pompage (2a-2e),

le dispositif de contrôle (10) étant également configuré pour contrôler l'ouverture de la au moins une vanne d'injection en continu (18) pour injecter un gaz de purge en continu dans les étages de pompage (2a-2e).

6. Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la fréquence des impulsions est comprise entre 0,1Hz et 5Hz.

7. Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le flux de gaz de purge injecté par impulsions est compris entre 17Pa.m^3/s et 202Pa.m^3/s.

8. Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le temps d'ouverture/temps de fermeture de la vanne d'injection est compris entre 1 et 80%, tel que compris entre 40 et 80%.

9. Procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge dans une pompe à vide (1) primaire de type sèche selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on contrôle l'ouverture de la au moins une vanne d'injection (13 ; 16a-16e) pour injecter du gaz de purge par impulsions successives dans au moins un étage de pompage (2a-2e).

10. Procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge selon la revendication 9 dans une pompe à vide selon la revendication 4 ou selon l'une des revendications 5 à 8 prise avec la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**au moins deux durées d'impulsions de gaz de purge sont différentes dans deux étages de pompage (2a-2e).

11. Procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge selon l'une des revendications 9 ou 10 dans une pompe à vide selon la revendication 4 ou selon l'une des revendications 5 à 8 prise avec la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**en outre, un flux continu de gaz de purge est injecté dans au moins un étage de pompage (2a-2e) en commandant au moins une vanne d'injection (16a-16e) continuellement en ouverture.

12. Procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge selon l'une des revendications 9 à 11 dans une pompe à vide selon la revendication 5 ou selon l'une des revendications 6 à 8 prise avec la revendication 5, **caractérisé en ce qu'**en outre, on contrôle l'ouverture de la au moins une vanne d'injection en continu (18) pour injecter un gaz de purge en continu au niveau de chaque étage de pompage (2a-2e).

13. Procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge selon l'une des revendications 9 à 12 dans une pom-

pe à vide selon la revendication 4 ou selon l'une des revendications 5 à 8 prise avec la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**on synchronise le pilotage des vannes d'injection (16a-16e) pour décaler l'injection des impulsions de gaz de purge dans au moins deux étages de pompage (2a-2e).

14. Procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le décalage des impulsions de gaz de purge est synchronisé pour ouvrir les vannes d'injection (16a-16e) dans les étages de pompage (2a-2e) de manière successive dans le sens d'écoulement des gaz allant de l'aspiration (3) vers le refoulement (4) de la pompe à vide (1).

15. Procédé de contrôle de l'injection d'un gaz de purge selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le décalage des impulsions de gaz de purge est synchronisé pour ouvrir les vannes d'injection (16a-16e) dans les étages de pompage (2a-2e) de manière successive dans le sens d'écoulement des gaz allant du refoulement (4) vers l'aspiration (3) de la pompe à vide (1).

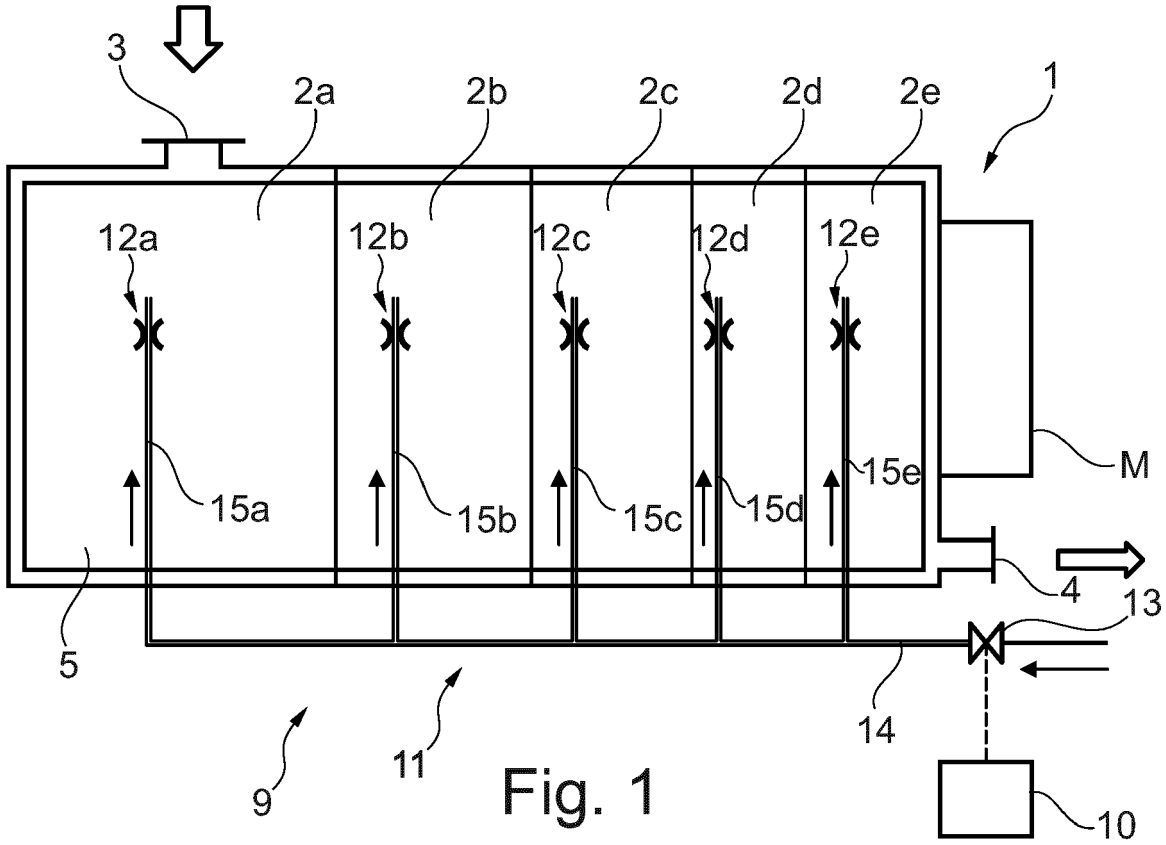

3
2a
2b
2c
2d
2e
1
12a
12b
12c
12d
12e
15a
15b
15c
15d
15e
M
4
13
5
14
9
11
10

Fig. 1

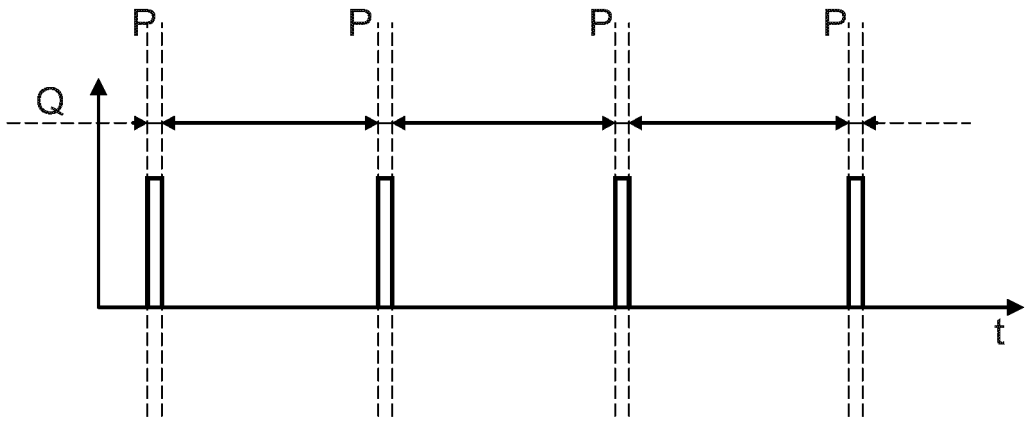

P
P
P
P
Q
t

Fig. 2

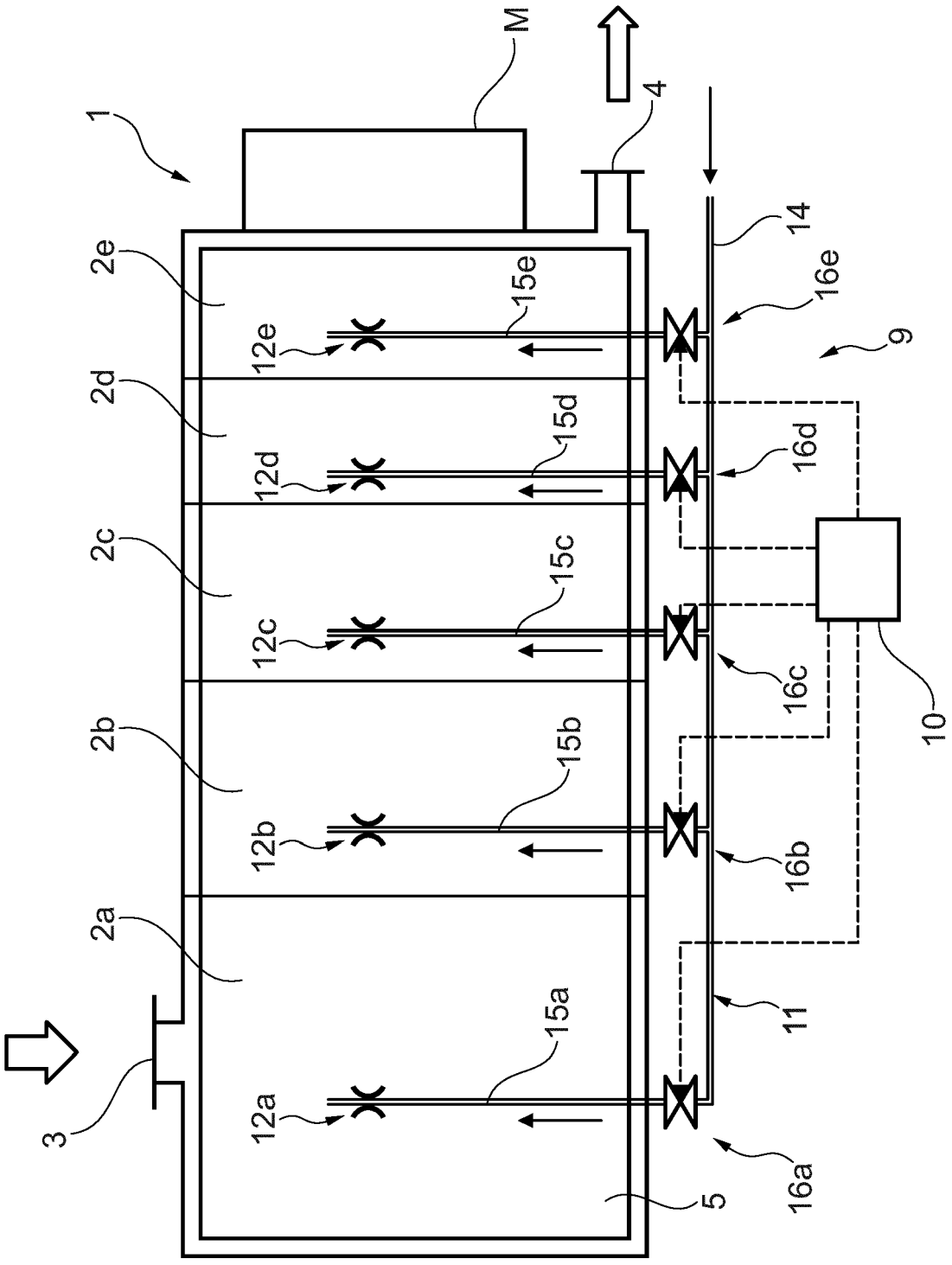

M
1
4
14
2e
15e
16e
9
12e
2d
15d
16d
12d
2c
15c
12c
16c
10
2b
15b
12b
16b
2a
15a
11
3
12a
5
16a

Fig. 3

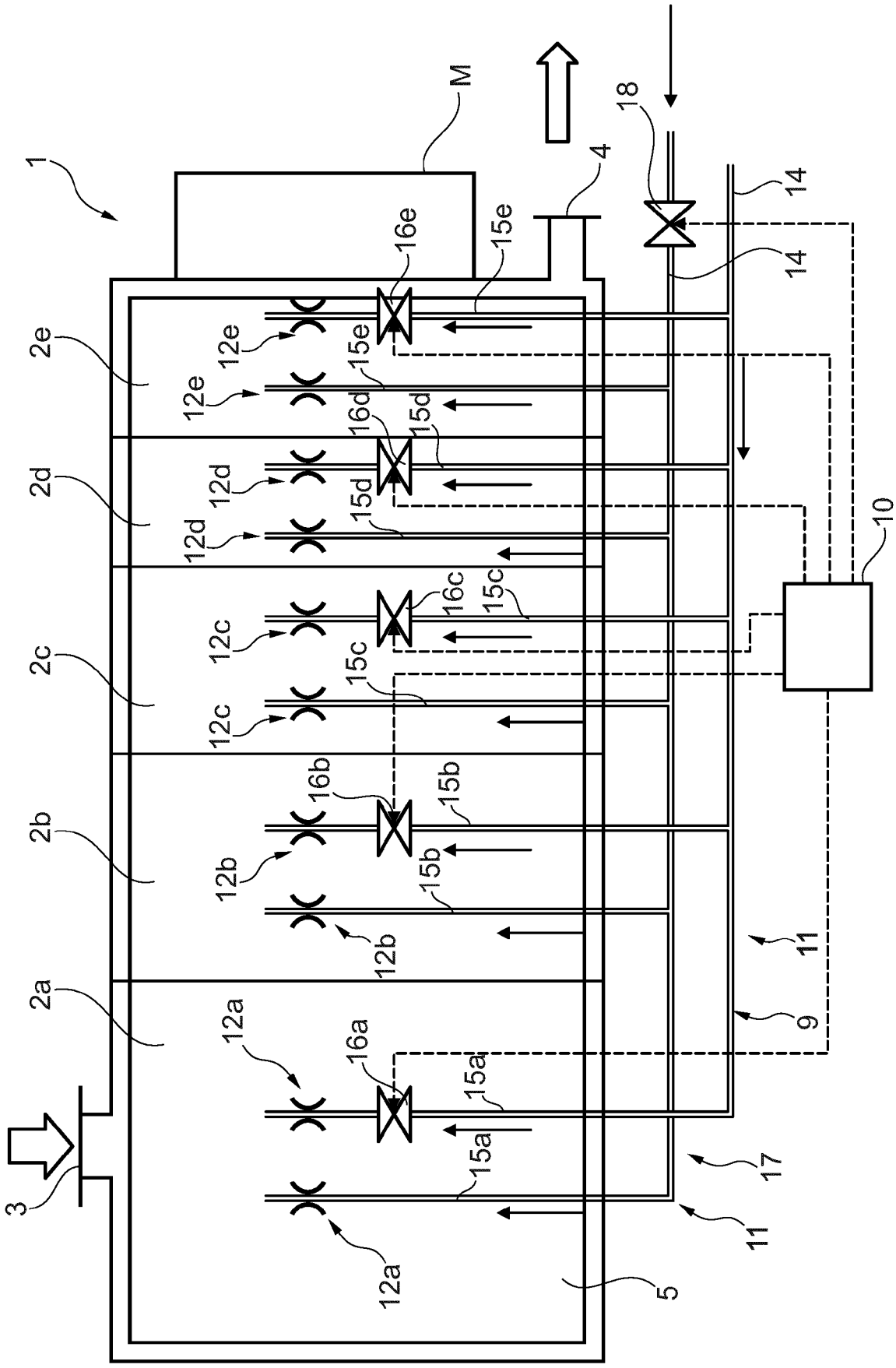

M
1
4
18
14
16e
15e
12e
2e
16d
15d
12d
2d
16c
15c
12c
2c
16b
15b
12b
2b
16a
15a
12a
2a
3
5
9
10
11
17

Fig. 4

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 19 19 8698

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	WO 2014/012896 A2 (ADIXEN VACUUM PRODUCTS [FR]) 23 janvier 2014 (2014-01-23)	1-4,7-9	INV.
Y	* page 6, ligne 20 - page 9, ligne 23 *	6,11,12	F04C25/02
A	* figures 1,2 *	5,10, 13-15	F04C28/24 F04D19/04 F04C23/00 F04C29/00

X	GB 2 500 610 A (EDWARDS LTD [GB]) 2 octobre 2013 (2013-10-02)	1-3,7-9	
A	* page 2, ligne 29 - page 3, ligne 13 *	4,5, 10-15	
	* page 5, ligne 8 - ligne 14 *		
	* page 5, ligne 31 - page 7, ligne 22 *		
	* page 8, ligne 7 - ligne 26 *		
	* figures 1,2 *		

Y	US 2006/032442 A1 (HASEBE KAZUHIDE [JP]) 16 février 2006 (2006-02-16)	6,11,12	
	* alinéas [0041], [0046], [0047], [0056] - [0060] *		
	* figures 1-3 *		

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

F04C
F04D

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
Munich	14 janvier 2020	Bocage, Stéphane

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 19 19 8698

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits members sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

14-01-2020

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2014012896 A2	23-01-2014	CN 104541061 A	22-04-2015
		EP 2875240 A2	27-05-2015
		FR 2993614 A1	24-01-2014
		JP 6242393 B2	06-12-2017
		JP 2015522754 A	06-08-2015
		KR 20150034229 A	02-04-2015
		US 2015170938 A1	18-06-2015
		WO 2014012896 A2	23-01-2014
GB 2500610 A	02-10-2013	EP 2831423 A1	04-02-2015
		GB 2500610 A	02-10-2013
		TW 201402950 A	16-01-2014
		WO 2013144581 A1	03-10-2013
US 2006032442 A1	16-02-2006	CN 1734726 A	15-02-2006
		JP 4595702 B2	08-12-2010
		JP 2006054432 A	23-02-2006
		KR 20060050163 A	19-05-2006
		TW I336108 B	11-01-2011
		US 2006032442 A1	16-02-2006

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82