

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21.09.90.

③0 Priorité : 04.10.89 DE 3933169.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 05.04.91 Bulletin 91/14.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite: MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM GMBH — DE.

⑦2 Inventeur(s) : Fuchs Franz.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Bureau Casalonga-Josse D.A.

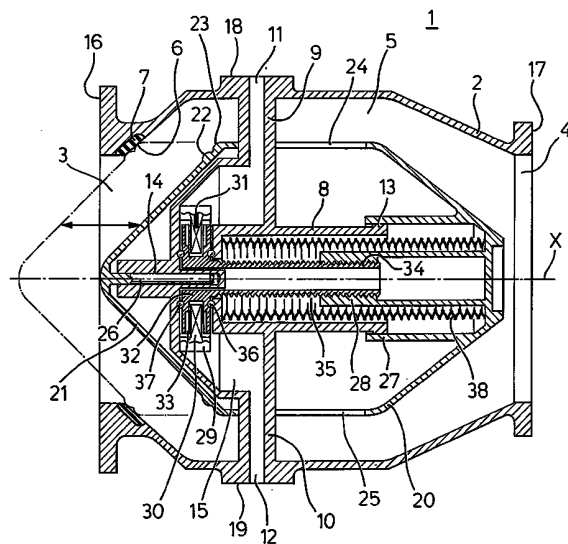
⑤4 Soupape à siège.

⑤7 La soupape à siège 1 comprend un carter de soupape 2 avec entrée et sortie coaxiales, une chambre de soupape 5, au moins un siège et un élément obturateur 21.

L'élément obturateur 21 fait partie d'un corps de soupape 20 qui, en position ouverte de la soupape 1, délimite sur sa longueur, avec le contour intérieur de la chambre de soupape 5, des sections d'écoulement de surface approximativement constante.

Le stator 30 et le rotor 32 du moteur électrique 29 ainsi que la transmission mécanique 28, 34 sont disposés à l'intérieur du corps de soupape 20.

Le moteur électrique 29 est réalisé sous forme de moteur à supraconducteurs comprenant un rotor 32 à aimants permanents 33, un stator 30 exempt de fer et des capteurs 31 de position du rotor.



FR 2 652 631 - A1



L'invention concerne une soupape à siège pour fluides réfrigérés à basse température, notamment pour des combustibles de fusée liquéfiés par voie cryogénique, comprenant un carter de soupape avec entrée et sortie coaxiales, avec une chambre de soupape reliant l'entrée et la sortie et avec au moins un siège se trouvant à proximité de l'entrée ou de la sortie, et un élément obturateur pouvant se déplacer axialement, centré dans la chambre de soupape et mû par un moteur électrique par l'intermédiaire d'une transmission mécanique, de préférence un système vis/écrou.

Des organes de réglage tels que des soupapes, qui sont utilisés à des températures extrêmement basses, sont soumis à des conditions de fonctionnement particulièrement difficiles, dont les conséquences doivent entrer en ligne de compte déjà lors de la conception. Ainsi il faut tenir compte du fait qu'à des températures de par exemple 20 à 80 K (températures habituelles pour des combustibles de fusée), les lubrifiants courants, par exemple des huiles et des graisses minérales, ne peuvent plus être utilisés. Il en est de même pour des liquides hydrauliques, de sorte que par exemple l'utilisation de systèmes d'entraînement hydrauliques n'est possible que dans des conditions très restreintes.

Dans le cas de soupapes pour des combustibles de fusée liquides, par exemple LH<sub>2</sub>, pour l'alimentation de moteurs-fusées plus grands, des exigences supplémentaires telles que de grands flux massiques, des pressions élevées et des temps de commutation courts (ouverture, fermeture) s'ajoutent aux difficultés précédentes.

Par le brevet DE-27 44 917 on connaît une soupape à siège avec passage droit, qui peut être utilisée généralement comme cryosoupape, mais de préférence comme soupape de combustible dans l'aéronautique. Cette soupape à siège présente un corps de soupape qui est favorable à l'écoulement, centré dans la chambre de soupape et qui, lorsque la soupape est ouverte, forme sur sa longueur, avec le contour intérieur de la chambre de soupape, des sections d'écoulement d'une surface approximativement constante. Le corps de

soupape déplaçable axialement est mû par un système pneumatique piston/cylindre qui, lors de l'ouverture de la soupape, travaille contre une force de ressort et contre la pression du combustible. Un fluide de pression (hélium) est alors amené de l'extérieur à la

5 soupape. Pour la fermeture, le fluide de pression est évacué, le mouvement de fermeture s'effectuant par une force de ressort et par la pression du combustible. Les avantages de ce mode de réalisation de la soupape sont la construction compacte relativement simple, avec un petit nombre de pièces et de points d'étanchéité, et

10 l'écoulement favorable avec des pertes par fuite minimales. Le système d'entraînement pneumatique a toutefois certains inconvénients. On utilise en tant que fluide de pression (fluide de commande) de l'hélium qui est utilisé en premier comme gaz d'arrêt entre le flux chaud et le flux froid (gaz propulseur de

15 turbine/combustible) dans les turbopompes et est consommé suite à des pertes par fuite. Ainsi il peut arriver que vers la fin de la mission il n'y ait plus d'hélium pour actionner les soupapes. Un autre inconvénient concerne la dépense constructive, pondérale et financière pour le système de conduites et de régulation de

20 l'hélium, auquel chaque soupape de combustible doit être reliée. De tels systèmes posent aussi des problèmes en ce qui concerne leur fiabilité. Du fait qu'un gaz compressible est utilisé en tant que fluide de pression, l'opération de commutation de la soupape ne peut être influencée que très grossièrement du point de vue temps et

25 cinématique. Il n'existe qu'une position ouverte et une position fermée, chaque fois contre une butée, et des positions intermédiaires définies ne sont quasiment pas possibles.

Par le document EP-A-0 257 906 on connaît différents modes de réalisation de soupapes à siège dans lesquelles l'élément obturateur

30 pouvant être déplacé axialement est entraîné par un moteur électrique, par l'intermédiaire d'un système vis/écrou. L'accent est mis ici sur une construction aussi compacte que possible du carter de soupape, ce qui est obtenu par le fait que le rotor du moteur électrique utilise dans une large mesure la section du canal

35 d'écoulement et est traversé lui-même par le fluide transporteur.

Ainsi le diamètre extérieur du carter de soupape correspond approximativement au diamètre extérieur des tuyaux voisins. Un tel agencement présente cependant des inconvénients considérables. Les éléments intégrés (palier, rotor, transmission) se trouvant  
5 directement dans le flux perturbent fortement l'écoulement, de sorte qu'il faut s'attendre à d'importantes pertes de pression. Selon la nature physique du fluide en écoulement, d'importants moments de frottement agissent sur le rotor en rotation, de sorte que la puissance d'entraînement est démesurément augmentée. Des fluides  
10 agressifs peuvent attaquer chimiquement/physiquement le palier, le rotor et la transmission et réduire ainsi sensiblement la durée de vie de ces éléments. Par conséquent, un tel mode de construction de la soupape ne convient que pour des fluides non agressifs de faible viscosité et avec un débit relativement faible.

15 Par le document EP-A-0 191 366 on connaît un système d'entraînement et de positionnement qui est constitué d'un moteur électrique spécial à alimentation électronique. Le moteur présente un rotor à aimants permanents et un stator avec au moins deux enroulements partiels qui sont reliés au circuit d'alimentation  
20 électronique commandé, pour la commutation, par des capteurs de position du rotor. Le stator est réalisé exempt de fer et les enroulements partiels en forme de disque du stator, se trouvant dans des plans parallèles, sont disposés de manière chevauchante de telle manière que les espaces intérieurs libres des bobines partielles  
25 sont chaque fois entièrement remplis par des parties de branches d'autres bobines partielles, le champ magnétique produit et entouré par les bobines partielles étant sensiblement parallèle au champ magnétique produit par les aimants permanents. Les capteurs de position du rotor sont intégrés dans les enroulements partiels. En  
30 liaison avec le circuit électronique d'alimentation et de commande, une telle construction exempte de fer permet un positionnement exact du rotor dans des angles de rotation de consigne quelconques, le rotor étant magnétiquement encliqueté dans la position de consigne respective pendant le mouvement de rotation et en position de repos.  
35 Un moteur électrique construit et commandé de cette manière permet

des vitesses de rotation élevées, c'est-à-dire des temps de réglage courts, avec de faibles pertes. Un moteur ou système d'entraînement de ce type convient très bien notamment pour l'utilisation à basses températures. En liaison avec une sélection ciblée des matériaux, la structure constructive citée permet par exemple, à une température

5 de 80 K, de multiplier le couple permanent maximal par six par rapport aux conditions normales. En dehors de l'indication générale concernant l'utilisation à basse température, ce document ne cite aucun autre domaine d'application.

10 En égard de l'état de la technique citée, la présente invention a pour but de créer une soupape à siège pour fluides réfrigérés à basse température, notamment pour des combustibles de fusée liquéfiés par voie cryogénique, qui soit particulièrement favorable à l'écoulement, d'une structure relativement simple et compacte,

15 d'un prix avantageux, fiable et d'un faible poids et nécessite une faible puissance d'entraînement.

Ce but est atteint dans le cas d'une soupape à siège par la combinaison des caractéristiques suivantes: I. l'élément obturateur fait partie d'un corps de soupape creux, pouvant se déplacer

20 axialement et favorisant l'écoulement, qui est centré radialement par une structure support solidaire du carter de soupape et qui, en position ouverte de la soupape à siège, délimite sur sa longueur, avec le contour intérieur de la chambre de soupape, des sections d'écoulement dont la surface est au moins sensiblement constante;

25 II. le stator et le rotor du moteur électrique ainsi que la transmission mécanique (écrou à recirculation de billes, vis) sont disposés à l'intérieur du corps de soupape, le stator du moteur électrique étant solidaire de la structure support; III. le moteur électrique est réalisé sous forme de moteur à supraconducteurs

30 comprenant un rotor à aimants permanents, un stator exempt de fer dont les, au minimum, deux enroulements partiels en forme de disque, se trouvant dans des plans parallèles, sont disposés de manière chevauchante et reliés pour la commutation à un circuit d'alimentation électronique, commandé par la position du rotor, et

des capteurs de position du rotor intégrés dans les enroulements partiels.

La structure du point de vue mécanique d'écoulement est reprise de la soupape à siège selon le brevet DE-27 44 917, c'est-à-dire qu'il existe un corps de soupape central, pouvant se déplacer axialement, favorisant l'écoulement, qui, en position ouverte, forme sur sa longueur, avec le contour intérieur de la chambre de soupape, des sections d'écoulement d'une surface approximativement constante.

Le système d'entraînement pneumatique selon le brevet DE-27 44 917 est remplacé, à l'exemple du document EP-A-0 257 906, par un système d'entraînement électromécanique, comprenant un moteur électrique et une transmission, qui est disposé à l'intérieur du corps de soupape.

Le moteur électrique est réalisé sous forme de moteur à supraconducteurs, la structure et la commande correspondant au système d'entraînement et de positionnement selon le document EP-A-0 11 366.

Cette combinaison de caractéristiques a pour résultat une soupape à siège ayant des propriétés particulièrement avantageuses:

- écoulement particulièrement avantageux et donc faible perte de pression,
- rendement d'entraînement élevé et donc faible absorption de puissance, notamment à des températures cryogéniques,
- structure compacte relativement simple, sans éléments d'étanchéité coulissant et sans conduites de fluide dans le système d'entraînement et de commande,
- grande fiabilité,
- construction d'un coût relativement avantageux,
- possibilité de commande extrêmement précise avec, si nécessaire, des positions intermédiaires définies, au-delà de la position ouverte et de la position fermée,
- en cas de besoin, grande vitesse de commutation,
- poids relativement faible.

En ce qui concerne la transmission mécanique, il faut mentionner qu'un système vis/écrou est bien sûr particulièrement

adapté pour transformer le mouvement rotatif du rotor dans le mouvement axial du corps de soupape. Cependant d'autres solutions sont concevables, par exemple avec des roues dentées et des crémaillères, avec des transmissions à levier, des chaînes, des cordes, etc.

Le système électronique pour l'alimentation ou la commande du moteur électrique sera disposé, pour des raisons de place, dans un emplacement approprié à l'extérieur du carter de soupape.

Selon des modes de réalisation et aspects particuliers non limitatifs de l'invention,

1) la transmission mécanique peut être réalisée sous forme de mécanisme à vis à billes, la vis peut être solidaire en rotation du rotor du moteur électrique, l'écrou à recirculation de billes peut être solidaire du corps de soupape qui est immobilisé en rotation autour de l'axe de la soupape par la structure support (nervures, trous oblongs), et le rotor du moteur électrique peut être muni sur ses deux faces frontales chaque fois d'un palier à roulement axial pour l'absorption des efforts de la vis;

2) le moteur électrique et la transmission mécanique peuvent être montés étanches (structure support, soufflet) vis-à-vis du fluide traversant la chambre de soupape, et l'enceinte du moteur peut être remplie avec un fluide, par exemple de l'hélium, et vidée à partir de l'extérieur du carter de soupape, à travers la structure support (nervure, trou).

L'invention est décrite de façon détaillée ci-après à l'aide de la figure. Celle-ci montre de manière simplifiée une coupe médiane longitudinale d'une soupape à siège pour des combustibles de fusée liquéfiés.

La soupape à siège 1 sert par exemple à libérer et à bloquer le flux de LH<sub>2</sub> vers un moteur-fusée. La chemise extérieure de la soupape à siège 1 forme le carter de soupape 2 avec entrée 3 et sortie 4 coaxiales qui sont reliées du pont de vue écoulement par la chambre de soupape 5. Les contours de paroi délimitant le canal d'écoulement ont une forme au moins approximativement à symétrie de révolution par rapport à l'axe X de la soupape, c'est-à-dire que les

sections d'écoulement ont de préférence une forme circulaire ou annulaire. La régulation du débit est assurée par le corps de soupape 20 dont la partie avant est formée par l'élément obturateur 21 avec deux saillies 22 et 23 circonférentielles. En position fermée (indiquée en traits mixtes) de la soupape à siège 1, les saillies 22 et 23 poussent contre le siège 6 qui est formé par la surface d'une bague d'étanchéité 7 élastique, reliée au carter de soupape 2. Le trajet de déplacement axial du corps de soupape 20 est indiqué par une double flèche.

Le support du corps de soupape 20 dans la chambre de soupape 5 se fait par l'intermédiaire de la structure support 8 qui est constituée, dans la partie du canal d'écoulement, d'une ou plusieurs nervures 9, 10 favorisant l'écoulement et solidaires du carter de soupape 2. Le centrage radial du corps de soupape 20 est assuré par deux paires de glissières. A l'extrémité côté amont du corps de soupape 20, une broche de centrage 26, reliée à l'élément obturateur 21, est guidée de façon axialement mobile dans un trou de centrage 14 de la structure support 8, et à proximité de l'extrémité côté aval, une douille de centrage 27 du corps de soupape 20 entoure un rebord de centrage 13 de la structure support 8. Les nervures 9 et 10 traversent les trous oblongs 24 et 25 dans l'enveloppe du corps de soupape 20, dont la largeur n'est que légèrement supérieure à la largeur des nervures 9 et 10. Ainsi on empêche une rotation du corps de soupape 20 autour de l'axe X de la soupape, ce qui est important pour l'entraînement de celui-ci. La puissance d'entraînement est produite par un moteur électrique 29 qui est réalisé sous forme de moteur à supraconducteurs. De par son type de construction, ce moteur a un rendement particulièrement élevé à des températures cryogéniques. Le moteur électrique 29 est logé dans une enceinte 15 de moteur qui est séparée du point de vue volumétrique du canal d'écoulement du combustibile. Le moteur électrique 29 non isolé thermiquement s'adaptera cependant, par conduction thermique, à la température du combustibile. Le principe du moteur électrique 29 est celui d'un moteur à courant continu exempt de balais, à commutation électronique. Son rotor 32 ferromagnétique est équipé d'aimants

permanents 33 en alliage de néodymium-fer. Son stator 30 est exempt de fer et présente au moins deux enroulements partiels qui sont disposés de façon chevauchante et reliés pour la commutation à un circuit d'alimentation électronique. La position du rotor est  
5 détectée par des capteurs 31 de position du rotor qui sont intégrés dans les enroulements partiels et réalisés de préférence sous forme de capteurs de Hall. L'alimentation en courant du stator 30 peut par exemple se faire par des lignes traversant le trou 11. Pour des conditions de fonctionnement optimales, l'enceinte 15 du moteur est  
10 remplie, avant la mission, d'un gaz inerte (hélium), par exemple par le trou 12 dans la nervure 10, qui, aux températures prévisibles (20 à 80 K), reste sec et gazeux.

Etant donné que lors du fonctionnement, d'abord des forces axiales agissent sur le rotor et que les pertes par frottement  
15 doivent rester aussi petites que possible, le rotor est muni de deux paliers à roulement axiaux 36 et 37.

Afin d'obtenir un bon rendement, la transmission mécanique est réalisée sous la forme d'un mécanisme à vis à billes. La vis 34 est solidaire du rotor 32 et l'écrou 28 à recirculation de billes est  
20 solidaire du corps de soupape 20. L'enceinte 35 de la transmission est montée étanche vis-à-vis du combustible, par un soufflet 38.

La soupape à siège 1 est vissée par l'intermédiaire des grandes collerettes 16 et 17 à des tuyaux ou éléments voisins, et les petites collerettes 18 et 19 servent à l'installation de fiches  
25 électriques, de fermetures ou éléments analogues.

Il peut être judicieux de munir le carter de soupape 2 sur sa face extérieure d'une couche isolante à la chaleur (non représentée), afin d'éviter des variations non souhaitées de  
température ou de phase du combustible.

30 Enfin, on mentionnera des possibilités de variantes qui ne sont pas représentées dans la figure.

Une variante consiste à monter le mécanisme à vis à billes de telle manière que l'écrou à recirculation de billes soit solidaire du rotor du moteur électrique et la vis solidaire du corps de  
35 soupape. Le rotor du moteur électrique peut alors lui-même être

réalisé sous forme d'écrou entourant la vis. Il est également possible d'installer, dans la soupape à siège représentée dans la figure, le mécanisme à vis à billes avec un élément d'étanchéité (soufflet) entre l'élément d'obturation conique, montrant avec sa  
5 pointe vers la gauche, et le moteur électrique. Dans ce cas, il faudrait installer, pour des raisons de place, le moteur électrique dans la partie droite, côté aval du corps de soupape, avec une modification correspondante de la structure support. Au figuré, il suffirait de tourner de 180° tout l'agencement à l'intérieur du  
10 corps de soupape.

Dans la figure, le siège de la soupape est représenté côté entrée, c'est-à-dire que la soupape ferme contre la pression du combustible.

Comme on le comprendra aisément à l'aide de la figure (inversion de l'entrée et de la sortie, arrondi, favorisant l'écoulement, de la pointe droite du corps de soupape), il est possible, sans modification du principe d'entraînement, de disposer le siège de la soupape côté sortie, de manière que l'opération de fermeture soit aidée par la pression du combustible. Comme déjà  
15 mentionné, le moteur à supraconducteurs peut bien entendu aussi être couplé mécaniquement au corps de soupape au moyen d'autres modes de réalisation de transmission (par exemple roues dentées/crémaillère).

A la différence de la figure, il est aussi possible de varier de multiples manières la géométrie et l'appariement de matériaux du  
20 siège de la soupape.  
25

### Revendications

1. Soupape à siège pour fluides réfrigérés à basse température, notamment pour des combustibles de fusée liquéfiés par voie cryogénique, comprenant un carter de soupape avec entrée et sortie coaxiales, avec une chambre de soupape reliant l'entrée et la sortie et avec au moins un siège se trouvant à proximité de l'entrée ou de la sortie, et un élément obturateur pouvant se déplacer axialement, centré dans la chambre de soupape et mû par un moteur électrique par l'intermédiaire d'une transmission mécanique, de préférence un système vis/écrou, caractérisé par la combinaison des caractéristiques suivantes:

I. L'élément obturateur (21) fait partie d'un corps de soupape (20) creux, pouvant se déplacer axialement et favorisant l'écoulement, qui est centré radialement par une structure support (8) solidaire du carter de soupape (2) et qui, en position ouverte de la soupape à siège (1), délimite sur sa longueur, avec le contour intérieur de la chambre de soupape (5), des sections d'écoulement dont la surface est au moins sensiblement constante.

II. Le stator (30) et le rotor (32) du moteur électrique (29) ainsi que la transmission mécanique (écrou 28 à recirculation de billes, vis 34) sont disposés à l'intérieur du corps de soupape (20), le stator (30) du moteur électrique (19) étant solidaire de la structure support (8).

III. Le moteur électrique (29) est réalisé sous forme de moteur à supraconducteurs comprenant un rotor (32) à aimants permanents (33), un stator (30) exempt de fer dont les, au minimum, deux enroulements partiels en forme de disque, se trouvant dans des plans parallèles, sont disposés de manière chevauchante et reliés pour la commutation à un circuit d'alimentation électronique, commandé par la position du rotor, et des capteurs (31) de position du rotor intégrés dans les enroulements partiels.

2. Soupape à siège selon la revendication 1, caractérisée par le fait que la transmission mécanique est réalisée sous forme de mécanisme à vis à billes, que la vis (34) est solidaire en rotation du rotor (32) du moteur électrique (29), l'écrou (28) à recirculation de billes est solidaire du corps de soupape (20) qui est immobilisé en rotation autour de l'axe (X) de la soupape par la structure support (8) (nervures 9, 10, trous oblongs 24, 25), et que le rotor (32) du moteur électrique (29) est muni sur ses deux faces frontales chaque fois d'un palier à roulement axial (36, 37) pour l'absorption des efforts de la vis.

3. Soupape à siège selon la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait que le moteur électrique (29) et la transmission mécanique sont montés étanches (structure support 8, soufflet 38) vis-à-vis du fluide traversant la chambre de soupape, et que l'enceinte (15) du moteur peut être remplie avec un fluide, par exemple de l'hélium, et vidée à partir de l'extérieur du carter de soupape (2), à travers la structure support (nervure 10, trou 12).

